Programme Seine-Aval

La phase 4
2008-2012

Novembre 2013

Seine-Aval
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC

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 4 du Programme de Recherche Seine-Aval a été initiée en 2008 et s'est terminée en 2012.
Trois appels à projets ont été ouverts en 2007, 2008 et 2009 donnant lieu au financement de **32 projets de recherche** dans **50 laboratoires**.

Trois axes de recherche ont été développés dans cette quatrième phase du Programme :
Reconquête et restauration ;
Risques chimiques et environnementaux ;
Système d'Observation.

Ces axes contribuent à répondre à trois questions :

- *Quel estuaire voulons-nous ?*
- *A quels risques sanitaires et environnementaux sont exposées les populations de l'estuaire* ?
- *Comment va l'estuaire, comment fonctionne t'il et comment évolue t'il ?*

Le présent recueil rassemble les résumés des travaux prévus dans les projets. Les résultats acquis sont présentés dans les rapports scientifiques et repris de manière synthétique dans les fiches projet présents sur le cd-rom « Programme Seine-Aval 4 – Résultats ». L'ensemble est également disponible sur le site web du GIP Seine-Aval.

Certains projets s'inscrivent dans différentes thématiques mais pour la facilité de lecture de ce document, ils ont été classifiés dans une thématique unique.
La liste des différents projets de recherche acceptés dans chacun des 3 appels à projets est disponible ci-après :

Appel à projets SA4 2007 – 7 projets			
Couplages bio-morpho-sédimentaires et dynamique à long terme des habitats et peuplements benthiques et ichtyologiques en Seine aval	COLMATAGE	Jean-Claude Dauvin Université de Lille 1	p39
Reconstitution de l'Historique des Apports Particulaires à la Seine par l'Observation De leur Intégration Sédimentaire	RHAPSODIS	Dominique Boust Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire Cherbourg	p38
Réponse hydrologique du bassin versant de la Seine aux changements climatiques. État des lieux et perspectives	HYDROCLIMAT	Benoît Laignel/Nicolas Massei Université de Rouen	p21
Impact du Batillage : Investigation en Seine	IBIS	Robert Lafite Université de Rouen	p7
Analyse de la toxicité globale et identification des composés toxiques à risque dans l'estuaire de Seine	TOXSEINE	Jérôme Cachot Université de Bordeaux I	p27
Les usages récréatifs en estuaire de Seine	USAGES RECREATIFS	Olivier Sirost Université de Marseille	p14
La prospective économico-environnementale comme instrument au service de la gestion intégrée des zones côtières	ECO	Martin O'Connor Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines	p47
Appel à projets SA4 2008 – 12 projets			
Modélisation mathématique de l'estuaire de la Seine : validation du modèle hydrosédimentaire et intégration dans le code pluridisciplinaire	MODEL	Pierre Le Hir Ifremer Nantes	p35
Flux de matières en estuaire de Seine : interaction floculation des sédiments fins/matière organique	FLUMES	Romaric Verney Ifremer Nantes	p36
Les effets du changement climatique dans le contexte des changements globaux. Expertise collective sur l'estuaire de Seine	CLIMAT	Benoît Laignel/Sami Souissi Université de Rouen/Université de Lille 1	p22
Colonisation et utilisation des habitats estuariens par les poissons migrateurs thalassotoques : approche comparative Seine-Gironde	THALASSOTOK	Eric Rochard CEMAGREF Bordeaux	p12
Organisation spatiale des assemblages ichtyologiques en milieu estuarien - Incidences du paysage aquatique sur la fonctionnalité des habitats. Etude d'un site fortement aménagé : l'estuaire de la Seine.	ICHTYO	Eric Feunteun MNHN Dinard	p13

Appel à projets SA4 2008 (suite)			
Rôle du zooplancton dans le fonctionnement de l'écosystème estuarien dans la zone de gradient de salinité : sentinelle du bon état écologique et des changements climatiques	ZOOSEINE	Sami Souissi Université de Lille 1	p40
Restauration Ecologique des Berges de la Basse Vallée de Seine	REBEBAS	Estelle Langlois/Fabrice Bureau Université de Rouen	p8
Risque environnemental et risque sanitaire d'origine chimique en estuaire de Seine	RISKENSEINE	Gilles Bocquené Ifremer Nantes	p32
Utilisation les isotopes stables des métaux pour retracer l'historique de la contamination par ces métaux et ses origines	ISOMET	Jean-François Chiffoleau Ifremer Nantes	p46
Devenir des antibiotiques. Flux de gènes et de bactéries antibiorésistantes en estuaire de Seine, épidémiologie, exposition à l'homme	FLASH	Fabienne Petit Université de Rouen	p29
Evaluation Economique des Aménités Paysagères de l'Estuaire de la Seine	EVALES	Morgane Chevé Université de Rouen	p17
Les enfants du fleuve : paysages vécus et paysages perçus en Seine Aval	ENFANTS DU FLEUVE	Olivier Sirost Université de Marseille	p15
Appel à projets SA4 2009 – 13 projets			
Forçages hydrologiques des aquifères du remplissage estuarien : un atelier expérimental pilote pour la prévision de l'influence des changements climatiques sur le fonctionnement hydrologique des zones humides de l'estuaire de Seine	TideHydrEx	Abderrahim Jardani Université de Rouen	p25
Projet d'Etude des Réservoirs Hydrologiques sous Influence CLimatique en Estuaire de Seine	PERHICLES	Nicolas Massei/Benoît Laignel Université de Rouen	p24
Impact des crises climatiques sur la morphologie et la sédimentation dans l'estuaire de la Seine au cours des derniers millénaires. Une comparaison amont-aval à partir d'une synthèse de l'état des connaissances.	ICES	Bernadette Tessier Université de Caen	p26
S'adapter au changement climatique dans l'estuaire de la Seine	SACCES	Sophie Allain INRA-AgroParisTech	p23
Dynamique des écosystèmes et fonctionnement hydromorphologique des filandres en Seine	DEFHFIS	Sandric Lesourd Université du littoral Côte d'Opale	p10
Nutrient Export Role on Eutrophisation. Indicators and model scenarios	NEREIS	Josette Garnier Université Pierre et Marie Curie	p41
Rôle Epurateur de la réduction des nitrates et Restauration Ecologique de l'estuaire de la Seine	RE2	Anniet Laverman Université Pierre et Marie Curie	p9
Positionnement des études sur la biodiversité des écosystèmes de l'estuaire de la Seine dans le cadre du changement global : zoom sur les communautés planctoniques	BIODISEINE	Sami Souissi Université de Lille 1	p43
Vie Introduite dans les Ports	VIP	Thierry Ruellet GEMEL	p44
Etude des processus adaptatifs susceptibles de se mettre en place au sein de population d'*E. affinis* exposées à diverses contaminations chimiques et/ou microbiologiques	COBAC	Joëlle Forget-Leray Université du Havre	p45
Etude de la contamination par les médicaments de l'estuaire de Seine : application des capteurs passifs à un meilleur diagnostic de leur présence, flux et impact toxique	MEDSEINE	Hélène Budzinski Université de Bordeaux I	p31
Cartographie du danger génotoxique au niveau du bas estuaire et étude du transfert des contaminants du milieu vers les organismes	BCG	Jérôme Couteau TOXEM	p28
Les constructions sociales de l'estuaire de la Seine	SEQUANA	Olivier Sirost Université de Marseille	p16

Sommaire par thématique de recherche

Restauration et Reconquête

IBIS 7
REBEBAS 8
RE2 9
DEFHFIS 10
THALASSOTOK 12
ICHTYO 13
USAGES RECREATIFS 14
ENFANTS DU FLEUVE 15
SEQUANA 16
EVALES 17

Risques Chimiques et Environnementaux

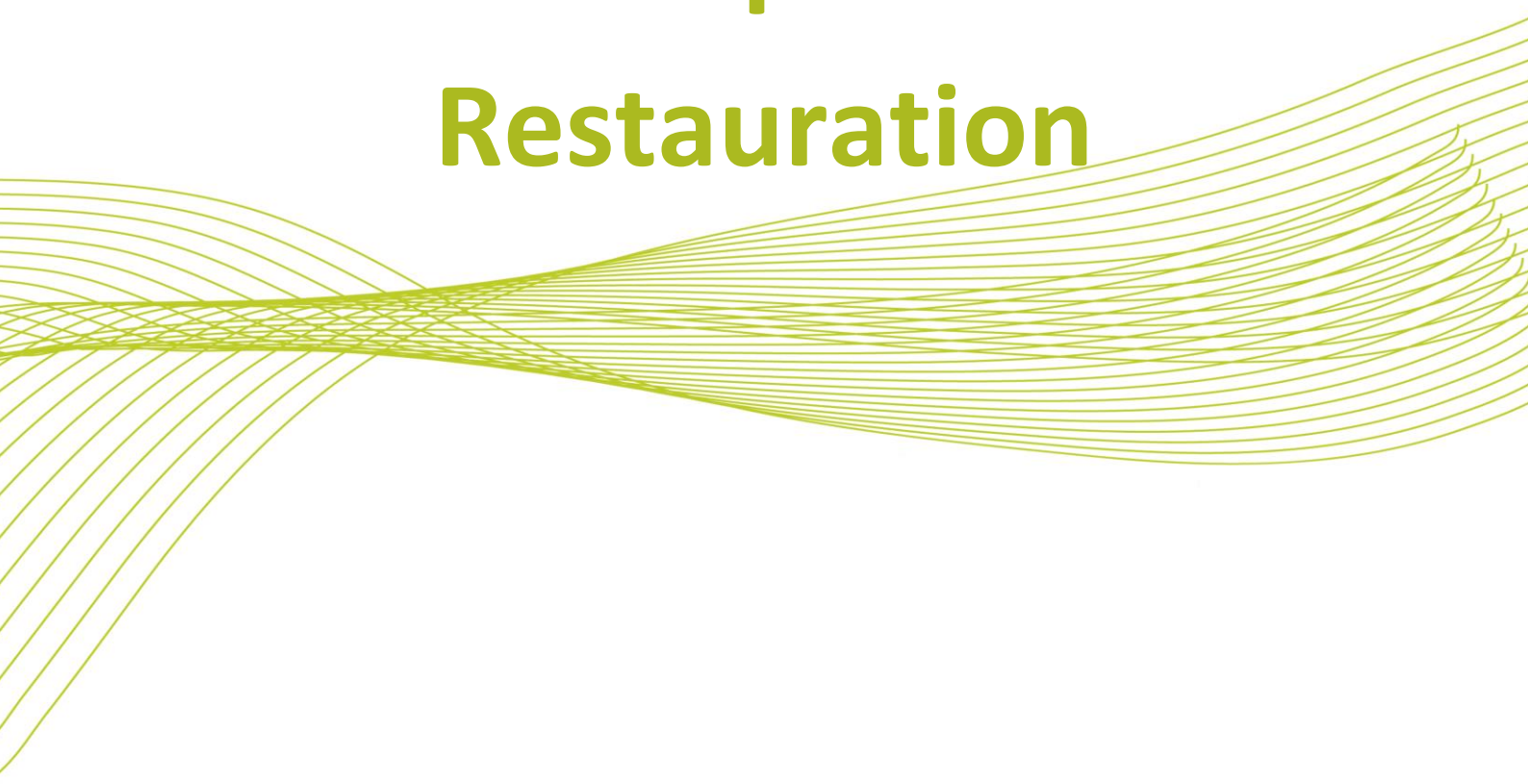
HYDROCLIMAT 21
CLIMAT 22
SACCES 23
PERHICLES 24
TideHydrEx 25
ICES 26
TOXSEINE 27
BCG 28
FLASH 29
MEDSEINE 31
RISKENSEINE 32

Système d'Observation

MODEL 35
FLUMES 36
RHAPSODIS 38
COLMATAGE 39
ZOOSEINE 40
NEREIS 41
BIODISEINE 43
VIP 44
COBAC 45
ISOMET 46
ECO 47

Liste des laboratoires participants à SA4 49

Reconquête et Restauration



IBIS

Impact du Batillage : Investigation en Seine

Coordination :
Robert Lafite et Julien Deloffre

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen – R. Lafite et J. Deloffre
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Caen – A. Ezersky et D. Calluaud

Résumé du projet :
L'étude porte sur la connaissance de l'effet du batillage en estuaire de Seine.
Les ondes de batillage déstructurent les berges de la Seine, notamment dans le secteur à l'aval de Rouen, lieu de passage des navires maritimes. A l'amont de Rouen, le passage des bateaux fluviaux à fond plat est important et induit des déferlements (Verney *et al.*, 2007) qui peuvent impacter les berges non bétonnées. Ce phénomène est observable sur tous les systèmes fluviaux soumis à un trafic important de navires.
Dans le cadre des projets de restauration, il est donc nécessaire de bien connaître cet impact majeur en estuaire amont. Le profil des berges, la hauteur des berges, les conditions de stabilité des berges revégétalisées, la mise en place d'aménagements récréatifs… sont conditionnés par la connaissance de l'ampleur et de la fréquence du phénomène. Les projets d'approfondissement du chenal et d'aménagement de berges, submersibles à certains moments de la marée pour recréer des habitats pour la ressource biologique, nécessite également de bien comprendre les principaux facteurs de destructuration des berges afin de les préserver.
Ce phénomène d'érosion des rives est principalement dû à la hauteur de la vague générée par les navires. Elle est causée par différents facteurs : la forme de la coque, la vitesse du navire, la distance de la rive, la profondeur de l'eau. Les observations du Department of Natural Resources du Minnesota ont montré que l'impact sur les berges augmente de façon exponentielle par rapport à l'augmentation de la hauteur des vagues. L'érosion des berges est liée également à la morphologie du fleuve : méandre, largeur, aménagement, zone rectiligne, qualité de la berge, hauteur du plan d'eau. Ce dernier varie en quelques minutes en Seine, à cause du caractère macrotidal de l'estuaire de Seine.
IBIS permettrait ainsi de mieux comprendre les processus responsables de la destructuration des berges, créés par les ondes de batillage. Quelques études ont été réalisées par Verney (2006) en Seine mais uniquement sur les zones envasées. Peu de travaux existe dans le monde, ces approches sont donc nouvelles et d'actualité. Ce projet a pour objectif d'étendre l'étude aux berges non envasées qu'elles soient consolidées ou non.
Au terme de l'étude, un modèle des processus d'impact des vagues de batillage sur les différents types de berges en fonction des conditions hydrodynamiques et de la morphologie du fleuve devrait être développé.
Une approche de mesures de terrain sur les sites ateliers expérimentaux de future restauration est proposée, avec des suivis pendant au moins une année. L'expérimentation en canal permettra de tester des hypothèses après avoir calibré le système. Les données recueillies devront permettre un meilleur choix de restauration en fonction de la connaissance des caractéristiques des ondes de batillage selon les différentes contraintes reconnues.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
De Jumièges à Bardouville, zone soumise aux passages de bateaux maritimes ;
De St Adrien à Cléon, zone soumise uniquement aux passages de bateaux fluviaux.

REBEBAS

Restauration Ecologique des Berges de la Basse Vallée de Seine

8

Coordination :
Estelle Langlois et Fabrice Bureau

Equipe(s) impliquée(s) :
- EA 1293 ECODIV, Université de Rouen – E. Langlois et F. Bureau
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen – J. Deloffre et R. Lafite

Résumé du projet :
A court terme et dans une étape préliminaire, le projet REBEBAS se propose de diagnostiquer l'état écologique actuel des écosystèmes rivulaires de la Basse Vallée de Seine et de déterminer si ces écosystèmes remplissent actuellement leur fonction d'écotone rivulaire. A moyen terme, le projet REBEBAS a pour objectif de déterminer si l'état actuel des berges anthropisées de la Basse Vallée de Seine nécessite et autorise, à terme, la restauration d'un état et d'un fonctionnement considérés comme écologiquement acceptables pour un écotone rivulaire.
Le projet REBEBAS cherche à réaliser un diagnostic fin de l'état écologique des berges de la basse vallée de Seine basé sur la qualité de la végétation et des sols. L'association à d'autres indicateurs, de type hydrologique, sédimentaire, ichtyologique, …, devrait aboutir à l'élaboration d'une typologie permettant de classer les sites retenus selon une échelle du moins dégradé au plus dégradé. Ainsi, en fonction du degré de dégradation des berges, ou des écosystèmes rivulaires considérés, la question de la restauration à mener sur ce/ces site(s) pourra être envisagée amenant des questions supplémentaires : la qualité du milieu offre-t-elle des possibilités de restauration ? Si la restauration est possible, sur quel site la mener ? Comment mener cette restauration ? Dans quel but ?
Le projet REBEBAS se propose de combiner (1) une approche typologique permettant de caractériser l'état écologique actuel de sites représentatifs des berges de la Basse Vallée de Seine et (2) une approche fonctionnelle permettant de cerner le fonctionnement écologique actuel d'un nombre plus restreint de sites pilotes choisis parmi les précédents. Le projet se focalise sur 2 des 3 secteurs de l'estuaire à savoir : le secteur intermédiaire qui s'étend du pont de Tancarville à Rouen et le secteur amont qui s'étend de Rouen au barrage de Poses. A l'intérieur de ces deux secteurs, l'approche typologique se basera sur un total de 10 sites représentatifs parmi lesquels 3 sites "pilotes" seront sélectionnés pour réaliser l'approche fonctionnelle des écosystèmes rivulaires.
L'approche typologique comprend la caractérisation écologique de différents écosystèmes rivulaires. Elle utilise des descripteurs biotiques relatifs à la flore et à la pédofaune et des descripteurs abiotiques relatifs au sol, aux sédiments et au niveau topographique. L'approche fonctionnelle comprend un suivi dynamique de la végétation (présence-absence d'espèces, stratégie de colonisation, croissance, production de biomasse, …), un suivi saisonnier de la minéralisation du carbone du sol (minéralisation des matières organiques du sol), un suivi saisonnier des teneurs en azote et phosphore du sol et de la biomasse végétale (caractérisation de l'effet filtre), un suivi de la dénitrification du sol (caractérisation du rôle épurateur des sols vis-à-vis de l'azote), un suivi saisonnier des variations du niveau piézométrique. Ces suivis seront complétés par une caractérisation de l'hydrodynamisme dans le cadre du projet IBIS.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Approche typologique sur 10 sites parmi l'ensemble de ceux retenus par le groupe de travail restauration dans les zones amont et intermédiaire de l'estuaire.
Approche fonctionnelle sur 3 sites "pilotes" sélectionnés parmi les 10 précédents afin de réaliser un suivi plus fin du fonctionnement des écotones rivulaires. Ces 3 sites seront choisis selon des situations contrastées en terme d'existence d'échanges latéraux et d'hydrodynamisme.

RE2

Rôle Epurateur de la réduction des nitrates et Restauration Ecologique de l'estuaire de la Seine

Coordination :
Anniet Laverman

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 7619 Sisyphe, Université Pierre et Marie Curie – A. Laverman
- UMR CNRS 7618 BioEMCo, Université Pierre et Marie Curie – S. Derenne

Résumé du projet :
Le fonctionnement écologique de l'estuaire de la Seine est fortement affecté par les apports d'azote, surtout sous forme de nitrates, qui contribuent à l'eutrophisation de la Baie de Seine. Les résultats de modélisation montrent que 25 à 40% de l'azote dans le bassin de la Seine sont éliminés, la plupart probablement par la dénitrification dans les zones humides et ripariennes.
La dénitrification est considérée comme le processus majeur d'élimination du nitrate dans les sédiments aquatiques, pourtant, des études récentes montrent que la réduction dissimilative du nitrate en ammonium (DNRA) et l'oxydation anaérobie de l'ammonium (anammox) pourraient jouer un rôle plus important dans la réduction des nitrates. Les facteurs déterminants quels processus de réduction de nitrates ont lieu sont la concentration en nitrates et la disponibilité en carbone.
La restauration écologique et paysagère représente un objectif dans le cadre de Seine-Aval 4, en vue d´une amélioration des fonctionnalités épuratrices de l'estuaire de la Seine. Il apparait donc essentiel de comprendre le processus de réduction des nitrates et ce dans les sites pilotes choisis dans l'estuaire par le GIP SA, pour faire l'objet de restaurations (génie écologique). Afin d'étudier et comprendre la réduction des nitrates dans les sédiments et sols de la Seine estuarienne et plus précisément les sites pilotes qui ont pour objet des restaurations écologiques, une approche de terrain sera réalisée, couplée a une démarche expérimentale qui seront suivies de l'intégration des données dans un modèle.
Dans un premier temps, sera effectué un bilan de l'azote à l'échelle de ces sites pilotes. Dans un deuxième temps, seront déterminées en laboratoire les variations spatiales et temporelles de la réduction des nitrates dans les sédiments de ces sites, en faisant varier divers paramètres, en conditions contrôlées (en réacteurs à flux continus ou batch) afin d´identifier les facteurs clés. Comme le moteur de la dénitrification est le carbone, la composition chimique et la dynamique du carbone seront étudiées comme facteur clé de la réduction de nitrate. D'autre part, ses effets de catalyseur de dégradation du carbone plus ancien ou plus stable (« priming effect ») seront déterminés. Enfin, les résultats expérimentaux sur sédiments serviront ainsi à valider un modèle diagénétique (de type SiAM1DV, développé dans le cadre de Seine-Aval 3).
Les objectifs de ce projet sont de déterminer les taux et les facteurs clés d´élimination de nitrates dans les sédiments de la Seine estuarienne. En plus, les facteurs qui déterminent les voies de réduction de nitrates et donc une élimination (dénitrification) ou une rétention (DNRA) d´azote seront étudiés. Finalement, devraient être déterminés la fraction du carbone liée à la réduction du nitrate et l´effet de l'ajout du carbone sur la réduction du nitrate et la possibilité d´une « priming effect ».Les résultats obtenus porront répondre à des questions telles que: (1) Quels sont les processus de réduction de nitrate et quels facteurs sont déterminants ? (2) la quantité et la qualité de la matière sont-elles suffisantes pour soutenir une dénitrification significative par rapport au flux de nitrate à la zone côtière ? (3) Quelles sont les conditions et ou aménagement qui peuvent accélérer la réduction des nitrates (4) Quelle surface d'estuaire doit être restaurée pour réduire le flux de nitrate ?

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
8 à 10 sites avec une collaboration avec REBEBAS et DEFHFIS pour identifier des sites identiques.

DEFHFIS

Dynamique des écosystèmes et fonctionnement hydromorphologique des filandres en Seine

10

Coordination :
Sandric Lesourd

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 8187 LOG -ULCO Université du Littoral Cote d'Opale – S. Lesourd
- Expert indépendant (C.Be) – C. Bessineton
- Cellule de Suivi du Littoral Normand – S. Duhamel et S. Laurand
- FRE CNRS 3102 LOMC, Université du Havre – A. Cuvilliez
- Maison de l'Estuaire, Réserve Naturelle Nationale de l'Estuaire de la Seine, Observatoire de l'avifaune (MdE) – T. Lecarpentier
- Groupe Ornithologique Normand (GONm) – G. Debout
- CNAM INTECHMER, LERMA, Cherbourg – C. Marion
- EA 3609, Université Catholique de Lille (LES-UCL) – P. Julve
- URU 420, Université de Rennes 1 – A. Carpentier

Résumé du projet :
Le projet DEFHFIS vise à étudier le fonctionnement des filandres de l'aval de l'estuaire, d'un point de vue morphologique et écologique. Il porte sur la typologie des filandres, le fonctionnement hydrodynamique, leur évolution, les interactions entre les aspects morphologiques et biologiques (types d'habitats, zoobenthos, poissons, oiseaux), les flux de matière organique et les fonctions que ces systèmes assurent. Il approche également les interactions anthropiques en rapport avec l'évolution de ces systèmes.
Le projet est pluridisciplinaire du point de vue des acteurs (chercheurs universitaires mais aussi des gestionnaires et cellules d'observation et de recherche) et du point de vue des disciplines scientifiques.
Le projet trouve écho du point de vue de la recherche fondamentale et appliquée, mais aussi dans son application dans des objectifs de gestion et de restauration. Les disciplines concernées sont : sédimentologie (aspects hydro-sédimentaires, morphologiques et géochimique), ichtyologie, zoobenthos et hydrobiologie, écologie fonctionnelle, (habitats, trajectoires et gestion des habitats, Interaction homme environnement dans l'évolution des systèmes de filandres).
Le projet s'articule autour de 2 grands axes
- Etablissement d'une typologie de l'ensemble des filandres de l'estuaire de la Seine. Cette typologie se base sur une cartographie morphologique détaillée, incluant les données LIDAR, complétée par des données biologiques qui seront compilées. Cette problématique nécessite un complément de données hydrologiques (turbidité, salinité) qui devra être acquis.
- Caractérisation du fonctionnement hydromorphologique et biologique des systèmes filandre sur 2
sites ateliers : la "Grande Crique" en amont du Pont de Normandie, et la crique "Harle" en aval du Pont de Normandie. Ces sites sont caractéristiques d'un système schorre-slikke encore actif en estuaire de Seine.
Ces investigations de terrain comprennent des prélèvements de poissons et benthos, ainsi que des mesures hydrosédimentaires : courantologie, sédimentologie de facies, topographie, mesure des flux de carbone organique. Il est prévu 4 campagnes (hiver et été, pendant 2 années) qui permettront de tenir compte du forçage du débit fluviatile et de palier aux variabilités saisonnières interannuelles.
Les apports de ce projet sont multiples. La détermination de la typologie des filandres, prérequis nécessaire à une vision globale des filandres dans l'environnement estuarien, inclura les paramètres morphologiques, hydrologiques et biologiques ainsi que l'interaction homme/environnement dans l'évolution du système. Un modèle conceptuel d'évolution à moyen terme du système filandre sera proposé (Etude diachronique de cartographie morphosédimentaire). Ce modèle intègrera les rôles relatifs joués par les activités anthropiques et les forçages naturels. De nouvelles données hydrosédimentaires permettront d'étayer la dynamique spatiale et temporelle des flux de sédiments et de MO dans ces systèmes, et de faire la part des flux allochtones (apports détritiques) et autochtones (production *in situ*) de MO.
Le projet prévoit également un inventaire et état des lieux de la composition et de la répartition des communautés benthiques sur les deux sites ateliers de typologies différentes, d'identifier d'éventuelles différences dans les modes d'occupation par la macrofaune, d'identifier les gradients longitudinaux et latéraux d'abondance et de biomasse de la macrofaune benthique des filandres et du schorre.

Sur le plan ichtyologique, les espèces/guildes les plus abondantes dans les différents types de filandres seront identifiées, ainsi que la variabilité des fonctionnalités potentielles vis-à-vis de l'ichtyofaune dans le gradient de salinité. Il est proposé d'évaluer la qualité des peuplements ichtyologiques en la comparant avec un site témoin peu anthropisé : la Baie du Mont Saint Michel. Ces travaux contribueront a la compréhension du rôle fonctionnel des filandres d'un point de vue trophique: Identification de l'aire de répartition des principales espèces benthiques, localisation des zones d'alimentation des juvéniles.
Sur le plan de l'avifaune, les données de suivi de la réserve naturelle et de l'observatoire de l'avifaune dans ce contexte seront valorisées. Des données plus précises seront acquises sur les sites ateliers, en lien avec des suivis, poissons et benthos et avec les données hydromorphologiques afin de définir quels sont les facteurs les plus déterminants dans le mode d'exploitation de ces filandres par les oiseaux.
L'ensemble permettra une étude intégrée de l'écosystème filandre (interactions morphologie / biologie, fonctions assurées vis-à-vis des oiseaux et des poissons, interactions amont aval du système). La place du système filandres dans le contexte estuarien vis-à-vis des fonctions écologiques sera identifiée, de même que la nature des échanges entre l'axe fluvial et différentes annexes hydrauliques de l'estuaire aval sera précisée.
De nombreux aspects de ces études sont en lien avec des opérations de suivi ou de gestion du plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale de l'Estuaire de la Seine. Une méthodologie pour déterminer les potentiels de restauration des systèmes et de son habitat sera établie, avec la possibilité de généralisation à d'autres sites.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Typologie de l'ensemble des filandres de Tancarville à l'aval (Rive Nord et Rive Sud)
Sites ateliers : Filandres "Harles" (aval du Pont de Normandie) et "Grande Crique" (Amont du Pont de Normandie)

THALASSOTOK

Colonisation et utilisation des habitats estuariens par les poissons migrateurs thalassotoques : approche comparative Seine-Gironde

12

Coordination :
Eric Rochard

Equipe(s) impliquée(s) :
- UPR Ecosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins, Cemagref Cestas – E. Rochard
- UPR Hydrosystèmes et bioprocédés, Cemagref Antony – C. Lepichon
- Cellule de Suivi du Littoral Normand, Le Havre – S. Duhamel
- UMR CNRS 5255 ISM LPTC, Université de Bordeaux I - J. Cachot et H. Budzinski

Résumé du projet :
Il s'agit d'examiner de manière comparative à plusieurs échelles (estuaire, secteur) et entre plusieurs espèces de poissons du même groupe écologique (les poissons migrateurs thalassotoques, c'est-à-dire qui se reproduisent en mer et grandissent dans les eaux continentales) comment ces espèces considérées comme devant répondre parmi les premières à l'amélioration de la qualité de l'anthroposystème estuarien colonisent et utilisent les habitats estuariens puis fluviaux. Il est ainsi tenté pour ces espèces (et cela pourrait servir de guide pour élargir la démarche à d'autres groupes) d'approcher la fonctionnalité nourricerie (à une échelle plus fine : habitats d'alimentation et habitats de repos) et donc de disposer de références dans plusieurs contextes permettant de guider ou d'accompagner les actions de restauration. La démarche est organisée dans un seul projet de vaste ampleur structuré en quatre volets, ces volets complémentaires pouvant être conduits séparément (sauf 1 et 4). La première échelle abordée concerne la colonisation, en effet ces trois espèces colonisent l'estuaire en provenance de la mer à un stade très jeune et au moins deux d'entre elles utilisent un mécanisme assez sophistiqué nommé transport tidal sélectif qui nécessite vraisemblablement de la part des individus une "bonne" perception de leur environnement. Deux postulats sont alors possibles : cette perception peut-être altérée dans une eau polluée ou les populations ont co-évoluées avec leur environnement. Ceci sera testé expérimentalement dans un dispositif assez sophistiqué et fera appel à des analyses chimiques et écotoxicologiques pointues (volets 1 et 4). Les poissons ensuite grandissent et se sédentarisent plus ou moins lors de leur phase de croissance, Pour appréhender cette phase une approche de terrain sera réalisée faisant appel à des suivis télémétriques (des émetteurs sont placés sur les poissons, le passage des individus dans des secteurs est enregistré par des bouées à poste fixe et des suivis manuels sont réalisés pour affiner la perception (volet 2)). Pour avoir une vision encore plus globale de la façon dont ces espèces utilisent les différents compartiments l'analyse chimique de la composition des otolithes (des concrétions calcaires de l'oreille interne qui grandissent au cours de la vie de l'animal et enregistrent des éléments chimiques des milieux) sera utilisée. Les résultats seront interprétés en fonction de l'espèce, en fonction de l'estuaire (plus ou moins contaminé : Seine vs Gironde) et en fonction des secteurs choisis (plus ou moins soumis à des pressions hydromorphologiques et de navigation).

Fin des travaux de recherche : Décembre 2010

Zone(s) d'étude(s) :
Sur la Seine, secteur de Bardouville et secteur des iles en amont de Rouen.
Sur la Gironde, secteur de la partie amont de l'Isle.

ICHTYO

Organisation spatiale des assemblages ichtyologiques en milieu estuarien - Incidences du paysage aquatique sur la fonctionnalité des habitats. Etude d'un site fortement aménagé : l'estuaire de la Seine.

Coordination :
Eric Feunteun

Equipe(s) impliquée(s) :
- Cellule de Suivi du Littoral Normand, Le Havre – S. Duhamel
- MNHN, Laboratoire Maritime de Dinard – E. Feunteun
- UPR Ecosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins, Cemagref Cestas – E. Rochard

Résumé du projet :
Les estuaires sont des écosystèmes complexes, riches et productifs. Les recherches en ichtyo-écologie menées lors des dernières décennies dans ces milieux ont permis de définir leurs principales fonctionnalités vis-à-vis des poissons en tant que support de leur propre communauté de poissons résidents, mais aussi en tant qu'espaces de nourricerie, voie de migration et aires de refuge pour de nombreuses espèces d'origine marine ou dulçaquicole.
Dans l'estuaire de la Seine, le contexte d'altération des espaces aquatiques renforce l'intérêt d'examiner l'état actuel des communautés de poissons en s'interrogeant sur les fonctionnalités d'habitats : autant d'éléments de connaissances indispensables pour le maintien et la restauration de l'ichtyofaune de l'estuaire. Une des questions clé consiste donc à caractériser la répartition spatiale des communautés de poissons à l'échelle de l'ensemble de l'estuaire, en intégrant l'hétérogénéité spatio-temporelle des habitats présents.
L'objectif central de cette thèse est de constituer une première approche de la fonctionnalité des habitats de l'estuaire de la Seine vis-à-vis de l'ichtyofaune et des processus susceptibles de faire varier ou de limiter ces fonctionnalités. Parmi les neuf habitats définis dans les estuaires européens, huit d'entre eux sont présents dans l'estuaire de la Seine. Bien que cette étude n'aborde pas directement les communautés de poissons sur les récifs biogéniques ni même celles des substrats rocheux intertidaux ou subtidaux, les échantillons collectés entre 2001 et 2007 par la CSLN proviennent successivement des eaux douces tidales, de substrats meubles intertidaux et subtidaux ainsi que de roselières et de marais salés, soit la majorité des habitats recensés dans les estuaires Européens et les plus représentatifs de l'estuaire de la Seine en terme de surface occupée. Cette approche spatiale, aussi complète que possible, fait de cette thèse le premier document de référence sur les communautés ichtyologiques de cet estuaire en liaison avec son fonctionnement global. Cette approche globale, adoptée durant les différentes phases du projet, est conduite à son terme en proposant un modèle conceptuel de la structuration spatiale de l'ichtyofaune de l'estuaire de la Seine. Il s'agit également de relativiser les résultats obtenus en les mettant en perspective avec l'estuaire de la Loire, choisi pour ses points communs avec la Seine, notamment sur le plan des pressions anthropiques.

Fin des travaux de recherche : Septembre 2010

Zone(s) d'étude(s) :
Estuaire aval essentiellement et estuaire amont depuis les zones subtidales jusque dans les chenaux de marée transverses.

USAGES RECREATIFS

Les usages récréatifs en estuaire de Seine

14

Coordination :
Olivier Sirost

Equipe(s) impliquée(s) :
- EA 3294, Université de la Méditerranée Aix Marseille 2 – O. Sirost
- EA 3832 CETAPS, Université de Rouen – D. Femenias

Résumé du projet :
Le projet consiste à réaliser une cartographie des usages récréatifs en Seine, de Poses à l'embouchure du fleuve. Décrire, analyser et comprendre les loisirs sportifs rmet de fournir un regard original sur les fonctionnalités sociales de la Seine : vie et activités sur l'eau, mise en spectacle du fleuve et aménagements des berges.
L'enquête prend en compte deux zones géographiques : 1) le lit du fleuve de Poses à Tancarville ; 2) l'embouchure (le Havre, Ouistreham). Pour chacun de ces secteurs, il s'agira d'étudier précisément les pratiques ludiques et les représentations du fleuve selon 3 axes :
- les activités nautiques : pratique instituée de la voile, du kayak, de l'aviron, du motonautisme etc... et usage non institutionnel, voire transgressif, d'activités comme la baignade ou le ski nautique en Seine.
- la mise en spectacle du fleuve : l'Armada 2008 de Rouen, avec ses animations sur l'eau, sur les quais, dans la ville de Rouen et dans les communes de l'agglomération rouennaise, avec sa « parade en Seine », de Rouen à la mer, constituera ici un objet d'étude idéal. Saisir les perceptions et représentations du fleuve à partir de cet évènement sera notre ambition.
- les loisirs sur les berges et le littoral : il s'agira de focaliser l'analyse sur les usages et les aménagements récréatifs des berges de la Seine et du littoral. Les promenades à pieds, à vélo, en roller, à cheval sur les quais ou les chemins de halage du fleuve, les pauses contemplatives (déjeuner sur l'herbe, guinguettes, etc.) en bord de Seine, les plages, les promenades et les sites du littoral avec leur tradition des bains de mer ou des casinos seront les cibles principales de ce volet de l'étude.
Chaque étape s'appuie sur une collaboration avec d'autres équipes, en insistant sur la pluridisciplinarité du projet et en suivant les trois axes du programme SA4. Les usages de l'eau porteront essentiellement l'accent sur les perceptions et les expositions aux risques chimiques. La mise en spectacle du fleuve s'inscrit dans la thématique de reconquête, tout en précisant les unités et les variations paysagères. Enfin, le travail sur les berges décrira plus précisément les logiques territoriales en s'appuyant sur l'analyse des aménagements à des fins récréatives.
Outre une cartographie précise des pratiques, le projet consistera à mettre en place, et c'est finalement la quatrième phase de l'étude, un système d'observation des usages ludiques. L'objectif est ici de s'appuyer sur le réseau des Offices de Tourisme afin de constituer une base de données. Des questionnaires mis en ligne dans ces lieux fréquentés par les populations visitant la région complètera ainsi notre étude. Enfin, de manière longitudinale, une évaluation des sites ateliers retenus par le programme auprès des populations sera effectuée chaque année (perception avant, pendant et après les aménagements ; 100 questionnaires par site.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2010

Zone(s) d'étude(s) :
Etude complète du lit du fleuve, de Poses à Tancarville ;
Analyse du littoral, du Havre à Ouistreham.

ENFANTS DU FLEUVE

Les enfants du fleuve : paysages vécus et paysages perçus en Seine Aval

Coordination :
Olivier Sirost

Equipe(s) impliquée(s) :
- EA 3294, Université de la Méditerranée Aix Marseille 2 – O. Sirost
- Institut de Sociologie et d'Anthropologie, Université de Lille 1 – H. Melin
- LAREP, Ecole nationale supérieure du paysage de Versailles – D. Bouillon

Résumé du projet :
Objectifs scientifiques :
Il s'agit scientifiquement de saisir quelles sont les unités dynamiques paysagères en Seine Aval et de comprendre leurs dynamiques. Cette question scientifique offre ainsi un outil d'aide à la décision pour les aménageurs et les politiques, permet au GIP de mieux saisir le panorama humain de son territoire d'étude, propose à la communauté scientifique la construction d'objets communs rendant service à la population de la Seine Aval.
C'est une entreprise d'inventaires, mais également de saisie des dynamiques paysagères. Comprendre les dynamiques des paysages permet de comprendre les conflits d'usages, les détournements et aménagements des espaces, les visions diverses des territoires, l'aimantation des lieux ou leur mise en friche. Ce sont autant d'outils de réflexion permettant de répondre à la question du programme SA4 : « quel estuaire voulons-nous ? ».
Il s'agira donc de saisir la thématique paysagère à partir des activités humaines. Il semble dès lors que certains groupes de travail se forment autour : des métiers du fleuve ; des habitants du fleuve ; des activités industrielles ; des loisirs. Chaque fois il s'agit de saisir par l'entrée « activité humaine » les paysages dans leur dimension historique et actuelle, pour aller vers une prospective des paysages en Seine.
Le Projet :
1. Les descriptions et unités paysagères des usagers
L'objectif est de saisir ce qu'est le paysage vécu au jour le jour par un habitant de l'estuaire de la Seine tout en le questionnant sur le paysage auquel il aspire dans un absolu.
2. Les éléments de naturation dans les paysages
Il s'agit ici de mesurer dans le processus de mise en paysage de la Seine la possibilité et l'intensité des « prises » offertes par les éléments de naturation (marais, îles, mascaret, jardins potagers, chemins de halages, faune, flore, eau de Seine). Dans la perspective d'un « parc écologique » en Seine, ces informations sont indispensables à un projet d'envergure de restauration.
3. Les zones d'effervescence dans les paysages
Dans un troisième temps, il s'agit d'éclairer les attractions (densité humaine et activités multiples) et les discussions (conflits d'usages, législation…) liées aux paysages. Comment la mise en esthétique du fleuve génère-t-elle des zones délaissées et d'autres surinvesties ? Sur quelles logiques les opérations d'appropriation du fleuve reposent-elles, permettant ainsi d'éclairer les morcellements de la mosaïque Seine Aval ? Il s'agira ici de recenser et d'analyser les découpages de l'estuaire dela Seine, et de donner un éclairage sur les désaccords entre usagers.
4. Un diagnostic paysager sur trois zones potentielles à restaurer et à reconquérir par les usagers (Saint-Aubin-lès-Elbeuf, Le Trait, Caudebec-en-Caux).
Enfin, trois sites emblématiques par leur patrimoine et leur histoire sociale feront l'objet d'un diagnostic paysager. Ces sites sont retenus par leur richesse culturelle dans les domaines de l'industrie (chantiers navals), de l'histoire (Caudebec-en-Caux) et des loisirs (Saint-Aubin-lès-Elbeuf). Chaque site présente des aménagements spécifiques (quais, halage, ancienne écluse…) et des éléments de naturalité emblématiques (îles, jardins, mascaret, zone humide…) permettant d'apprécier la diversité paysagère et les spécificités de ses unités. Le diagnostic visera à comparer les points de vue sur ces sites croisant les regards et attentes des habitants et usagers, des spécialistes et des visiteurs.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
De Poses à Honfleur.

SEQUANA

Les constructions sociales de l'estuaire de la Seine

16

Coordination :
Olivier Sirost

Equipe(s) impliquée(s) :
- EA 3294, Université de la Méditerranée Aix Marseille 2 – O. Sirost
- EA 3832 CETAPS, Université de Rouen – D. Féménias
- EA 4110 ER3S, Université de Lille 2 – L. BIrot
- LAREP, Ecole Nationale Supérieure du Paysage de Versailles – D. Bouillon
- ORM (Observatoire du Récit Médiatique), Université Catholique de Louvain-La-Neuve (Belgique) – G. Dereze

Résumé du projet :
Que signifie aujourd'hui l'estuaire de la Seine pour les populations qui y vivent ou qui le regardent ? Quels groupes sociaux, quelles références, quels objets socionaturels passés et présents le composent ? C'est ce que propose d'analyser le projet SEQUANA réunissant pour la première fois de nombreuses équipes à valence SHS et Sciences de la Nature (15 chercheurs statutaires). Les précédentes enquêtes en sciences sociales ont montré le rôle clé du paysage et des loisirs dans les perceptions et réappropriations de l'estuaire. Il s'agit de dépasser ces projets en les élargissant et en intégrant de nouvelles équipes. L'étude se découpe en trois actions :

1. Une analyse des paysages existants et des paysages promus de l'estuaire ;
2. Une enquête sur les fréquentations de ces paysages ;
3. Une analyse des reconversions paysagères de l'estuaire, de leurs usages, de leurs réceptions, et des recoupements/décalages à l'œuvre entre paysages promus, paysages fréquentés et paysages vécus.

L'objectif du projet est triple :
1- Saisir les représentations de l'estuaire de la Seine en Normandie ;
2- Analyser les dynamiques sociales de construction de l'estuaire
- La présence ou non du passé dans la conscience de l'estuaire (marée, mascaret, berges, faune, flore, zones humides…) en interrogeant la mémoire collective faisant office de référence pour le présent
- Comprendre les opérations de renaturation de l'estuaire dans leurs objets, leurs représentations et leurs enjeux (vasières, réserve naturelle, PNRBSN…)
- Saisir les logiques de conversions post-industrielles (lacs de carriers, friches, berges…) en lieux de vie naturalisés (bases de loisirs, jardins, parcours touristiques et pédagogiques, écoquartiers…)
3- Mettre en valeur une écologie sociale où habiter l'estuaire peut se comprendre par un potentiel d'usages récréatifs et de paysages.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
L'estuaire de Poses au Havre;
Enquêtes de terrain ciblées sur :
- les bases de loisirs (Léry-Poses, Jumièges, Hénouville, Bedanne, Anneville Ambourville, Pont Lévêque),
- les zones protégées (Réserve Naturelle, PNRBSN),
- les Ports de plaisance (Elbeuf, Rouen),
- les aires de camping (Villequier, Poses, Jumièges, Le Havre, Honfleur, Equemauville, Trouville, Bonville, Villers/Mer),
- les espaces verts et les jardins associatifs et publics en bord de Seine de Poses à Honfleur : l'étude des jardins se concentrera sur trois communes retenues pour leur pertinence : Caudebec-en-Caux (patrimoine), Le Trait (industries), Saint-Aubin-lès-Elbeuf (jardins ouvriers).

EVALES

Evaluation Economique des Aménités Paysagères de l'Estuaire de la Seine

Coordination :
Morgane Chevé

Equipe(s) impliquée(s) :
- EA 2260 CARE, Université de Rouen – M. Chevé
- UMR CNRS 6228 IDEES, Université de Rouen-Caen-Le Havre – E. Bonnet

Résumé du projet :
Contexte
L'estuaire de la Seine fournit aux communautés locales de nombreux services liés aux aménités naturelles de la Seine et générateurs de valeurs pour la collectivité.
- Des services productifs qui sont à l'origine d'implantations industrielles à proximité de la Seine (accès à l'eau et au réseau de transport maritime et fluvial) et du développement d'un tissu industriel dense autour de ces industries principales.
- Des services résidentiels pour les habitants de l'estuaire (essentiellement la vue sur le paysage de l'estuaire) et récréatifs fournis par l'accès à la Seine et à ses berges et accessibles aussi bien aux résidents qu'aux touristes (activités nautiques, pêche, promenade, etc.)
- Des services écologiques (qu'il conviendra de définir plus précisément en collaboration avec les scientifiques du programme Seine-Aval)
L'enjeu majeur des différents projets concernant l'estuaire (développement économique, opération de restauration, développement du tourisme, etc...) sera de parvenir à concilier le développement harmonieux de ces différentes visions de l'estuaire dans la perspective d'un développement durable.
Dans ce contexte, la prise de décision se trouve confrontée à plusieurs difficultés. La première est liée au fait que ces différents services offerts par le milieu estuarien ne sauraient être considérés isolément. En particulier, le développement industriel a eu par le passé et aura encore à l'avenir des impacts fort sur les caractéristiques écologiques et environnementales de l'estuaire (pollution, risques, impacts paysagers, etc.). La seconde difficulté tient au fait que si la valeur des services productifs fournis par l'estuaire peut être mesurée de manière plus ou moins aisée, celle des services résidentiels, récréatifs ou écologiques se heurte à des difficultés conceptuelles puisqu'il s'agit essentiellement de services non marchands.
L'objectif principal de ce projet sera de mobiliser les outils de l'analyse économique afin d'estimer la valeur des services non marchands fournis par l'estuaire dans une perspective d'aide à la décision. La perspective paysagère sera retenue comme thématique permettant d'intégrer les différents services rendus par l'estuaire.
Méthodologie
Une enquête préliminaire réalisée par les participants au projet a permis de définir une méthodologie de collaboration entre les géographes et les économistes et d'identifier les limites des méthodologies traditionnelles pouvant être mobilisées dans les deux disciplines. La méthodologie présentée dans ce projet tient compte de ces différents éléments.
- Dans un premier temps, il s'agira d'identifier les différents services non marchands fournis par le paysage estuarien. Les outils de l'analyse géographique seront mobilisés afin de caractériser ce paysage dans ses différentes dimensions et de caractériser les représentations que les résidents de l'estuaire peuvent en avoir.
- Dans un second temps, les méthodes d'évaluation de l'analyse économique seront mobilisées afin d'estimer la valeur que les résidents accordent aux différentes dimensions du paysage estuarien. La méthode des prix hédonistes sera mobilisée ainsi que la méthode d'évaluation contingente. Ces méthodes seront adaptées afin de prendre en compte les spécificités du milieu estuarien qui procure à la fois des aménités positives et négatives (difficilement séparables) aux résidents.
- L'articulation entre les analyses économiques et géographiques se fera à travers l'utilisation d'un outil commun : le système d'information géographique qui permettra la cohérence des analyses des deux disciplines. De plus, toutes les études seront menées conjointement par les géographes et les économistes.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2010

Zone(s) d'étude(s) :
L'embouchure de la Seine (y compris Honfleur) jusqu'à la zone industrielle de Port-Jérôme

Risques Chimiques et Environnementaux

HYDROCLIMAT

Réponse hydrologique du bassin versant de la Seine aux changements climatiques. État des lieux et perspectives

Coordination :
Benoît Laignel et Nicolas Massei

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen - B. Laignel et N. Massei
- Department of Geological Sciences / USGS, !université du Texas à Austin - P.C. Van Metre et L-Z. Yang

Résumé du projet :
Les estuaires, du fait de leur position à l'interface continent-mer, sont des géosystèmes particulièrement sensibles aux changements climatiques et aux variations du niveau marin. Depuis plusieurs siècles, l'estuaire de la Seine a subi une anthropisation forte (aménagement portuaire, endiguement…). L'incidence de ces aménagements sur l'évolution de l'estuaire a été relativement bien étudiée. En revanche, l'évolution de l'estuaire dans le contexte climatique global n'a pas encore été abordée.
La reconquête de l'estuaire ne peut être envisagée qu'une fois replacée dans un cadre plus global d'évolution du climat, paramètre forçant naturel moteur de l'évolution des géosystèmes. Les réponses morphologiques, hydrologiques et sédimentaires de l'estuaire aux fluctuations climatiques doivent donc être évaluées sur les dernières décennies avant toute modélisation et proposition de schéma de reconquête de l'estuaire. Ceci passe par un examen des chroniques de mesures de l'estuaire sur le long terme (échelle pluridécennale, pas de temps journalier). Ce travail se focalisera sous l'angle hydro-climatique, non abordé jusqu'ici dans le cadre du programme Seine-Aval. Parallèlement, l'aspect sédimentaire (remplissage de l'estuaire amont) sera traité dans le projet RHAPSODIS.
L'objectif de cette approche est d'identifier et de quantifier les tendances éventuelles et les fluctuations majeures dans les réponses de l'estuaire, ainsi que les ruptures et les discontinuités des dites fluctuations pouvant être imputables aux changements climatiques et environnementaux (impact anthropique). Ces informations et les résultats correspondants constitueront une base de données de référence pour une modélisation de l'évolution de l'estuaire dans le cadre des changements globaux.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2009

Zone(s) d'étude(s) :
Estuaire Amont de la Seine : Barrage de Poses (relation avec le programme PIREN-Seine)
Estuaire Moyen : Rouen (Ile Lacroix)
Estuaire Aval : Embouchure (données marégraphes)
Affluents

CLIMAT

Les effets du changement climatique dans le contexte des changements globaux. Expertise collective sur l'estuaire de la Seine

Coordination :
Benoît Laignel et Sami Souissi

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen - B. Laignel, N. Massei et J. Bodilis
- UMR CNRS 8187 LOG, Université de Lille 1 - S. Souissi
- UMR CNRS 7619 Sisyphe, Université Pierre et Marie Curie - A. Ducharne et A. Laverman
- UPR Ecosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins, Cemagref Cestas - E. Rochard
- POSEIDOM, J-P. Ducrotoy
- Groupe Ornithologique Normand - F. Morel
- Conservatoire Botanique de Bailleul - T. Cornier
- EA 2260 CARE, Université de Rouen - A. Briand
- IMN- MESHS USR 3185, Lille - H. Flanquart
- Recherche en gestion sur les territoires et Environnement, ENGREF - S. Treyer

Résumé du projet :
Dans le cas de l'estuaire de la Seine, l'incidence des aménagements sur l'évolution de l'estuaire a été relativement bien étudiée. En revanche, l'évolution de l'estuaire dans le contexte climatique global n'a pas encore été abordée.
L'intérêt et l'originalité de ce projet est de regrouper des scientifiques travaillant sur des thématiques différentes au tour de l'enjeu majeur que sont les effets du changement climatique sur un objet commun, l'estuaire de la Seine. Les thèmes abordés seront : l'hydroclimatologie, la qualité de l'eau, l'hydrobiologie, la microbiologie, l'avifaune, la flore, l'économie, la sociologie et la prospective. Il a pour objectifs de :
- reformuler les questions de société issues des partenaires du GIP Seine-Aval en problématiques scientifiques,
- faire le point sur les connaissances (bibliographie, données, projets en cours,…) disponibles par thématique sur les effets du changement climatique sur les estuaires européens et plus spécifiquement sur celui de la Seine, pour construire une base commune de connaissances scientifiques,
- créer une dynamique pluri-disciplinaire portée par un groupe d'experts et développer ainsi une expertise intégrée,
- apporter les premiers éléments de réponses collectives aux principales questions que se posent les partenaires.
L'objectif final du projet étant de définir les questions prioritaires en terme de recherche et d'orienter les projets du programme Seine-Aval sur le thème des effets du changement climatique sur l'estuaire de la Seine.
Chaque expert dans sa thématique devra apporter les éléments de connaissances en se basant sur un ou plusieurs des moyens suivants :
- Une synthèse bibliographique des effets des changements climatiques dans le contexte estuarien. Le but sera de répondre aux questions suivantes : quelles sont les avancées sur le sujet de l'impact du changement climatique sur les estuaires ?
Il s'agira, par exemple, de définir les approches méthodologiques qui peuvent être appliquées à l'estuaire de la Seine et de déterminer les sources de données disponibles ou à acquérir pour construire un projet de recherche futur plus ambitieux en terme d'analyse.
- Une analyse de données sur la Seine, si elles sont disponibles et facilement exploitables, pour mettre en évidence des observations qui pourraient être en liaison avec le changement climatique.
- Constituer un réseau scientifique qui pourrait apporter des éléments et des compétences pour étudier les effets du changement climatique.
Outre la synthèse de son propre thème, le rôle de l'expert sera également d'interagir avec les autres thèmes afin d'acquérir un vocabulaire de base commun. A titre d'exemple, il s'agira d'être en accord sur les scénarios climatiques et d'élévation du niveau marin. Ce développement inter-thème constituera donc la plus value et l'originalité de ce projet.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2009

Zone(s) d'étude(s) :
Estuaires et fleuves européens et plus spécifiquement celui de la Seine dans sa totalité.

SACCES

S'adapter au changement climatique dans l'estuaire de la Seine

Coordination :
Sophie Allain

Equipe(s) impliquée(s) :
- INRA AgroParisTech UMR SADAPT (Paris) – S. Allain
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen – B. Laignel
- Département Halieutique Manche-Mer du Nord de l'Ifremer Boulogne-sur-Mer – A. Carpentier

Résumé du projet :
Il est désormais largement admis que le climat se modifie et que les effets des changements à l'œuvre seront sans précédents sur nos milieux de vie. Les estuaires apparaissent comme des territoires plus vulnérables que d'autres. Si une politique d'atténuation a commencé à être mise en œuvre, il est aujourd'hui reconnu qu'il convient aussi de recourir à une politique d'adaptation. Une étude exploratoire (au cours de l'expertise CLIMAT) réalisée dans l'estuaire de la Seine a montré que si les acteurs locaux s'accordent pour la plupart à reconnaître l'importance de la question du changement climatique et la nécessité de « sa prise en charge », le phénomène lui-même apparaît comme mal appréhendé ; de ce fait, la question de l'adaptation est encore loin d'être intégrée dans les logiques d'action ; les acteurs locaux attendent en fait des connaissances scientifiques plus précises pour agir. Or, une telle orientation ne tient pas compte du fait que la science elle-même est confrontée à des incertitudes multiples et suppose implicitement que l'adaptation peut découler automatiquement d'une meilleure connaissance des impacts du changement climatique, alors que de nombreux travaux des champs du Policy Analysis (PA) comme des Science and Technology Studies (STS) invitent plutôt à s'orienter vers des processus collaboratifs de décision impliquant les acteurs publics, les usagers, les associations et les scientifiques. Cette voie sera explorée en se situant plus précisément dans le courant de la gestion des « biens communs » (« Commons ») ; dans cette optique, l'estuaire de la Seine sera considéré comme un « bien commun complexe » (« complex commons ») et l'intérêt de l'étude sera porté sur la construction d'arrangements institutionnels hybrides susceptibles de favoriser l'adaptation au changement climatique. L'objectif du projet est alors de concevoir une gestion collaborative entre acteurs publics, usagers, associations et scientifiques et d'en tester les possibilités de mise en œuvre pour favoriser l'adaptation au changement climatique. Le projet sera mené selon deux axes d'investigation conduits sur deux situations d'analyse. Le premier axe a pour but d'analyser les modes de production de connaissances utilisés par les acteurs publics, usagers, associations et scientifiques pour suivre l'évolution de l'estuaire, afin de mettre en évidence ou de renforcer les modes de collaboration qui peuvent permettre de rendre collectivement perceptibles les effets (ou les non-effets) du changement climatique ; le second axe vise à analyser les pratiques de régulation existantes et leur transformation, afin de déterminer comment celles-ci peuvent faciliter l'adaptation au changement climatique. Deux situations d'analyse seront retenues. Il s'agit de situations déjà « en tension » dans l'estuaire de la Seine – c'est-à-dire des situations que des acteurs reconnaissent comme problématiques et sont motivés à transformer - qui sont susceptibles d'être aggravées par le changement climatique ou pour lesquelles le changement climatique ajoute un facteur supplémentaire de complexité : la régulation de l'activité de pêche dans la Baie de Seine d'une part et la gestion du trait de côte sur le littoral normand d'autre part. Sont attendus suite à ce projet : une meilleure connaissance et un partage des diverses sources d'expertise dans les cas de la régulation de la pêche et de la gestion du trait de côte ; une meilleure connaissance des modes de régulation existants et de leurs limites ; une meilleure connaissance des modes de collaboration possibles entre scientifiques, acteurs publics, associations et usagers ; une connaissance plus précise des impacts du changement climatique sur l'activité de pêche de la Baie de Seine et sur l'évolution du trait de côte du littoral normand ; des pistes d'adaptation au changement climatique dans les cas de la régulation de la pêche et de la gestion du trait de côte.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Littoral de la Baie de Seine, essentiellement Bas-Normand.

PERHICLES

Projet d'Etude des Réservoirs Hydrologiques sous Influence CLimatique en Estuaire de Seine

Coordination :
Nicolas Massei et Benoît Laignel

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen - B. Laignel et N. Massei

Résumé du projet :
Dans le contexte de changement climatique actuel, les problématiques concernant l'impact de ce changement et plus généralement des fluctuations du climat sur les environnements naturels constituent une préoccupation majeure tant sur le plan scientifique que sociétal.
Précédemment, le projet Hydroclimat a posé les bases d'une connaissance des facteurs de contrôle climatiques sur l'hydrologie locale, notamment en mettant en évidence et en quantifiant l'intensité des liens potentiels avec l'Oscillation Nord-Atlantique (NAO), descripteur pertinent du régime climatique dans l'Atlantique Nord et en Europe de l'Ouest. Par ailleurs, le projet « Quantification de l'évolution spatio-temporelle de la contribution de la nappe de la Craie et des rivières au débit de la Seine aval » s'est attaché à fournir une information quantitative sur les flux hydriques latéraux à la Seine en aval de Poses, en provenance de l'aquifère de la Craie.
Faisant écho à ces précédents projets, PERHICLES a pour objectif de développer les perspectives de recherches apparues suite aux études précédentes en axant plus spécifiquement sur les aspects quantitatifs dans l'étude de la variabilité et des interactions des masses d'eau impactant l'estuaire (aquifère de la Craie, rivières affluentes, débit de la Seine, niveau de la mer), en lien avec les fluctuations climatiques et l'élévation du niveau marin.
Une réflexion sera également menée sur l'occurence et l'évolution des événements haute-fréquence (intensité et occurrence d'événements de court-terme tels que tempêtes, fortes crues, etc.) ainsi que sur l'évolution dans le temps des conditions hydrologiques extrêmes (e.g., plus hauts ou plus bas niveaux de nappe ou de débit: hautes exceptionnelles, étiages sévères).
PERHICLES s'intègre ainsi dans le cadre cohérent de l'étude de la variabilité hydrologique sous l'effet des fluctuations climatiques au sein du bassin versant intra-estuarien de la Seine.
L'ensemble des travaux de PERHICLES s'articulera autour des points suivants:
1. l'approfondissement de l'analyse des liens entre fluctuations climatiques à l'échelle de l'Atlantique Nord et la variabilité hydrologique dans le bassin intra-estuarien, en complément et sur la base des résultats du projet Hydroclimat, depuis les échelles interannuelles jusqu'au très court terme (l'événement de crue en relation avec les très forts épisodes de précipitations et les tempêtes)
2. la caractérisation des contributions, variables dans le temps, des différents réservoirs hydrologiques du bassin intra-estuarien au niveau de l'estuaire en fonction des périodes hydrologiques extrêmes observées dans la période de référence (depuis environ la fin des années 60 jusqu'alors)
3. une réflexion sur les conséquences de modifications du niveau de base (en réponse à l'élévation du niveau marin) et des cumuls de précipitations.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Bassin versant intra-estuarien de la Seine.

TideHydrEx

Forçages hydrologiques des aquifères du remplissage estuarien : un atelier expérimental pilote pour la prévision de l'influence des changements climatiques sur le fonctionnement hydrologique des zones humides de l'estuaire de la Seine

Coordination :
Abderrahim Jardani

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen - A. Jardani

Résumé du projet :
Dans les zones humides du remplissage estuarien, la biodiversité et son évolution sont tributaires d'un fonctionnement hydrologique complexe qui est contrôlé par l'interaction hydrodynamique de nombreux compartiments : (1) les fluctuations tidales du niveau marin, (2) les fluctuations annuelles et pluriannuelles du débit du fleuve, (3) les fluctuations annuelles et pluriannuelles du gradient hydrologique de l'aquifère principal et de son bassin versant d'alimentation (localement, l'aquifère karstifiée de la craie), (4) l'aquifère bi-couche du remplissage estuarien avec l'aquifère transmissif semi-captif des graves de fond surmontée par l'aquifère très peu transmissif du remplissage fin Holocène et, (5) les fluctuations climatiques des pluies efficaces. Dans ce type de contexte, les modèles hydrologiques classiques ne permettent pas de rendre compte des interactions entre les
processus de transport et de transfert de pression à l'interface entre domaines marin et continental.
Le site atelier proposé, dans les marais du Hode, bénéficie déjà d'un équipement, toujours fonctionnel, d'une série de piézomètres installes par le GPMH qui permet de disposer des fluctuations spatiales et temporelles des niveaux d'eau dans les aquifères superposées du remplissage estuarien. Dans le cadre d'un travail préliminaire réalisé par notre équipe, pour le GPMH, le traitement statistique des chroniques piézométriques a révélé que les réponses hydrologiques de l'aquifère bi-couche du remplissage alluvionnaire enregistrent bien les forçages marins et d'écoulement de l'aquifère amont.
Ce travail proposera le développement d'une méthodologie d'établissement des modèles numériques des écoulements densitaires afin de caractériser les inter-échanges de masse d'eau d'origine marine et continentale dans les zones côtières. La méthodologie est basée sur une validation croisée entre les modèles hydrogéologiques, hydrogéophysiques et hydrochimiques. Notre démarche scientifique peut apporter une compréhension quantitative et qualitative des différents processus hydrodynamiques de la salinisation de l'aquifère côtier. Finalement, le modèle hydrogéologique sera validé, il pourra alors servir d'outil de gestion/protection/prédiction des ressources en eaux côtières avec une bien plus grande fiabilité que les méthodes classiquement utilisées.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Marais du Hode.

ICES

Impact des crises climatiques sur la morphologie et la sédimentation dans l'estuaire de la Seine au cours des derniers millénaires. Une comparaison amont-aval à partir d'une synthèse de l'état des connaissances.

Coordination :
Bernadette Tessier

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Caen et de Rouen - B. Tessier

Résumé du projet :
La proposition a pour objectif principal de fournir une synthèse des connaissances acquises sur le remplissage sédimentaire de l'estuaire de la Seine et de son bassin versant au cours des derniers millénaires, et plus particulièrement, sur l'impact des crises climatiques qui se sont produites depuis environ 6500 ans (Holocène moyen et supérieur). Au cours des années 2000, dans le cadre de différents projets de recherche soutenus par le programme Seine-Aval, des travaux ont été réalisés sur le remplissage sédimentaire estuarien (basse vallée de la Seine) depuis l'embouchure (Thèses S. Garnaud, 2003 ; N. Delsinne, 2005 ; Post-doc P. Sorrel, 2008) jusqu'aux domaines amonts (Thèse D. Sebag, 2002 ; Thèse M. Frouin, 2007 ; HDR B. Laignel, 2003). Ces travaux mettent en évidence l'influence des changements climatiques, et des fluctuations du niveau marin relatif associées, sur le fonctionnement morphosédimentaire de l'estuaire au cours de l'Holocène récent. Cependant aucune synthèse de ces données et résultats n'a jusqu'à présent été entreprise, qui permettrait de comprendre comment l'estuaire réagit d'amont en aval à un forçage climatique d'ampleur au moins régional, ceci dans une perspective de modéliser l'évolution future du système. Cette synthèse permettrait en particulier de mieux comprendre quels sont les rôles respectifs de la dynamique marine (tidale et/ou houle), et de la dynamique fluviatile au cours des crises climatiques ; d'estimer les temps de réponse entre le système le plus marin et le système le plus continental ; de préciser le régime climatique dominant auquel est soumise la basse vallée de la Seine (moteur, fréquence) ; de comparer le potentiel de préservation des impacts dans le remplissage d'amont en aval pour définir le rayon d'action spatio-temporel des crises climatiques ; d'acquérir des données permettant de différencier les impacts liés aux forçages naturels de ceux imputables aux activités d'origine humaine. Dans cette perspective, les successions sédimentaires associées au remplissage estuarien contemporain de périodes reconnues pour leurs conditions climatiques contrastées depuis 3000 ans environ (Transition âge du Bronze/âge du Fer, époque romaine, Moyen-âge ancien, Moyen-âge récent, petit âge glaciaire, dernier siècle) feront l'objet d'une attention plus spécifique.

Dans le cadre des travaux déjà réalisés, de nombreuses données ont été récoltées sur le remplissage de l'estuaire de la Seine. Elles sont principalement constituées de carottes sédimentaires, sondages, et profils sismiques. Ces données ont été exploitées et analysées pour répondre aux objectifs spécifiques de chaque projet. Dans le but d'une synthèse et pour aller plus loin dans la compréhension du fonctionnement du système estuarien sous l'impact des crises climatiques holocènes, les équipes du projet ICES vont reprendre en partie ces données pour les comparer entre-elles et pour mener, si nécessaire, de nouvelles analyses. Le déroulement du projet peut-être décomposé en plusieurs étapes : 1) répertorier les données disponibles sur le remplissage sédimentaire depuis l'embouchure vers l'amont (affluents du bassin versant compris) ; 2) faire une synthèse des résultats et conclusions majeurs obtenus pour chaque site ; 3) définir les analyses nouvelles à réaliser et les données à ré-exploiter ; 4) mettre en oeuvre les analyses complémentaires ; 5) exploiter, interpréter, synthétiser, comparer l'ensemble des résultats amont-aval.

Les travaux antérieurs ont permis de montrer l'utilité de certaines analyses pour mettre en évidence l'enregistrement des crises climatiques dans les archives sédimentaires, mais également la nécessité d'augmenter leur résolution verticale (temporelle). En particulier, il est fondamental d'obtenir des modèles d'âge précis. Un effort analytique est par conséquent à prévoir sur cet aspect (datations ^{14}C, paléomagnétisme). Les autres analyses complémentaires à mener devront principalement avoir pour objectifs 1) de mieux définir les sources sédimentaires (marines *vs* continentales) ; 2) de mieux caractériser les changements environnementaux, notamment au travers de l'évolution de certains indicateurs bio-écologiques (exemples : malacofaune, microfaune, végétation (pollen et macrorestes…)…).

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Depuis l'embouchure vers l'amont (affluents du bassin versant compris).

TOXSEINE

Analyse de la toxicité globale et identification des composés toxiques à risque dans l'estuaire de Seine.

Coordination :
Jérôme Cachot

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 5255 ISM-LPTC, Université Bordeaux I - J. Cachot
- EA 3222 LEMA, Université du Havre - J. Forget-Leray
- UMR CNRS 8110 PBDS, Université de Lille - B. Oudanne
- UMR CNRS 6143 M2C , Université de Rouen - J.Deloffre

Résumé du projet :
Les sédiments aquatiques se comportent généralement comme des pièges à polluants. Ils constituent donc des réservoirs de polluants qui peuvent, dans certaines conditions de forçage naturel ou anthropique être remobilisés et faire peser un risque sur les écosystèmes aquatiques. Il importe donc de déterminer la nature et la quantité de polluants stockés dans ces sédiments, leur toxicité globale associée ainsi que la capacité de remobilisation de ces polluants. Le projet TOXSEINE vise en premier lieu à développer des tests embryo-larvaires de toxicité sur plusieurs espèces emblématiques de l'estuaire de Seine actuel ou de sa reconquête. L'objectif étant de disposer au terme de l'étude de plusieurs bio-essais simples, sensibles qui puissent être utilisés pour évaluer l'écotoxicité globale d'une eau ou d'un sédiment. En second lieu, ce projet doit permettre de dresser un bilan de la toxicité des sédiments de l'estuaire de la Seine en mettant en œuvre une approche multi-essais (tests embryo-larvaires + tests bactériens). Cette analyse sera réalisée à la fois sur des dépôts récents prélevés tout au long de l'estuaire et sur des dépôts anciens obtenus à partir d'une carotte de sédiment prélevée dans le bassin des docks à Rouen (projet RHAPSODIS). Ce travail devrait permettre de dresser une première carte de la toxicité en Seine et de définir des valeurs guides de bon état chimique pour ce milieu estuarien. L'étude de la carotte permettra également une analyse rétrospective de la pollution chimique dans l'estuaire de la Seine au cours des dernières décennies. La mise en œuvre d'une approche T.I.E. doit permettre d'identifier et de quantifier les composés ou familles de composés toxiques les plus à risque dans l'estuaire de la Seine. Enfin, la remobilisation des polluants métalliques et organiques lors de la remise en suspension des sédiments sera étudiée en laboratoire. Cette étude en conditions contrôlées vise à déterminer la nature et la quantité de polluants déstockés, leur évolution dans le temps ainsi que la nature et l'intensité du stress toxique produit.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2010

Zone(s) d'étude(s) :
Le site du bassin des docks du port de Rouen a été choisi en collaboration avec les partenaires du projet RHAPSODIS en raison de la quantité, de la qualité et de l'accessibilité des dépôts sédimentaires.
Sept autres sites feront l'objet d'un échantillonnage de sédiments de surface : Poses, Oissel, La Bouille, Caudebec, Quillebeuf, Vasière nord plus un site de référence dans la gravière d'Yville-sur-Seine.

BCG

Cartographie du danger génotoxique au niveau du bas estuaire et étude du transfert des contaminants du milieu vers les organismes

Coordination :
Jérôme Couteau

Equipe(s) impliquée(s) :
- Société TOXEM – J. Couteau
- EA 3222 LEMA, Université du Havre – J. Forget-Leray
- UMR CNRS 5255 ISM LPTC, Université de Bordeaux 1 – H. Budzinski

Résumé du projet :
Le projet vise à identifier plusieurs sites de dépôts sédimentaires caractérisés par une contamination organique présentant un potentiel génotoxique. Une cartographie du danger génotoxique de l'estuaire de la Seine associée à une photographie aérienne de la couverture sédimentaire sera réalisée. Dans les matrices les plus contaminées la caractérisation de ce danger génotoxique sera tentée en déterminant les familles chimiques impliquées.
Une étude ultérieure de Cachot et collaborateurs en 2006 avait permis de mettre en évidence un gradient de génotoxicité sédimentaire aval/amont au niveau de l'estuaire de la Seine. Dans le cadre du projet TOXSEINE, une évaluation de la génotoxicité a été réalisée au niveau de l'estuaire fluvial. Le projet BCG permettra de compléter les informations obtenues avec le projet TOXSEINE en évaluant la génotoxicité au niveau de l'estuaire moyen et de l'estuaire bas. Les informations obtenues en termes de génotoxicité et de granulométrie avec des photographies aériennes afin de déterminer précisément la localisation des sédiments prélevés ainsi que leurs répartitions au moment du prélèvement seront mises en corrélation. L'étude « granulométrique » permettra de définir précisément la nature des sédiments prélevés.
Afin d'acquérir des connaissances supplémentaires sur le transfert des contaminants organiques vers les organismes le potentiel génotoxique de la Seine sera évalué au niveau du bouchon vaseux ainsi que dans deux organismes représentatifs de ce milieu : *Eurytemora affinis* et *Platichthys flesus*. Les effets génotoxiques induits dans ces deux espèces seront réalisés en parallèle.
Afin de déterminer les effets génotoxiques associés au potentiel génotoxique du milieu, l'intégrité de l'ADN sera évaluée chez les organismes *E. affinis* et *Platichthys flesus* par l'analyse de lésions primaires de l'ADN : les cassures de la chaîne d'ADN.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
L'estuaire moyen, siège du bouchon vaseux (Honfleur, Vieux-Port).
L'estuaire bas (quinze sites sur quatre radiales différents repartis entre la vasière ouest et orientale).

FLASH

Devenir des antibiotiques. Flux de gènes et de bactéries antibiorésistantes en estuaire de Seine, épidémiologie, exposition à l'homme

Coordination :
Fabienne Petit

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen - F. Petit et B. Laignel
- UMR CNRS 5255 ISM LPTC, Université de Bordeaux 1– H. Budzinski
- U722, INSERM Paris 7 - E. Denamur
- UMR CNRS 6228 IDEES/EA 3832 CETAPS, Université de Rouen - M. Bussi et D. Féménias
- EA 2128 IHME, Université de Caen - R. Leclercq
- EA 3234 ADEN, Université de Rouen – L. Favennec
- EA 2260 CARE, Université de Rouen – M. Chevé
- UMR CNRS 7619 Sisyphe, Université Pierre et Marie Curie – J. Garnier

Résumé du projet :
Les eaux de l'estuaire présentent une contamination élevée en bactéries et parasites d'origine fécale, dont des souches d'*E. Coli* multirésistantes aux antibiotiques, en parallèle à une contamination par des molécules pharmaceutiques et des perturbateurs endocriniens. Il a été montré que le déterminisme de la contamination fécale dépend des zones de l'estuaire (affluent, usage des bassins versants, dynamique sédimentaire, salinité), des facteurs hydrologiques (débit, pluviométrie), mais il n'existe aucune information sur l'épidémiologie des souches de bactéries et de parasites circulant dans les eaux et donc de leur pathogénicité pour l'Homme.
La majorité des antibiotiques absorbés dans les eaux de Seine sont rejetés avec les effluents traités, sous forme de molécules peu modifiées, dans les eaux de surface. Leur persistance varie de quelques jours à plusieurs années selon le milieu (eau ou sédiments). Dans ces environnements, l'effet de la présence d'antibiotiques dans les eaux, à des concentrations inférieures aux seuils thérapeutiques, sur la sélection, le devenir des bactéries antibiorésistantes et sur la dissémination des gènes de résistance reste aujourd'hui mal connu. L'environnement aquatique peut ainsi jouer un rôle essentiel comme réservoir et lieu d'échange de gènes au sein des communautés microbiennes.
Ce projet de recherche repose sur une démarche multidisciplinaire intégrative qui réunit à la fois les compétences en microbiologie, génétique, chimie, hydrogéologie et psychoéconomie.
Il a pour objectifs :
1. d'identifier l'origine des contaminants microbiens (animal/et humains) et de caractériser la pathogénicité pour l'homme des souchiers d'*E. Coli* et de *Cryptosporidium* sp stockés lors des campagnes de prélèvement dans le cadre du programme Seine-Aval 3.
2. de discriminer les apports microbiens d'origine animale / humaine à l'échelle d'un site atelier où il sera possible de suivre 2 types de continuums (i) rejets hospitaliers - STEP - eaux de Seine et (ii) exploitation animale (bovins) - eaux de rivière - estuaire de Seine.
3. d'étudier le devenir des antibiotiques, du transfert des bactéries antibiorésistantes (*E. Coli*) et du flux de gènes correspondant, le long des deux continuum cités précédemment.
4. de caractériser les résistances bactériennes et les supports génétiques correspondants (plasmide, transposon et intégron) chez les populations (*E. Coli*), rejetées dans l'environnement.
La recherche de gènes de résistance cibles sera effectuée dans les biofilms et chez les bactéries autochtones de l'environnement. Une recherche de la dissémination de gènes entre les bactéries antibiorésistantes allochtones au milieu, et les communautés indigènes des eaux réceptrices s'effectuera le long des deux continuums.
5. de caractériser quantitativement et qualitativement ces transferts à partir des bassins versants, et définir les périodes favorables aux rejets des bactéries antibiorésistantes dans les eaux par ruissellement des sols. Le devenir des bactéries rejetées par la Risle dans l'embouchure de l'estuaire, intégrera les caractéristiques hydrosédimentaires du milieu récepteur afin de définir les périodes où les moules de baie de Seine sont susceptibles d'être contaminées par des bactéries antibiorésistantes. Le rôle des copépodes comme vecteurs de bactéries d'origine fécale sera aussi intégrée dans cette étude.
6. de déterminer l'exposition de l'homme aux contaminants chimiques et microbiologiques par une étude des usages récréatifs et liés à l'activité de la pêche sur le site atelier retenu.

7. d'étudier la représentation qu'ont les acteurs (praticiens hospitaliers et exploitants agricoles) du risque sanitaire et environnemental lié à l'usage des antibiotiques. L'analyse économique fournira des outils théoriques et des résultats empiriques qui seront mobilisés afin d'étudier la procédure de décision face à des risques nouveaux et imparfaitement connus, de leur évaluation jusqu'à la définition de mesures à la fois proportionnées et acceptables, par les différents publics concernés.

En parallèle, une tentative de bilan à l'échelle du bassin versant de cet affluent par intégration des données acquises dans un modèle spatialisé (SENEQUE), devrait permettre d'évaluer la contamination depuis la source de pollution jusqu'à l'exutoire et le long du continuum rivière – estuaire – baie de Seine.

Le suivi des populations de bactéries antibiorésistantes et du flux de gènes correspondants, et l'analyse des antibiotiques et de leurs produits de dégradation sont effectués le long de deux continuums sur le bassin versant de la Risle: (i) rejets hospitaliers – STEP - eaux de Seine, (ii) exploitation animale (bovins) - eaux de rivière – Risle, et dans la zone de l'embouchure de l'estuaire où se rejettent les eaux de la Risle.

Ce projet a pour originalité de se doter d'un comité d'usagers, qui permet l'implication des directions des hôpitaux, des médecins hospitaliers, des responsables de la ville de Pont Audemer et de sa station d'épuration, du groupement sanitaire d'éleveur du département de l'Eure et des responsables d'exploitations agricoles. Ces différents partenaires ont accepté de collaborer mais souhaitent être étroitement associés au déroulement du programme. La création d'un comité de suivi du projet sera élargie aux différents acteurs impliqués directement dans le projet ainsi qu'aux partenaires institutionnels (GIP Seine-Aval, Agence de l'eau, DRASS, DIREN,..). L'objectif étant que les usagers puissent s'approprier les résultats, afin de proposer des outils d'aide à la décision pour une gestion du risque environnemental, voire sanitaire, consécutif aux rejets dans les eaux d'antibiotiques et de bactéries antibiorésistantes.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :

Zone de l'embouchure (continuum Risle – Seine)

Epidémiologie des souches d'*E. Coli* et parasites des eaux sur le transect Poses, Honfleur (coquillages de baie de Seine pour le volet parasitologie)

MEDSEINE

Etude de la contamination par les médicaments de l'estuaire de la Seine : application des capteurs passifs à un meilleur diagnostic de leur présence, flux et impact toxique

Coordination :
Hélène Budzinski

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 5255 ISM LPTC, Université Bordeaux 1 - H. Budzinski
- EA 3222 LEMA, Université du Havre – J. Forget-Leray
- INERIS, Direction des risques chroniques, ECOT – S. Ait Aissa

Résumé du projet :
La présence de nombreux composés de type pharmaceutique dans les eaux superficielles a été démontrée depuis quelques années dans l'estuaire de la Seine. Ces composés organiques sont retrouvés dans le compartiment aquatique en raison d'une contamination *via* les stations d'épuration qui n'éliminent que très partiellement les composés à usage thérapeutique humain. Les objectifs de ce présent projet sont donc de réactualiser les connaissances acquises lors des projets antérieurs financés dans le cadre de Seine-Aval 2 et 3, en étendant la gamme des composés étudiés. Les analyses chimiques seront complétées par une approche basée sur des bio-essais permettant de caractériser la toxicité des échantillons et de progresser dans le lien présence et effet. Au-delà des produits initiaux eux-mêmes, une démarche prospective sur l'étude de produits de transformation de certains médicaments sera initiée. En effet, les médicaments sont des molécules réactives qui peuvent se transformer de façon non négligeable et il y a un manque fort de connaissance sur les produits de transformation de ces composés alors qu'ils pourraient se révéler bien plus persistants et plus toxiques que les molécules initiales parentes. Enfin, une partie de nos travaux sera consacrée au développement de nouvelles méthodologies d'échantillonnage. En effet les premiers travaux avaient aussi montré la très grande variabilité des concentrations et mis en évidence la difficulté d'appréhender une concentration moyenne d'exposition pour ces composés dans le cas de l'estuaire de la Seine. Il s'agira donc d'apporter de nouveaux outils permettant de quantifier ces substances dans les milieux naturels afin de documenter leur présence, leur origine et leur devenir dans les milieux aquatiques français et notamment en estuaire de Seine.

Les composés pharmaceutiques sont majoritairement en phase dissoute bien que pour certains d'entre eux la part particulaire ne puisse pas être considérée comme négligeable (Togola, 2006). Néanmoins, dans le cadre du présent projet, seule la phase dissoute (<0.7 mm) sera considérée dans un souci de simplification, d'opérationnalité et de pragmatisme. Il est donc proposé un travail de recherche se déclinant en quatre points principaux :

1) Développement et/ou adaptation des méthodes d'analyse pour doser les différents composés pharmaceutiques et campagnes de mesure sur différents sites (naturels et effluents de station d'épuration (STEP)).

2) Développement et/ou adaptation d'échantillonneurs passifs de type POCIS (Polar Organic Chemical Integrative Sampler) pour la mise en évidence et la quantification des substances pharmaceutiques dans le milieu naturel et dans les effluents de station d'épuration.

3) Evaluation de la toxicité. Les différents échantillons prélevés seront évalués quant à leur toxicité que ce soit des échantillons d'eau du milieu, des effluents de STEP ou encore des extraits d'échantillonneurs passifs.

4) Etude de la photo-dégradation des effluents de STEP et de quelques composés. En fonction des résultats obtenus dans les points 1, 2 et 3, deux ou trois des composés détectés seront sélectionnés et leurs devenirs environnementaux seront étudiés.

L'intérêt de l'approche proposée réside sur la mise en cohérence et le recoupement de différents points :

1. Le nombre de composés étudiés (plus de 120)
2. La caractérisation chimique et toxicologique des échantillons
3. L'étude des produits de dégradation
4. La mise au point et l'utilisation d'outils de prélèvement permettant une approche intégrée et moyennée.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Estuaire fluvial : Poses, Elbeuf, La Bouille, Caudebec, Rouen
Estuaire moyen: Honfleur, Tancarville

RISKENSEINE

Risque environnemental et risque sanitaire d'origine chimique en estuaire de Seine

Coordination :
Gilles Bocquené

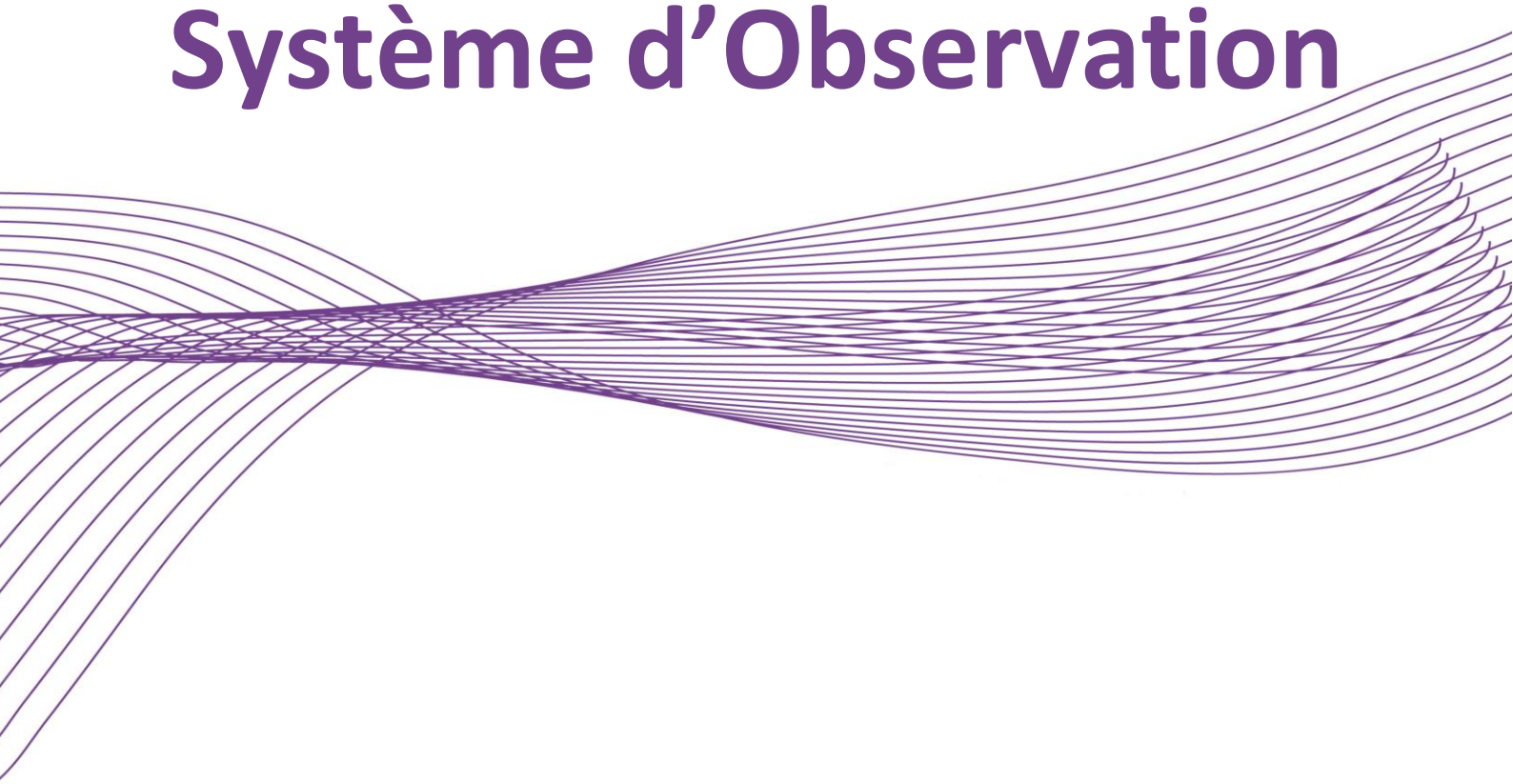
Equipe(s) impliquée(s) :
- DCNantes BE/Arc, Ifremer/Ineris - G. Bocquené
- EA 3222 LEMA, Université du Havre – J. Forget-Leray
- EA 3294, Université de la Méditerranée Aix Marseille 2 – O. Sirost
- UMR CNRS 8187 LOG, Université de Lille 1 – S. Souissi
- Ressources Aquatiques Continentales, Cemagref Bordeaux - P. Elie

Résumé du projet :
L'objectif de ce programme vise à estimer le risque subit par certaines espèces-clé du système estuarien ainsi que le risque potentiel pour l'homme de la consommation de certaines de ces espèces. Dans le choix qui déterminera les espèces et les contaminants prioritaires, les auteurs du projet souhaitent intégrer les usages, le fonctionnement écologique et la perception sociale de l'estuaire. Simultanément, cet exercice doit permettre de développer les aspects méthodologiques de l'analyse du risque chimique.
La méthodologie d'estimation du risque adopté par l'Europe est celle du TGD. Bien que très discuté dans sa pertinence *in situ*, il n'y a pas d'alternative solide au TGD. Pour améliorer la méthodologie existante, un certain nombre de priorités doit être dégagé. Une des solutions consiste à passer d'un écosystème générique virtuel intégrant toutes les espèces à un espace géographique réel qui héberge des espèces clés en termes écologiques, sanitaires, économiques et sociaux.
1. La première étape consiste à sélectionner un certain nombre d'espèces indicatrices sur lesquelles sera développée l'estimation du risque chimique et sanitaire. Dans un premier temps, ces espèces seront proposées sur une base argumentée en fonction des préoccupations et des usages de chacune des équipes associées à ce projet. Les aspects écologiques, halieutiques, économiques, sanitaires et sociaux seront donc intégrés à la proposition d'espèces clés de l'estuaire. Le choix des contaminants sera fondé notamment sur des critères de persistance, de bioaccumulation et de toxicité. Ces espèces et ces contaminants pourront être considérés comme des indicateurs intégrant les aspects risque environnemental et risque sanitaire adaptés aux activités et perceptions locales sur l'espace estuarien.
2. La seconde étape du projet sera consacrée au développement méthodologique de l'analyse du risque *in situ*.
Sur le plan environnemental, il est nécessaire de développer une méthodologie d'analyse du risque réel dans les conditions de complexité qui caractérisent les écosystèmes estuariens. L'élaboration de PNEC locales sur chacun des tronçons de l'estuaire, basées sur des données de toxicité obtenues sur des organismes endémiques à la zone d'étude et considérés comme espèces-clés du fonctionnement et des services rendus par l'estuaire, permettra de rendre la PNEC plus pertinente. Il est convenu que les informations acquises antérieurement dans et hors Programmes Seine-Aval seront valorisées et qu'il n'est pas envisagé de nouvelles campagnes d'échantillonnage et d'analyses chimiques.
Sur le plan sanitaire, l'approche vise à préciser l'exposition humaine aux contaminants d'origine environnementale par la consommation des produits de la mer. Elle consistera à calculer la part des apports des produits de la mer issus de l'estuaire dans l'exposition humaine aux contaminants chimiques. Le nombre de contaminants et d'espèces concernés sera donc limité. Les données de contamination seront collectées et selon divers scénarii de consommation, permettront une estimation de l'exposition. Les ordres de grandeurs des apports alimentaires en contaminants seront calculés pour un individu adulte sur la base de données de consommation (Afssa, Leblanc, 2004 ; Afssa Etude Calipso, 2006) et des concentrations mesurées dans la chair de mollusques et de poissons. Les apports pourront être comparés aux valeurs toxiques de référence, (doses journalières ou hebdomadaires admissibles, converties en doses individuelles mensuelles tolérables). Les apports seront aussi comparés à d'autres évaluations disponibles pour d'autres régions.

Fin des travaux de recherche : Juin 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Les 3 secteurs de l'estuaire : estuaire amont, estuaire moyen, et estuaire aval.

Système d’Observation



MODEL

Modélisation mathématique de l'estuaire de la Seine : validation du modèle hydrosédimentaire et intégration dans le code pluridisciplinaire

Coordination :
Pierre Le Hir

Equipe(s) impliquée(s) :
- DYNECO/PHYSED, Ifremer Brest- P. Le Hir
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen -R. Lafite

Résumé du projet :
Un modèle morphosédimentaire de l'estuaire de la Seine a été développé dans le cadre des programmes Seine-Aval 1, 2 et 3. Le modèle simule les courants 3D, les salinités et le panache du fleuve, les turbidités et le bouchon vaseux, les transports de sable fin et de vase pour toutes conditions de forçage réalistes (marée, vent, débit du fleuve) (Brenon et Le Hir, 1999a et 1999b ; Le Hir *et al.*, 2001). Il est validé en marée, courant, salinité, incomplètement validé en turbidité et mouvements résiduels de sédiments. Le couplage morphodynamique est opérationnel, mais n'a été confronté à la réalité (avec un succès raisonnable) que sur une durée de 2-5 ans (Waeles *et al.*, 2007 et 2008). Avec sa résolution actuelle (maillage variable dont la résolution la plus fine est de 300 m longitudinal par 100 m transversal devant Honfleur), le modèle a été implanté sur la bathy 1999 et sur la bathy 2005 (bathymétrie de l'après Port 2000).
Le modèle a été récemment (hiver 2008) « upgradé » grâce à un changement des conditions aux limites de marée (devenues opérationnelles) et un nouveau calcul des vagues (nettement plus complet, mais pas encore utilisé en routine).
Le projet MODEL est destiné d'une part à valider le modèle hydrosédimentaire de l'estuaire dans la configuration actuelle (après Port 2000), ce qui nécessite d'acquérir de nouvelles données *in situ* calibrées, et d'autre part à valoriser les acquis de la modélisation hydrosédimentaire pour améliorer et réactualiser la modélisation pluridisciplinaire (modèle de contamination chimique en particulier).
Les capacités et limites de la modélisation hydrosédimentaire seront évaluées par comparaison aux données et au moyen d'une étude de sensibilité au paramétrage.
Une application au marquage numérique de quelques entités sédimentologiques est proposée, pour visualiser les trajectoires de particules.
La phase 2 du projet MODEL consiste à :
- conforter la validité du modèle hydrosédimentaire concernant les matières en suspension (en particulier autour de la fosse Sud) et les évolutions sédimentaires,
- upgrader la résolution du modèle de façon substantielle pour permettre des simulations morphodynamiques dans les secteurs à chenaux (ex. vasière Nord et fosse Nord), en raffinant à la fois la description spatiale et la discrétisation en classes sédimentaires
- évaluer la capacité du modèle à reconstituer les évolutions morphosédimentaires passées
- planifier l'exploitation du modèle à des fins morphosédimentaires, mais aussi comme outil de description du système susceptible de produire des indicateurs de comportement.
En parallèle, ce projet inclut également l'accompagnement des upgrades du modèle pour que les couplages multidisciplinaires développés dans Seine-Aval puissent rester utilisables dans les nouvelles versions (portage dans MARS des modules RIVE et MET&OR appliqués à la configuration Seine).

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Modélisation de l'ensemble du secteur Seine-Aval (de Poses à la Baie de Seine).
Acquisition de mesures en continu dans le secteur d'embouchure (Honfleur-La Carosse-fosse nord)

FLUMES

Flux de matières en estuaire de Seine : interaction floculation des sédiments fins/matière organique

Coordination :
Romaric Verney

Equipe(s) impliquée(s) :
- DYNECO/PHYSED, Ifremer de Brest - R. Verney
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen - R. Lafite
- UMR 100 Ifremer/UCBN, Université de Caen - P. Claquin

Résumé du projet :
L'importance des transferts de matière en suspension (MES) – qu'elle soit organique ou inorganique – sur la dynamique de l'estuaire de la Seine et son écosystème a motivé de nombreux travaux de recherche dans le cadre du programme Seine-Aval. Ces études (indépendantes entre elles) ont abouti à une meilleure compréhension des processus et à leur modélisation sur la base du modèle de transport SiAM3D (Le Hir *et al.*, 2001) et le couplage de différents modèles permettant de décrire l'écosystème : le module biogéochimique RIVE et sa version simplifiée MOSES appliqué à la matière organique (MO), MET&OR pour les contaminants chimiques. Ces modèles nécessitent la simulation précise des flux de sédiments dans l'estuaire, que ce soit pour la turbidité dans la colonne d'eau, le stockage des sédiments fins sur les vasières amont et aval, l'advection de contaminants, du phytoplancton et des bactéries fixées sur les particules fines etc… (Thouvenin *et al.* 2007 ; Even *et al.*, 2007). Différentes études réalisées principalement dans divers estuaires européens (Manning, 2004a,b : Tamar, UK and Gironde, F; Chen 2003 : Escault, B) mais également dans une moindre mesure en estuaire de Seine (Mouchel 1997, SA1, Verney, 2006, SA3) démontrent l'importance des processus de floculation sur la variabilité des propriétés des MES (taille et vitesse de chute) et par conséquent sur les flux sédimentaires et éléments associés. Ces processus sont susceptibles de modifier notablement le comportement et le devenir des particules en estuaire, et naturellement celui de la matière organique (bactérienne ou phytoplanctonique). Rétroactivement, la présence de matière organique en suspension influence les processus de floculation/défloculation, i) en participant à l'agrégation en tant que particules mais également ii) en modifiant la cohésion des particules *via* la production de mucus et donc leur capacité à s'agréger ou à résister à la fragmentation (Eisma, 1993 ; Dam and Drapeau, 1995 ; Verney, 2006).
En pratique, les interactions entre matériel sédimentaire et organique *via* le contrôle des processus de floculation influencent : les flux de sédiment dans l'estuaire et le temps de résidence des particules, la turbidité et les processus biologiques. Les flux verticaux de matière organique influencent à la fois le devenir des bactéries liées aux particules et celui du phytoplancton dont la dégradation sera accélérée. D'autre part, l'augmentation de la turbidité limitera la production primaire du phytoplancton en réduisant la pénétration de la lumière dans l'eau.
L'objectif général du projet FLUMES est de contribuer à une meilleure modélisation des flux de matières en Estuaire de Seine en étudiant les interactions entre les MES d'origine minérale et organique *via* les processus de floculation/défloculation. Ce projet s'appuie sur les compétences de différentes équipes du programme Seine-Aval dont le suivi des bactéries en laboratoire (M2C - Touron 2005), l'observation en laboratoire et *in situ* des processus de floculation (M2C-Ifremer - Lafite, 2001, Verney *et al.*, 2009), et le développement d'un modèle de floculation (Ifremer - FLOCMOD – Verney *et al.*, in revision) ainsi que les compétences en écophysiologie du phytoplancton de l'équipe Biologie des Ecosystèmes Côtiers de l'UMR 100 Ifremer/UCBN (Pannard *et al.*, 2008, Claquin *et al.*, 2008, Claquin *et al.*, in press).
Le projet FLUMES se décompose en deux phases :
- Phase 1 :
Action 1 : Synthèse des mesures *in situ* (antérieures ou acquises au cours de la phase I),intégration du modèle de floculation FLOCMOD dans le modèle 3D hydrosédimentaire de l'estuaire de la Seine, réalisation de tests de faisabilité et de performance sur la possibilité de simuler les processus de floculation dans le modèle numérique 3D.
Action 2 : Consultation des différents acteurs scientifiques autour de la question du flux de MES (minéral/organique) en estuaire de Seine.
- Phase 2 : Vers une modélisation couplée floculation/matière organique : expérimentation, mesures *in situ* et modélisation.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :

Deux/trois sites ateliers seront étudiés en priorité durant les phases d'expérimentation et de mesures *in situ* : l'estuaire fluvial en amont de La Mailleraye/Heurteauville (~pk 261) et la zone d'extension du bouchon vaseux correspondant en partie à l'estuaire aval), de Honfleur à Caudebec en Caux.

Une dernière zone considérée pourrait être une zone de vasière, en lien avec le développement de biofilms sur les sédiments de surface et leur impact sur les caractéristiques et propriétés des sédiments remis en suspension.

RHAPSODIS

Reconstitution de l'Historique des Apports Particulaires à la Seine par l'Observation De leur Intégration Sédimentaire

Coordination :
Dominique Boust

Equipe(s) impliquée(s) :
- Laboratoire de Radioécologie de cherbourg, IRSN - D. Boust
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen - P. Lesueur et T. Berthe

Résumé du projet :
Le projet RHAPSODIS a pour objectifs de poursuivre et compléter une longue tâche dans laquelle les équipes participantes se sont activement investies au cours des précédentes phases du programme Seine-Aval : l'identification des processus de transfert et de dépôt du matériel sédimentaire fin, auquel sont associés de nombreux contaminants, à différentes échelles de temps et différentes échelles spatiales du système estuarien.
Ce projet vise l'analyse rétrospective de séries de données pluriannuelles archivées dans le sédiment, avec pour objectif principal d'améliorer la connaissance de la dynamique passée de l'estuaire dans sa partie amont. Cette démarche n'avait pour l'heure pas été menée dans cette partie de l'estuaire qui constitue pourtant une zone de stockage temporaire ou définitif de particules sédimentaires et de contaminants de toute nature, qu'ils soient d'origine continentale ou marine.
Il s'appuie sur l'analyse fine de carottages implantés dans le bassin des Docks, dans la zone portuaire de Rouen.
Les auteurs de la proposition demeurent particulièrement attentifs à ce que les efforts engagés dans cette opération profitent au plus grand nombre. Les échantillons de sédiments sont prélevés, traités, conditionnés et conservés dans les conditions compatibles à une utilisation ultérieure par d'autres équipes.
Les objectifs scientifiques principaux sont:
- décrire et comprendre les rythmicités sédimentaires (semi-diurnes à pluriannuelles) dans le haut estuaire de la Seine (région rouennaise) en réponse aux forçages naturels (débit, marée, agitation) et anthropiques (endiguements, gestion des bassins versants…) ; cette étape s'appuie sur une analyse spectrale à haute résolution des radiographies X réalisées sur les carottes ;
- reconstituer les apports en contaminants particulaires (métalliques, organiques, radionucléides, microorganismes pathogènes) à la Seine, en provenance du bassin versant ou de la mer, en les reliant à leur enregistrement sédimentaire ;
- reconstituer l'historique de l'apparition de gènes bactériens de résistance aux contaminants métalliques, et de la réponse des communautés microbiennes autochtones à la contamination des apports ou des milieux de dépôt ;
- rechercher des gènes spécifiques de bactéries pathogènes et gènes de résistance aux antibiotiques en fonction du contexte épidémiologique de la période échantillonnée.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Darse des Docks du port de Rouen

COLMATAGE

Couplages bio-morpho-sédimentaires et dynamique à long terme des habitats et peuplements benthiques et ichtyologiques en Seine aval

Coordination :
Jean-Claude Dauvin

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 8187 LOG, Université de Lille 1 - J-C. Dauvin
- HMNM-RHPEB, Ifremer Port en Bessin - J. Morin
- EMH, Ifremer Nantes - A. Brind'Amour
- DYNECO-PHYSED, Ifremer Brest - P. Le Hir
- LER, Ifremer Saint Malo - N. Desroy
- Cellule de Suivi du Littoral Normand, Le Havre - C. Dancié
- GEREM CNAM/INTECHMER, Cherbourg - Y. Mear

Résumé du projet :
COLMATAGE, proposition pluridisciplinaire se donnent trois objectifs principaux :
1. Recensement des données existantes sur le territoire de la partie orientale de la baie de Seine et l'estuaire aval jusqu'à la Risle : sédimentologie, ichtyofaune et bancarisation de ces données comme cela vient d'être fait au niveau du macrobenthos dans MABES2 (ceci sera réalisé de concert avec les éléments déjà bancarisés au GIP SA).
2. Analyse conjointe des évolutions morpho-sédimentaires (confrontation avec les résultats des modèles) et celles des habitats et peuplements benthiques et ichtyologiques intertidaux et subtidaux.
3. Définition d'une typologie des habitats marins estuariens dans le gradient bio-sédimentaire de la baie de Seine (projet conjoint avec les études sur les extractions de granulats).
4. Proposition à terme d'une stratégie d'observation de cette partie orientale de la baie de Seine de l'estuaire pour le compartiment sédiment/faune benthique et démersale au delà de SA4 c'est à dire pour au moins 2025.
Sont concernées dans ce projet : i) la bancarisation de l'existant (macrobenthos, sédimentologie et ichtyofaune), ii) la valorisation croisée de façon à décrire les évolutions spatio-temporelle morpho-sédimentaires et celles des habitats et peuplements benthiques au cours des trente dernières années, iii) la réalisation de nouvelles campagnes communes faites en 2008 et 2009 et accordées par le CIRMAT pour 2010, leurs analyses conjointes avec d'autres campagnes (GPMR et GMPH) réalisées sur le même territoire dans le cadre d'autres opérations (suivi Port 2000, dragages et dépôts de dragage Kannick et Octeville, granulats), iv) l'analyse expérimentale des processus fins du rôle des structures biogéniques dans les processus de sédimentation, v) une cartographie typologique des principaux habitats de la baie de Seine.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Partie orientale de la baie de Seine et estuaire marin jusqu'à la Risle

ZOOSEINE

Rôle du zooplancton dans le fonctionnement de l'écosystème estuarien dans la zone de gradient de salinité: sentinelle du bon état écologique et des changements climatiques

Coordination :
Sami Souissi

Equipe(s) impliquée(s) :
-UMR CNRS 8187 LOG, Université de Lille 1 - S. Souissi
- UMR CNRS 5245 ECOLAB, Université de Toulouse 3 - M. Tackx
- EA 3222 LEMA, Université du Havre - J. Forget-Leray

Résumé du projet :
Le projet multidisciplinaire ZOOSEINE vise à comprendre le rôle du zooplancton dans la zone de gradient de salinité. Le zooplancton sera étudié comme indicateur de variabilités environnementales et climatiques à différentes échelles spatio-temporelles. L'étude se déroulera en complémentarité avec les projets HYDROCLIMAT (B. Laignel) et Expertise collective sur les changements climatiques (B. Laignel & S. Souissi). En plus de l'analyse rétrospective sur les indices climatiques prévue dans le cadre du dernier projet, toutes les données à haute fréquence disponibles dans la zone de gradient de salinité seront analysées afin d'identifier la dynamique de l'habitat des différents stades de développement des principaux copépodes *Eurytemora affinis* et *Acartia tonsa*. Ces deux copépodes possèdent des affinités salines et thermiques opposées et représentent donc deux modèles biologiques complémentaires pour tracer les modifications à différentes échelles de l'hydrologie de l'estuaire de la Seine. Il est prévu de mettre également en commun les bases de données acquises dans la Seine et l'Escaut, estuaires qui subissent les mêmes forçages climatiques régionaux et qui sont confrontés à des problématiques de gestion similaires (développement portuaire, dragage, restauration, etc.) afin d'aboutir à une analyse plus complète. L'analyse de données sera complétée par une série de campagnes de mesure dans la zone de gradient de salinité de l'estuaire de la Seine. Les missions ZOOTRANZ prévues en 2008 et 2009 viendront compléter nos bases de données acquises en 2004 (SAZOOTOX) et en 2005 (EURYPROD). La zone d'échantillonnage sera élargie vers l'amont pour identifier avec précision l'intrusion d'eau douce et ses communautés zooplanctoniques. La période d'échantillonnage ciblera en 2008 la transition entre les saisons hydrologiques (périodes de crue et d'étiage) qui correspondent aux successions saisonnières des populations des copépodes Eurytemora/Acartia. Ces copépodes estuariens sont également capables sous certaines conditions de produire des œufs de résistance. Ce processus sera étudié pour la première fois sur un sytème estuarien. Cette étude sera faite à l'aide de l'analyse (et l'incubation) de carottes de sédiments représentant des événements de dépôt récents et également remontant à plusieurs années.
Les premières étapes du projet (analyse de données et échantillonnage) seront complétées par une série d'expérimentations originales qui visent à étudier la plasticité des deux copépodes *E. affinis* et *A. tonsa* en fonction de la salinité et la température. Les pressions de sélection seront étudiées sur plusieurs générations en utilisant un nouveau protocole mis en place à Wimereux qui synthétise les acquis expérimentaux développés au cours des phases II et III du Programme. Les réponses des individus des deux espèces de copépodes face à une variation de la température et de la salinité seront quantifiées en utilisant les marqueurs de stress de type protéines de choc (HSP) ainsi que les indices démographiques, morphologiques et de survie embryonnaire et larvaire. La propagation d'un stress à travers plusieurs générations successives sera également quantifiée. De même la vulnérabilité des différents stades de développement à la prédation sera étudiée. Par la suite, la complémentarité des observations *in situ* et le travail expérimental permettra d'identifier les réponses fonctionnelles clés et les périodes critiques du cycle de vie de ces organismes du réseau trophique estuarien. Le perfectionnement des modèles individu-centrés des deux principales espèces de copépodes *E. affinis* et A. tonsa sera réalisé. Ces outils serviront à synthétiser nos connaissances et tester des scénarii futurs afin d'apporter des éléments de réponse à l'une des questions fondamentales du programme : Comment va l'estuaire et comment évolue-t-il ? Ce projet tentera d'apporter des connaissances scientifiques pour mieux comprendre la réponse de l'écosystème de l'estuaire moyen à différents scénarios des changements globaux.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2010

Zone(s) d'étude(s) :
Zone de gradient de salinité le plus souvent associé au bouchon vaseux (entre Vieux - Port et Honfleur)

NEREIS

Nutrient Export Role on Eutrophisation. Indicators and model scenarios

Coordination :
Josette Garnier

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 7619 Sisyphe, Université Pierre et Marie Curie – J. Garnier
- Environnement Ressources de Normandie, Ifremer Port-en-Bessin – P. Riou

Résumé du projet :
L'eutrophisation est liée à un excès d'éléments nutritifs entrainant désormais des hypoxies graves, partout dans le monde (Diaz and Rosenberg, 2008). L'eutrophisation se manifeste le plus fréquemment d'amont en aval des continuums aquatiques par un développement excessif de macrophytes, par des proliférations algales phytoplanctoniques dans les grands cours d'eau, posant des problèmes de production d'eau potable, par une accumulation de matière organique consommatrice d'oxygène dans les estuaires et zones côtières, mais aussi par des développements d'algues indésirables à la zone côtière, et formant des blooms toxiques à la Baie de Seine (Belin and Raffin, 1998 ; Cugier *et al.*, 2005). Si l'eutrophisation à la zone côtière est liée à un excès d'azote et de phosphore, ce phénomène est aussi dû aux deséquilibres de ces apports par rapport à la silice, c'est-à-dire au besoin de la croissance diatomique; un indicateur du potentiel d'eutrophisation a été établi (ICEP : Billen et Garnier, 2007), calculé sur la base des flux Azote, Phosphore, Silice à l'exutoire des bassins versants. L'effet des transformations des éléments nutritifs et de la biomasse dans les estuaires ainsi que la dilution des apports dans les zones marines qui ont leur propre charge en nutriments, n'a pas été suffisamment exploré, ni a fortiori intégré pour promouvoir cet indicateur. Le potentiel d'eutrophisation n'a pas été non plus analysé en terme de problèmes d'eutrophisation avérés, sous ses manifestations diverses.
Trois grands axes sont proposés pour analyser l'évolution de l'estuaire de la Seine dans le contexte de la DCE et pour proposer des conditions qui conduiraient à une restauration des équilibres des flux de nutriments qu'il déverse à la zone côtière.
1. L'application de la DCE, avec la mise aux normes des stations d'épuration dans le bassin de la Seine (celles de l'agglomération parisienne en particulier) créée de nouvelles conditions en Basse Seine, dans l'estuaire et à la zone côtière. Les flux de phosphore ont diminué de sorte que le phosphore est l'élément clairement limitant à la zone côtière. Les nouveaux traitements impliquent que les MES sont plus riches en fer, ce qui peut modifier les propriétés d'adsorption du phosphore. Si le phosphore, outre sa diminution en station, devient moins échangeable, il faut donc déterminer s'il est limitant en amont de la zone côtière, dans l'estuaire (fluvial et bouchon vaseux). Par ailleurs, les traitements de l'azote en stations d'épuration ont pour conséquence une plus grande concentration des effluents en nitrite, potentiellement toxiques. Avec la nitrification de l'ammonium, à l'issue de la phase précédente du programme Seine-Aval une meilleure oxygénation de l'estuaire fluvial pouvait être attendue. Il sera intéressant d'examiner si ce gain d'oxygénation est mis à mal par une diminution de la production primaire, limitée par le phosphore, en cas de forte absorption.
Ces problématiques seront appréhendées par des mesures de terrains (profils longitudinaux des formes essentielles de N, P, Si, C, en comparaison des situations avant DCE et cycles de marées en point fixe) et par des expériences en laboratoire de limitation (traçage 14C). Les algues seront identifiées et quantifiées au cours des profils et cycles.
2. A la zone côtière, clairement limitée par le phosphore désormais, l'excès d'azote par rapport au phosphore et à la silice est-il à l'origine de la toxicité ?
Une synthèse bibliographique exhaustive sera effectuée sur les déterminismes des algues toxiques, et les bases de données REPHY et RHLN seront exploitées pour valider l'indicateur développé au cours de la phase précédente.
3. Par défaut du modèle SiAM-Rive 3D du programme Seine-Aval actuellement, pour répondre à la question du « comment prévenir l'eutrophisation à la zone côtière », la modélisation restera au cœur de cette proposition en couplant le modèle du PIREN-Seine à un modèle de l'Ifremer de la Baie de Seine étendue à l'estuaire et à la Manche jusqu'en Baie de Somme.
Une chaine de modélisation déjà utilisée (Cugier *et al.*, 2005), sera remise à jour: le modèle Seneque/Riverstrahler va être revu pour la partie bassin de la Seine en fonction des nouvelles contraintes de la DCE et fournira les entrée à ECOMARS 3D, qui simulera les impacts à la zone côtière en prenant en compte la partie estuarienne. Des scénarii agricoles seront explorés pour examiner dans quelles conditions de rupture des pratiques agricoles l'azote peut

effectivement être réduit pour retrouver des rapports nutritionnels proches de ceux des besoins physiologiques des algues.
Cette proposition fait intervenir outre l'équipe du PIREN-Seine, une équipe clé de l'IFREMER qui n'avait jamais participé dans le cadre de Seine-Aval. Par ailleurs, un programme Européen AWARE axée sur la science participative et citoyenne pour lequel la Seine est un « Case Study », pourrait constituer un bénéfice dans ce cadre.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Continuum Seine-Estuaire-Baie de Seine

BIODISEINE

Positionnement des études sur la biodiversité des écosystèmes de l'estuaire de la Seine dans le cadre du changement global : zoom sur les communautés planctoniques

Coordination :
Sami Souissi

Equipe(s) impliquée(s) :
- UMR CNRS 8187 LOG, Université de Lille 1 – S. Souissi
- St Petersburg Association of Scientists and Scholars, St Petersburg University – V. Alekseev

Résumé du projet :
Le projet BIODISEINE se base sur les actions suivantes :
1) Actualiser nos connaissances (liste d'espèces et leur écologie) sur la dynamique de la biodiversité des compartiments microplanctoniques (phytoplancton, ciliés en formes libres mais également parasites ou épibiontes) et mésozooplanctoniques au niveau du continuum des habitats estuariens (eau douce – gradient de salinité et eau marine).
2) Inclure les zones portuaires dans le choix des sites d'échantillonnage prévus en 2010 et 2011 et préparer des actions futures en collaboration avec GIP SA et les deux grands ports maritimes.
3) Etudier pour la première fois dans la Seine les possibilités d'introduction d'espèces d'invertébrés à travers le transport par les ballasts et l'étude des formes de résistance dans le sédiment. Ce travail se fera en collaboration entre l'équipe de Wimereux et l'équipe du Pr. Victor Alekseev spécialiste mondial de cette problématique et des questions d'invasions biologiques.
Des synthèses bibliographiques appropriées seront réalisées et les résultats acquis seront complétés (par exemple dépouillement du microplancton dans la Seine en 2005 lors des campagnes EURYPROD, réalisé par F. Gomez) en analysant des échantillons du plancton conservés à Wimereux (campagnes ZOOTRANZ 2008 et 2009) et également en réalisant des prélèvements complémentaire prévues en 2010 et 2011 (campagnes ZOOTRANZ, voir demande au GIP pour financer le suivi du zooplancton en 2010 et 2011). En plus des sites de références sur le continuum amont – aval de l'estuaire, ce projet vise à réaliser un inventaire détaillé des formes planctoniques (phytoplancton et zooplancton) se trouvant à proximité du port maritime du Havre. En plus des formes libres de microplancton une importance notable sera accordée aux formes fixées sur les crustacés zooplanctoniques.
En plus des études de diversité des formes actives (non dormante), l'étude du rôle des formes de résistance (diapause) dans les invasions (ou introductions) biologiques sera initiée. La présence de formes de diapause a été récemment reconnue comme étant la raison principale permettant à de nombreuses espèces invasives marines et continentales de pénétrer successivement dans de nouveaux environnements (Alekseev *et al.*, 2001; Panov *et al.*, 2004, Alekseev *et al.*, 2007).

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Continuum eau douce-eau saumâtre et eau marine à proximité du grand port maritime du Havre.
Sites complémentaires : région portuaire du Havre et son voisinage, embouchure de la Risle.

VIP

Vie Introduite dans les Ports

Coordination :
Thierry Ruellet

Equipe(s) impliquée(s) :
- GEMEL – T. Ruellet
- Port Vivant – G. Breton

Résumé du projet :
Le projet VIP vise à répondre à une partie de l'action VI identifiée dans l'appel à projets : rôle des transports maritimes et fluviaux dans les processus de dissémination des espèces exotiques, et probabilité de naturalisation des espèces introduites dans le cadre des changements globaux. Notre proposition explore en effet la partie macroscopique aquatique de cette action, que ce soit au niveau des algues, de l'épifaune, de l'endofaune benthique ou de l'ichtyofaune. Elle ne s'intéresse pas en revanche aux espèces microscopiques ni aux espèces terrestres.
Les espèces macroscopiques exotiques rencontrées dans ou à proximité des ports arrivent en général *via* les eaux de ballast sous forme larvaire. Toutes les larves ne trouvent pas en Normandie les conditions nécessaires à leur développement. Le projet VIP ne s'intéressera qu'à celles qui arrivent à se développer. Parmi celles-ci, certaines ne sont mentionnées dans la littérature scientifique que de façon sporadique. Il importe aujourd'hui de savoir si ce caractère sporadique reflète un manque de pression d'observation ou bien traduit le fait que les espèces concernées n'ont pu trouver localement les conditions nécessaires à une implantation durable (croissance possible par exemple mais pas de reproduction).
Dans un premier temps, sera réalisée une synthèse des informations déjà disponibles sur les espèces exotiques présentes dans ou aux abords des enceintes portuaires qui se trouvent au sein des limites géographiques du GIP : Rouen, Port-Jérôme, Le Havre et Antifer. Ce travail se basera sur les travaux scientifiques publiés et sur la mine d'informations non publiées collectées par les membres de l'Association Port-Vivant qui plongent dans les enceintes portuaires du Havre depuis des années. Il s'agira là non seulement de recenser la présence des espèces exotiques dans la zone d'étude, mais aussi d'établir leur carte de répartition à l'échelle mondiale et de recueillir les informations nécessaires pour comprendre leur cycle de vie, leurs exigences écologiques, leurs capacités d'adaptation et leurs durées de vie larvaire (facteur conditionnant l'origine possible des organismes).
Dans un deuxième temps, seront réalisées des prospections complémentaires nécessaires à l'inventaire des espèces exotiques à l'aide de moyens adaptés : plongées pour la faune pélagique et pour l'épibiose et prélèvements de sédiments pour l'endofaune. Des inspections vidéos seraient un plus qui permettraient de cartographier les communautés en place. Leur réalisation dépendra d'autres projets (hors Seine-Aval) dans lesquels l'acquisition du matériel adéquat a été demandée. Outre l'aspect inventaire, un suivi des crustacés décapodes au moyen de pêches au casier sera effectué. Certaines espèces telle que Callinectes sapidus (le crabe bleu) sont présentes depuis plus de 30 ans dans le secteur mais les informations sont jusqu'à maintenant purement qualitatives. Ce suivi devrait permettre de quantifier les populations en place et de réaliser un suivi démographique (sex-ratio, périodes de reproduction et de recrutement, …) afin de mieux comprendre les raisons du succès de certaines espèces dans les vicinités des ports.
Notre travail devrait permettre d'identifier et de déterminer l'origine possible des différentes espèces exotiques observées dans les ports de la baie et de l'estuaire de la Seine, et par la connaissance bibliographique et pour certaines *in situ* de leur biologie de connaître les raisons et les conséquences de leur succès.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Bassins portuaires de Rouen, de Port-Jérôme, du Havre, et d'Antifer.
Canal de Tancarville et Grand Canal du Havre.

COBAC

Etude des processus adaptatifs susceptibles de se mettre en place au sein de population d'*E. affinis* exposées à diverses contaminations chimiques et/ou microbiologiques

Coordination :
Joëlle Forget-Leray

Equipe(s) impliquée(s) :
- EA 3222 LEMA, Université du Havre – J. Forget-Leray
- UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen - F. Petit
- UMR CNRS 8187 LOG, Université de Lille 1 – S. Souissi

Résumé du projet :
Le projet COBAC s'inscrit dans une démarche exploratoire visant à développer nos connaissances concernant les possibilités d'acclimatations et/ou d'adaptations de populations d'invertébrés de l'estuaire de la Seine, vis-à-vis de diverses pressions chimiques et pathogènes auxquelles elles sont régulièrement soumises. Il est focalisé sur l'étude d'une espèce ayant reçu un intérêt certain durant les précédents programmes Seine-Aval du fait de sa pertinence éco- toxicologique, le copépode *Eurytemora affinis*.
Notre démarche consistera à confronter (i) les observations rapportées dans le cadre d'expérimentations d'expositions d'une souche de laboratoire sous conditions contrôlées et (ii) les résultats obtenus à partir d'individus échantillonnés dans des populations naturelles le long d'un gradient de contamination. Une première approche porte sur l'étude des « capacités d'adaptation » d'*E. affinis* vis-à-vis de stress de nature chimique *via* des mesures de survie, principalement. Parallèlement, la seconde approche a pour objectif (i) l'étude de l'influence du stress chimique, sur la sensibilité d'Eurytemora à la colonisation par des bactéries d'origine fécale voire par des bactéries pathogènes présentes dans le milieu estuarien (Vibrio) et (ii) l'étude des mécanismes d'acquisition d'une réponse immunitaire en réponse à la colonisation des *E. affinis* par ces mêmes bactéries.
Ce projet permettra d'agrémenter les bases de données relatives (i) à la toxicité de contaminants fréquemment retrouvés en estuaire de Seine chez *E. affinis*, (ii) ainsi qu'à la diversité microbienne associée à cette espèce de copépode. Mais par-dessus tout, COBAC pourrait apporter des éléments de réponse (i) quant aux capacités d'adaptation du copépode *Eurytemora affinis* vis-à-vis de la contamination chimique et microbiologique, et (ii) quant au rôle de cette espèce en tant que vecteur de pathogène au sein de l'estuaire.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Zone de gradient de salinité le plus souvent associé au bouchon vaseux (entre Vieux - Port et Honfleur)

ISOMET

Utilisation des isotopes stables des métaux pour retracer l'historique de la contamination par ces métaux et ses origines

Coordination :
Jean-François Chiffoleau

Equipe(s) impliquée(s) :
- DCN/BE/LBCM, Ifremer de Nantes - J-F. Chiffoleau
- UMR CNRS 5563 LMTG, Université Paul Sabatier – Toulouse 3 - J. Sonke

Résumé du projet :
Le projet ISOMET vise à améliorer la compréhension du comportement des métaux traces dans l'estuaire de la Seine, par la mesure non plus seulement des métaux "totaux", mais aussi du rapport isotopique de ces éléments dans chaque réservoir géochimique et l'analyse rétrospective de séries chronologiques.
Durant les premières phases du programme Seine-Aval, les niveaux de concentration de certains éléments traces répertoriées dans les listes internationales de substances dangereuses (Cd, Pb, Ni, Hg, Cu, Zn…) ont été évalués, montrant d'une part une très forte contamination de tous les compartiments dans les premières années de l'étude et d'autre part une amélioration apparente de la situation avec le temps. Toutefois, la modélisation de la dynamique de ces contaminants a toujours montré une difficulté à boucler les bilans entrée - sortie de l'estuaire, du fait de la complexité des phénomènes mis en jeu (spéciation, échanges dissous - particulaires, rôle de la matière organique), mais aussi par manque d'outils propres à évaluer les différentes sources internes à l'estuaire, à savoir d'une part les apports (rejets urbains, affluents, rejets industriels, rejets diffus agricoles, apports atmosphériques) et d'autre part les sources secondaires (sédiment, bouchon vaseux).
La compréhension plus fine du comportement de ces éléments (qui font partie de la liste prioritaire des contaminants devant être suivis dans le cadre de la DCE) et leur traçabilité passe donc par de nouveaux outils. La mesure de différents isotopes stables de ces métaux semble en mesure d'apporter des éléments très intéressants dans ce contexte. Il a en effet été montré récemment que la signature isotopique de différentes sources métalliques (Zn, Cd, Hg, Pb) peut être différente de la signature naturelle de ces mêmes éléments. La détermination de ces différentes signatures est donc une nouvelle étape, complètement originale dans le contexte Seine-Aval, dans l'appréciation quantitative des contributions respectives de chaque type de source (amont, industrielle, urbaine…) à la contamination générale.
Le projet ISOMET est une contribution au projet ISOMAP déposé au programme national EC2CO CYTRIX. Il propose de déterminer dans la colonne d'eau, la colonne sédimentaire et les organismes vivants la partition isotopique du plomb, élément métallique parmi les plus problématiques de l'estuaire, et fournira également des données de mercure, zinc et cadmium. Il retracera rétrospectivement l'évolution de ces indicateurs dans une carotte sédimentaire et dans la banque d'organismes du RNO ; il bénéficiera des résultats obtenus dans le cadre d'ISOMAP sur des estuaires comparables à celui de la Seine (Adour, Escaut, Gironde) ou références (Loire). La différence éventuelle de partitions isotopiques selon les sources alimentera le modèle MOCO de comportement des métaux et le modèle SIAM. Ce projet se positionne également comme une contribution au projet RHAPSODIS (Reconstitution de l'Historique des Apports Particulaires à la Seine par l'Observation De leur Intégration Sédimentaire) et est bien évidemment complémentaire des programme de Surveillance RNO et RNB.

Fin des travaux de recherche : Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
L'amont du barrage de Poses, où sont effectués les prélèvements du SNS.
Le bassin des docks à Rouen, où le projet RHAPSODIS doit effectuer ses prélèvements de carottes sédimentaires.

ECO

La prospective économico-environnementale comme instrument au service de la gestion intégrée des zones côtières

Coordination :
Martin O'Connor

Equipe(s) impliquée(s) :
- C3ED, DSEM , Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - M. O'Connor et J-P. Vanderlinden
- DEM, Ifremer de Brest - J.A. Pérez Agundez
- CEESE, Université Libre de Bruxelles - W. Hecq et M. Cordier
- Centre de Droit et d'Economie de la Mer, Université de Bretagne Occidentale - D. Bailly

Résumé du projet :
Ce projet concerne la structuration d'une thèse doctorale permettant d'organiser un travail de recherche sur la prospective économique et environnementale en appui à la gestion intégrée des zones côtières.
La mise en œuvre de processus de gestion intégrée des zones côtières pose le problème de la définition du cadre institutionnel dans lesquels les choix collectifs sont appréhendés, de l'information qui fonde les prises de décisions et d'une plus grande transparence des critères d'arbitrage. Les relations complexes entre les activités anthropiques et leurs impacts environnementaux, considérées comme un système, requièrent une prise en compte globale et intégrée de ses éléments comme préalable à une meilleure durabilité environnementale. En appui à cette démarche, le projet de thèse proposé a pour objectif de développer une méthodologie de prospective économico-environnementale en tant qu'instrument d'aide aux processus de gestion intégrée des zones côtières en s'appuyant sur (1) la caractérisation économique et écologique des zones côtières à l'aide de méthodes de "comptabilité économique régionale verte", (2) la modélisation des systèmes économiques des territoires côtiers et de leur sensibilité aux variations de l'environnement et (3) la simulation de scenarii de gestion permettant des comparaisons en termes d'efficacité, de coûts de mise en œuvre et de bénéfices associés. Cette démarche doit s'inscrire dans une approche d'intégration des connaissances au sein des processus de concertation et de décision en matière de politiques environnementales ou des gestion des ressources exploitées. A ce titre, les mécanismes de gouvernance (cadres juridiques, institutionnels et culturels de la concertation et de la décision) constituent une dimension fondamentale de la pertinence des outils qui seront développées dans la mesure où ils déterminent des aspects aussi divers que les bases normatives de l'action ou la légitimité des acteurs, et en particulier celle de leurs connaissances.
Ce cadre méthodologique comporte notamment le développement de deux matrices Input-output(I-O) vertes (une « supply table » et une « use table »). L'estuaire de la Seine sert d'étude de cas.

Fin des travaux de recherche : 31 Décembre 2011

Zone(s) d'étude(s) :
Région Haute-Normandie

Liste des laboratoires participants à SA4

Universités

Université de Rouen-Caen	UMR CNRS 6143 M2C Morphodynamique Continentale et Côtière	
Université de Rouen	EA 3832 CETAPS Centre d'études des transformations physiques et sportives	
	EA 2260 CARE Centre d'analyse et de recherche en économie	
	EA 1293 ECODIV Etude et compréhension de la biodiversité	
	EA 3234 ADEN Laboratoire de parasitologie expérimentale	
Université de Rouen-Caen-Le Havre	UMR CNRS 6228 IDEES Identité et Différenciation des Espaces, de l'Environnement et des Sociétés	
Université de Caen	EA 2128 IHME Interactions Hôte et Microorganismes des Epithéliums	
	UMR 100 Ifremer/UCBN Physiologie et Ecophysiologie des Mollusques Marins	
Université du Havre	EA 3222 LEMA Laboratoire d'Ecotoxicologie - Milieux Aquatiques	
	FRE 3102 CNRS LOMC – Laboratoire Ondes et Milieux Complexes	
Université Pierre et Marie Curie	UMR CNRS 7619 Sisyphe - Structure et fonctionnement des systèmes hydriques continentaux	
	UMR CNRS 7618 BioEMCo Biogéochimie et écologie des milieux continentaux	
Université du Littoral Côte d'Opale	UMR CNRS 8187 LOG Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences	
Université Catholique de Lille	EA 3609 Environnement et Santé	

Université de Lille	Institut de sociologie et d'anthropologie	
	EA 4110 ER3S Equipe de Recherche Septentrionale en Sciences du Sport	
	UMR CNRS 8187 LOG Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences	
	IMN MESHS USR 3185 Maison Européenne des sciences de l'homme et de la société	
	UMR CNRS 8110 PBDS Laboratoire Processus et Bilans des Domaines Sédimentaires	
Université de Rennes	URU 420 Biodiversité fonctionnelle et gestion des territoires	
Université de Bordeaux	UMR CNRS 5255 ISM LPTC Institut des Sciences Moléculaires Groupe de Physico- ToxicoChimie de l'environnement	
Université de la Méditerranée Aix Marseille 2	EA 3294 « Sport, loisir, santé »	
Université Paul Sabatier, Toulouse	UMR CNRS 5245 ECOLAB Laboratoire d'écologie fonctionnelle	
	UMR CNRS 5563 LMTG Mécanismes et transferts en géologie	
Université de Versailles St-Quentin-en-Yvelines	C3ED DSEM Centre d'Economie et d'Ethique pour l'Environnement et le Développement	
Université Libre de Bruxelles	CEESE Centre d'Etudes Economiques et Sociales de l'Environnement	

Instituts nationaux

CNAM / IntechMer Institut National des Sciences et Techniques de la Mer		
Cemagref Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement	Ecosystèmes estuariens et poissons migrateurs amphihalins	
	Hydrosystèmes et Bioprocédés	
MNHN Museum national d'Histoire Naturelle	Laboratoire Maritime de Dinard	
Conservatoire Botanique National de Bailleul		
Ifremer Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer	BE/Arc Ifremer/Ineris –Biogéochimie et écotoxicologie/Analyse des risques chimiques	
	DYNECO/PHYSED Dynamique de l'environnement côtier Physique Hydrodynamique et Sédimentaire	
	HMNM/RHPEB Halieutique de Manche-Mer du Nord/ Ressources Halieutiques Port-en-Bessin	
	EMH Ecologie et Modèles pour l'halieutique	
	LER Laboratoire Environnement et Ressources/ Environnement Ressources de Normandie	
	BE/LBCM Biogéochimie et écotoxicologie/ Laboratoire Biogéochimie des contaminants organiques	
Ineris Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques	Direction des risques chroniques, ECOT	
IRSN Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire	Laboratoire de Radioécologie de Cherbourg	
INSERM Institut national de la santé et de la recherche médicale	U722 Ecologie et évolution des microorganismes	
CNRS Centre National de la Recherche Scientifique		

Ecoles supérieures

ENSP Ecole Nationale supérieure du paysage de Versailles	LAREP Laboratoire de Recherches de l'Ecole du Paysage	
ENGREF École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts	Recherche en gestion sur les territoires et Environnement	
INRA AgroParisTech Institut scientifique de recherche agronomique	UMR SAD-APT Sciences Actions Développement Activités Produits Territoires	

Associations

Cellule de Suivi du Littoral Normand		
Maison de l'estuaire		
Groupe Ornithologique Normand (GONm)		
GEMEL Groupe d'Étude des Milieux Estuariens et Littoraux		
Port-Vivant		
POSEIDOM		

Bureau d'études, expert indépendant

TOXEM		
Christophe Bessineton (CBe)		

Crédits photos : GIP Seine-Aval
Pour tout renseignement, veuillez contacter la coordination scientifique : cdegremont@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 :