

APPEL A PROJETS 2009 PRESENTATION DU PROJET EN VUE D'EXPERTISE

Cette présentation scientifique doit faire apparaître de manière synthétique :

- les objectifs du projet,
- son intérêt (par rapport à l'état actuel des connaissances ou les besoins de l'économie, les applications éventuelles),
- son caractère novateur,
- la méthodologie utilisée,
- la justification des moyens sollicités,
- Le phasage du projet,
- Le calendrier prévisionnel,
- La répartition des tâches entre les équipes,

Dans ce cadre, vous voudrez bien nous fournir une description détaillée du projet en le replaçant dans son contexte scientifique (sans dépasser 10 pages, hors références et tableaux). Des publications de toutes origines faisant le point sur la question pourront être citées.

Ce document sera envoyé aux experts pour avis.

Projet 2009-2011 – Réseau de recherche littoral aquitain Atelier Gironde

Approche de l'évolution contemporaine (-50 ans à nos jours) de l'estuaire de la Gironde sous modifications des forçages hydro-climatiques et des contraintes anthropiques

Sur le RRLA

Les équipes de recherche aquitaines impliquées dans la thématique du littoral se sont, depuis 5 ans, constituées en un réseau régional et multidisciplinaire coordonné (B. Sautour UMR EPOC), en interface avec les groupes compétents des régions voisines, et en interaction avec des réseaux de plus large échelle (nationale, européenne, internationale).

L'un des objectifs de ce réseau régional est de proposer des projets de recherche intégrés, avec des approches combinant l'excellence disciplinaire et la vision systémique, sur des problématiques de recherche amont ou sur des problématiques à plus court terme en réponse à des questions socio-économiques.

Une des premières actions du réseau a été de proposer un projet de recherche intégré sur le littoral aquitain, en réponse à l'appel d'offres 2006 du Conseil Régional (porteur de projet Philippe Maron). Les 2 axes de recherche de ce projet (dynamique de la côte sableuse et dynamique des contaminants) ont été très bien évalués et largement soutenus. En complément de ces approches des programmes spécifiques adoptant une présentation par site atelier, pour une meilleure lisibilité, ont été développés sur l'Adour, le Bassin d'Arcachon et l'estuaire de la Gironde. Des concertations approfondies avec les services du Conseil Régional, les gestionnaires du milieu et les professionnels concernés, ainsi qu'un contexte socio-économique particulièrement mouvementé sur le Bassin d'Arcachon et porteur de questions nouvelles (problème des crises ostréicoles) ont conduit le réseau à proposer, en réponse à l'appel d'offres 2007 du Conseil Régional, 3 projets ciblés par ateliers géographiques :

- Adour (porteur Valérie Bolliet, INRA/UPPA Anglet)
- Bassin d'Arcachon (porteur Benoît Sautour, EPOC-CNRS/Bordeaux 1)
- Estuaire de la Gironde (porteur Philippe Boet, Cemagref-Cestas)

Les réponses au présent appel d'offre se sont construites avec le même niveau d'interfaçage et de concertation et sont focalisées sur 3 sites ateliers :

- le Littoral sableux Aquitain (porteur Denis Morichon, UPPA Anglet)
- l'estuaire de la Gironde (porteur Aldo Sottolichio, EPOC-CNRS/Bordeaux 1)
- le Bassin d'Arcachon (porteur Benoît Sautour, EPOC-CNRS/Bordeaux 1)

Ces projets seront bien sûr articulés entre eux et coordonnés globalement au niveau du Réseau, grâce à la tenue d'une réunion annuelle commune aux 3 projets, où nous inviterons des représentants de la Région, de la société civile et de nos organismes, ainsi que de réunions scientifiques de travail communes. Par ailleurs un site Web est constitué permettant aux différents projets de disposer d'un outil d'animation (échanges d'information). Ce site permet en outre au public et aux financeurs d'accéder à des métadonnées sur les actions de recherche en cours, sur les acteurs du réseau (compétences, coordonnées) ainsi qu'à des données publiques (données d'observation récurrentes notamment).

**Approche de l'évolution contemporaine (-50 ans à nos jours) de l'estuaire de la Gironde
sous modifications des forçages hydro-climatiques et des contraintes anthropiques**

Avant-propos

La Gironde constitue le plus vaste estuaire ouest-européen et l'unique cas où l'ensemble du cortège des poissons migrateurs est encore conservé. À ce titre, elle est souvent présentée et perçue comme une référence en matière de fonctionnement écologique et d'environnement.

La richesse piscicole y est en effet importante, puisque 75 espèces sont dénombrées, et plus généralement la diversité biologique y est considérée comme proche de l'état « naturel ».

Mais ceci ne doit pourtant pas faire oublier qu'à l'instar de la plupart des écosystèmes estuariens de par le monde, la Gironde est le siège de multiples activités humaines qui engendrent de nombreuses pressions susceptibles de modifier profondément son fonctionnement et de réduire en retour les biens et services offerts « naturellement » par cet écosystème original.

En particulier, des impacts spécifiques augmentent sa vulnérabilité et induisent des dysfonctionnements caractéristiques auxquels on ne peut espérer remédier qu'à condition d'en connaître les processus et les facteurs de contrôle :

- Permanence d'une contamination polymétallique chronique, dont la forme essentiellement particulaire dans le Lot et la Garonne, affecte, par passage en phase dissoute dans les gradients salins, les organismes vivants et les cultures marines de l'estuaire et du littoral côtier de Marennes-Oléron notamment ;
- Importance des apports de matières en suspension (MES), minérales et organiques, engendrant la formation d'un bouchon vaseux entraînant une sous-oxygénation locale, accentuée par les rejets de la Communauté Urbaine de Bordeaux, notamment en période chaude estivale conduisant à une stagnation de ce réacteur turbide en zone amont
- Importance des activités de dragage et de filtration : linéaire élevé des chenaux portuaires girondins, multiplicités des sites portuaires, volumes annuels dragués (8 Mm³) voisins du volume de fret annuel, immersion de l'essentiel des produits de dragage dans l'estuaire lui-même pour des raisons économiques ; volumes d'eau considérables, filtrés tant pour le refroidissement des 4 réacteurs nucléaires en circuit ouvert (10 Mm³ d'eau par jour) que par les activités de pêche, générant d'importantes captures involontaires sur la petite faune circulante.

Dans ce contexte, la Gironde a la chance de bénéficier d'un dispositif de suivi des caractéristiques physico-chimiques, hydrosédimentaires et biologiques depuis près de 30 ans, constituant un ensemble quasi-unique en milieu estuarien. Cet ensemble de chroniques à fréquence mensuelle a été complété dernièrement par la mise en place d'un réseau de mesure physico-chimiques à haute fréquence du système estuarien (4 stations en place et 5 à terme) permettant d'analyser désormais les phénomènes à l'échelle des cycles de marée et des événements particuliers (crues, orages). La connaissance ainsi acquise et les données ainsi recueillies représentent aujourd'hui une richesse inestimable pour mieux comprendre le fonctionnement de cet écosystème extrêmement complexe et tenter de prévoir son avenir et son évolution.

Ces acquis démontrent aussi l'intérêt de l'observation à long terme de ces systèmes écologiques (LTER *long term ecological research*). C'est en effet sur cette seule base que peuvent se déceler les modifications subtiles qui s'inscrivent dans les temps longs, qu'elles soient d'origines naturelle ou anthropique, que certains dénomment « présent invisible » (p. ex. Magnuson 1990), et qui restent imperceptibles sans un recul suffisant.

La communauté scientifique qui s'est constituée progressivement autour de l'estuaire, renforcée de compétences en matière socio-économique, a la volonté de maintenir une approche commune coopérative et de poursuivre ses efforts d'intégration interdisciplinaire, reconnue indispensable pour aborder ces problèmes d'environnement complexes.

Les propositions présentées ci-après pour la période 2009-2011 s'inscrivent donc dans le prolongement de celles proposées précédemment (2007-2008) et elles constituent ainsi les « briques » d'un projet plus vaste de moyen terme, visant une meilleure compréhension du système girondin : « *Fonctionnement, Evolution et Trajectoire de l'Ecosystème Estuarien sous Contraintes Naturelles et Anthropiques* ».

Rappel du cadre conceptuel général

À l'interface entre milieu marin et système fluvial continental, les estuaires ont des fonctions multiples (McLusky 1981) tant au point de vue écologique qu'économique ou social (Costanza *et al.* 1997). De ce fait, ils subissent de nombreuses pressions d'origine anthropique, qui menacent non seulement le devenir des espèces qu'ils abritent, mais réduisent aussi en retour les biens et les services que ces écosystèmes rendent naturellement à la société (Hénocque & Denis 2001). À travers le monde, les estuaires figurent parmi les écosystèmes aquatiques les plus intensivement modifiés et menacés. Pratiquement tous sont fortement affectés d'une manière quelconque par les activités humaines (Blaber *et al.* 2000).

Leur importance écologique est essentiellement liée à la fonction de nurserie qu'ils assurent pour de nombreuses espèces de poissons marins d'intérêt commercial ou patrimonial, au rôle de couloir de migration entre mer et eau douce pour tous les poissons migrateurs, et comme aire de gagnage plus ou moins temporaire d'oiseaux d'eau migrateurs. La seule activité de pêche de ces poissons migrateurs représente en France une économie encore importante, avec un chiffre d'affaires annuel estimé à plus de 62M€ (Castelnaud 2000). C'est pourquoi, avec les autres usages dont ils font l'objet, navigation, tourisme, industrie, la valeur économique des estuaires dépasse de très loin leur étendue relative, au point d'être la plus élevée à l'hectare de tous les écosystèmes au monde (Costanza *et al.* 1997).

Or, dans son rapport de conclusion récent, la mission Allain (2006), comme précédemment Auger & Verrel (1998) dans la conclusion de leur ouvrage de synthèse, souligne le manque de connaissances scientifiques sur le fonctionnement écologique des estuaires, faisant cruellement défaut à l'appui des politiques publiques.

C'est en particulier le cas de la Gironde, soumise comme tous les estuaires à de forts impacts anthropiques et située à la convergence de tous les effets du changement global : évolutions hydro-climatiques, évolution du niveau de la mer, accroissement des températures moyennes, précocité et durée des étiages saisonniers, changement des équilibres salins. Objet de tous les conflits d'usage, pêche, aquaculture, production énergétique, industries, transports maritimes, loisirs, l'importance de son rôle biologique et de son exploitation suppose pourtant une meilleure connaissance de son évolution et des processus impliqués, conduisant à une meilleure compréhension de son fonctionnement qui sont des éléments indispensables à sa gestion raisonnée, dans le cadre d'un développement durable.

En effet, malheureusement, pour ces milieux complexes, les connaissances manquent encore cruellement aujourd'hui pour définir, par exemple, l'état d'un écosystème, l'état d'un peuplement et le relier à la qualité de son milieu. Pourtant la mise en place de la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE 2000), nécessite désormais la construction d'outils d'évaluation opérationnels et scientifiquement fondés le permettant.

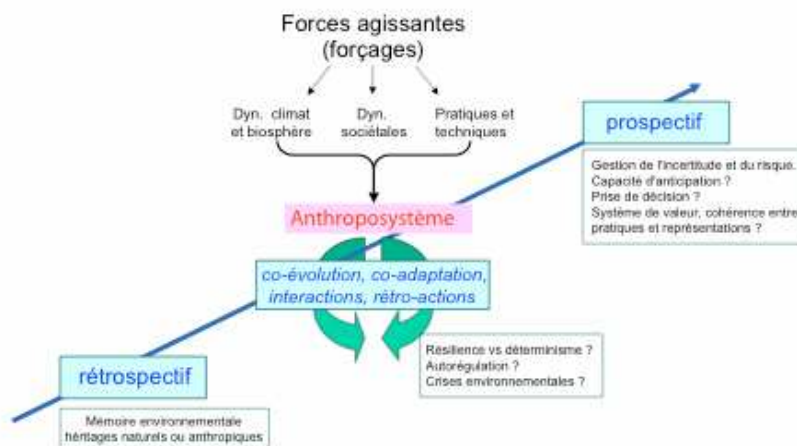


Figure 1. Le concept d'anthroposystème (d'après Lévêque & Van der Leeuw 2002). L'anthroposystème est un système interactif entre deux ensembles constitués par un ou des sociosystème(s), et un ou des écosystème(s) naturel(s) ou artificialisé(s), s'inscrivant dans un espace géographique donné et évoluant avec le temps sous l'effet de facteurs externes et/ou internes au système. Une notion centrale des anthroposystèmes est la question des co-adaptations, interactions, rétroactions entre les sociétés et leur environnement : l'homme agit sur le milieu mais ce dernier en retour structure les sociétés et leurs pratiques. Ces interactions s'inscrivent dans une dynamique temporelle : les anthroposystèmes ont un passé qui marque fortement la situation actuelle ; ils ont un futur qui dépend de l'histoire et des prises de décisions actuelles. La recherche prospective doit permettre d'éclairer le présent et de mieux cerner les enjeux des prises de décisions pour le futur.

Le lien entre les causes de perturbation et les effets observés sur le fonctionnement de l'écosystème n'est pas non plus toujours facilement identifiable, alors que sont très fortes les demandes sociétales concernant les mécanismes impliqués dans ces perturbations, les projections de leur tendance dans l'avenir et l'effet à attendre de leur limitation (p. ex. problématiques liées aux effets des changements climatiques). Cette mise en relation «

pression-état-réponse » est au coeur de la seconde phase dans la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'Eau. La connaissance, l'évaluation et la caractérisation du fonctionnement de l'écosystème estuarien à travers ses différentes composantes et, au-delà, une meilleure compréhension du système écologique dans son ensemble, seraient donc une aide précieuse pour mieux asseoir la décision publique en vue de la gestion durable de la Gironde. Elles doivent permettre de répondre aux exigences nationales et européennes pour atteindre le bon état écologique des masses d'eaux concernées.

Les liens complexes que les estuaires entretiennent avec le littoral, ainsi que leur dépendance du bassin versant amont, les liens complexes entre les forces agissant sur ces systèmes et la satisfaction des fonctions que l'on peut en attendre, rendent indispensable un point de vue global, une approche non seulement écosystémique mais anthroposystémique (Figure 1), prenant en compte les évolutions temporelles et sociales, pour développer des programmes de gestion intégrée, de conservation ou de restauration, dans un contexte où les enjeux d'usage sont tels, que la conservation par espèce ou par service attendu montre ses limites.

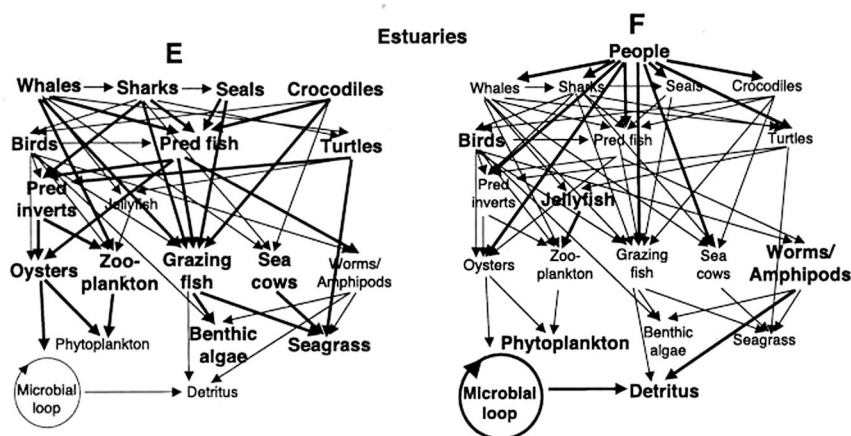


Figure 2. Modifications historiques d'un réseau trophique estuarien (d'après Jackson et al. 2001). La pression de pêche exercée par les sociétés humaines a transformé les équilibres entre les compartiments du réseau trophique conduisant au développement de l'activité de la boucle microbienne et à l'augmentation des détritiques ; on remarque aussi l'abondance des méduses (jellyfish) au détriment de compartiments davantage utilisables par les hommes.

Les forçages naturels et anthropiques font en effet évoluer progressivement l'écosystème en lui imprimant des trajectoires conduisant à des modifications importantes de ses caractéristiques et fonctionnalités écologiques, de l'abondance des ressources exploitables, des disparitions et apparitions d'espèces, pour lesquelles il est difficile de cerner la part des différents facteurs.

Dans le cas de la Gironde par exemple, l'appauvrissement considérable des ressources exploitées par la pêche, la raréfaction d'espèces symboliques, telles que l'esturgeon européen, les changements dans l'équilibre des espèces (disparition d'espèces parmi les plus abondantes il y a 20 ans, comme l'éperlan, apparition de nouvelles espèces, telles que le maigre), l'identification de niveaux de contamination polymétalliques et organiques parmi les plus élevés des estuaires européens pouvant affecter le devenir des espèces et des exploitations, dans l'estuaire comme dans le bassin ostréicole influencé par celui-ci, mettent bien en évidence la vitesse de ces changements. Ceux-ci, et notamment la place croissante prise par l'homme dans l'usage des ressources, modifient les échanges et menacent les édifices comme les économies estuariennes et littorales, comme cela a été mis en évidence dans d'autres systèmes estuariens (Figure 2). Ainsi, loin de constituer un écosystème « stable », pouvant représenter un système estuarien de référence par la diversité des espèces et des fonctions qu'il a pu préserver, la Gironde apparaît davantage aujourd'hui comme un ensemble fragile et en pleine évolution, marqué par des changements importants de ses conditions de fonctionnement, intégrateur des pressions croissantes subies, locales comme globales.

L'étude des interactions qui font évoluer ces ensembles complexes, implique de hiérarchiser les différents facteurs en jeu par des analyses conduites aux différentes échelles, temporelles et spatiales.

Ces questions sont au cœur du présent projet. Il s'agit en effet de renforcer les travaux interdisciplinaires engagés depuis les années 2000 (Programmes Ecobag P1 et P2, Liteau I, PNEC) sur le fonctionnement de l'écosystème Gironde, en examinant son organisation et son évolution, sous l'angle écologique, couplé avec les approches physique, hydro-sédimentaire, bio-géochimique et écotoxicologique en examinant les conséquences de ces évolutions sur les services rendus et les équilibres socio-économiques caractérisant cet espace.

Le projet 2009-2011

Les propositions présentées pour la période 2009-2011 s'inscrivent donc dans le prolongement de celles proposées précédemment (2007-2008). Elles constituent ainsi les « briques » d'un projet plus vaste de moyen

terme, visant une meilleure compréhension du système girondin : « *Fonctionnement, Evolution et Trajectoire de l'Ecosystème Estuarien sous Contraintes Naturelles et Anthropiques* ».

Elles découlent des avancées récentes de la connaissance acquise de ce système complexe et éminemment variable ; elles tiennent compte des verrous encore existants, liés à certains manques de connaissances locales, ainsi qu'aux interrogations persistantes qui demandent à être étudiées davantage ; mais elles s'efforcent de répondre aux préoccupations exprimées par la Région.

Ce projet s'inscrit dans le cadre plus vaste des actions engagées dans d'autres programmes scientifiques comme ECOBAG, LITEAU II et LITEAU III (programme BEEST de comparaison et de collaborations Seine, Loire et Gironde), ÉTIAGE (CUB-Lyonnaise des Eaux sur le comportement du bouchon vaseux et l'oxygénation), EELSCOPE (ANR-VMC relatif à l'Impact éco-toxicologique et économique de la contamination de l'anguille), MARGO (APR Eau & Territoire sur la Gouvernance des zones humides estuariennes), sont en projet (Port autonome de Bordeaux relatif à l'impact du dragage, caractérisation des milieux estuariens avec l'Agence de l'Eau Adour-Garonne), feront l'objet de réponse à des appels d'offres européens (PAI, INTERREG, VII^e PCRD), voire de collaborations internationales (GAGILAU).

La structuration scientifique et l'effort d'interdisciplinarité ainsi entrepris dans le cadre du Réseau de Recherche Littoral Aquitain (RRLA), pour répondre aux souhaits d'une recherche intégrée et finalisée répondant aux préoccupations des gestionnaires exprimés par la Région Aquitaine, constitue donc un réel atout pour répondre aux besoins de connaissance et d'expertise exprimés aux différentes échelles et obtenir une lisibilité nationale et européenne dans les approches estuariennes.

Les actions nouvelles correspondant à ce projet de 3 ans trouvent ainsi leur place et leur cohérence dans une approche d'ensemble, présentant l'intégration progressive de cet ensemble de connaissances nécessaires pour comprendre le fonctionnement et les interactions au sein de ce système complexe.

Intérêt général de l'approche pour la Région

Au regard des objectifs de la Région Aquitaine, il s'agit de fournir des éléments de connaissance pour mieux appuyer les politiques publiques, ainsi que des outils d'aide à la décision en matière d'aménagement et de gestion pour maintenir, et si possible améliorer, le fonctionnement de l'écosystème, donc assurer la pérennité des biens et services rendus naturellement, sans sacrifier les activités qui s'y exercent mais en veillant à les concilier avec les exigences écologiques.

Il s'agit en premier lieu d'aider à préserver un milieu en « bonne santé », doté d'une eau de qualité, garantissant le bon développement de la flore et de la faune aquatiques, fournissant ainsi des habitats nécessaires à l'accomplissement des fonctions vitales des différentes espèces de poissons (reproduction, alimentation, protection, migration), en même temps que des paysages à forte valeur esthétique, favorables au tourisme ; un milieu aquatique sans risque pour la santé humaine, où la baignade est possible, de même que le maintien des activités aquacoles, tout en permettant le maintien de la navigation et du transport fluvial.

L'ambition ultime est l'élaboration d'un outil de prédiction, capable de simuler l'évolution du système, ses trajectoires, en fonction de différents scénarios d'aménagement et de gestion, dans un contexte de changement des forçages hydroclimatiques et des pressions anthropiques.

Enfin, à travers le maintien et le renforcement des activités d'observation sera en outre conservée une capacité d'expertise interdisciplinaire, susceptible d'anticiper et de répondre aux demandes de la collectivité.

Objectifs et articulation entre les thèmes du projet

Dans ce projet, la démarche d'étude consiste à associer deux échelles spatio-temporelles différentes, qui visent à compléter l'état des connaissances actuel de l'estuaire de la Gironde, condition indispensable en vue d'établir une prospective cohérente en relation aux changements climatiques et globaux futurs. L'une des échelles correspond à la vue d'ensemble et à long terme du système estuarien, en continuité avec les projets en cours cités précédemment. L'autre échelle d'étude correspond à une première investigation plus spécifique sur un phénomène naturel localisé et de courte durée, connu mais peu étudié jusqu'ici, tel que le mascaret qui se développe dans la partie fluviale du système. L'étude du mascaret, à caractère exploratoire pourra ultérieurement s'intégrer dans la vision globale et à long terme de l'estuaire, en particulier pour la réflexion des évolutions futures des compartiments amont (Garonne-Dordogne) du système fluvio-estuarien.

Le **premier volet** est l'étude de l'estuaire à **large échelle spatio-temporelle**. Il s'agit d'aborder sous divers angles disciplinaires les évolutions récentes (depuis 50 ans environ) subies par l'estuaire dans sa globalité, en conséquence des variations des forçages physiques, climatiques et anthropiques. Ce volet s'articule autour de quatre actions complémentaires :

1. Réponse hydrosédimentaire du système face aux variabilités des forçages amont-aval. Mise en relation de la morphologie avec la fonctionnalité des habitats.

L'un des questions cruciales pour comprendre l'avenir de l'estuaire et de ses fonctionnalités, est celle des changements hydromorphologiques récents subis sous l'effet des agents naturels et anthropiques. Outre l'intérêt

spécifique en dynamique sédimentaire, il s'agit d'apporter des éléments de compréhension à l'évolution des habitats de poissons de l'estuaire, qui reposent sur les caractéristiques de circulation hydrologique, de morphologie et de nature sédimentaire du milieu.

Cette étude exploitera un modèle hydrosédimentaire 3D validé dans des conditions actuelles, pour explorer des configurations passées, sur des bathymétries anciennes. Le modèle permettra de décrire la circulation estuarienne, ses modifications éventuelles, sa sensibilité aux changements bathymétriques, et les conséquences sur la sédimentation dans l'estuaire. Dans le présent projet, nous demandons un co-financement de Post-doc en modélisation pour mener à bien ce travail.

Les résultats issus de la modélisation pourront alors aider à caractériser les différents types d'habitats et leur utilisation respective par les différents compartiments biologiques constituant l'écosystème estuarien. L'approche biologique s'appuiera sur des chroniques de captures, des analyses statistiques et des représentations cartographiques par SIG.

Ce travail rétrospectif est fondamental avant d'envisager une étude prospective qui explorerait les conséquences des changements climatiques sur les caractéristiques hydromorphologiques de l'estuaire.

2. Evolution de l'écosystème estuarien de la Gironde

Cette action avait été annoncée lors du Projet 2007, mais avait été reportée en raison de la nécessité d'obtenir un financement de thèse, ce qui est demandé dans le Projet actuel.

Outre l'étude du cadre hydromorphologique de l'estuaire (abordé par l'action 1), il convient également de s'intéresser aux évolutions enregistrées dans la colonne d'eau estuarienne, siège des processus fondamentaux pour le fonctionnement écologique de l'estuaire.

Actuellement, l'ensemble des mesures récurrentes réalisées depuis 30 ans en Gironde constitue une base de données pratiquement unique sur les caractéristiques des masses d'eau des grands estuaires européens. L'analyse de cette banque de données doit permettre, grâce i) à la prise en compte d'une grande variété d'échelles temporelles et ii) à l'étude combinée des variations observées des paramètres descripteurs du fonctionnement de l'écosystème (paramètres environnementaux, climatiques), une meilleure caractérisation de l'évolution globale du système et des forçages impliqués.

Il s'agit d'abord de coupler les données hydro-climatiques et biologiques à long terme, avec une synthèse relativement exhaustive du fonctionnement actuel. Ceci est possible grâce aux acquis historiques importants, concernant cet écosystème, ayant fait l'objet de longs suivis d'observations et de surveillance.

Puis, à l'échelle historique, en faisant appel à une expertise et des hypothèses fortes, on tentera de reconstituer le réseau trophique pré-existant, et d'identifier ensuite les éventuelles ruptures et modifications ayant pu entraîner des évolutions fonctionnelles notables.

3. Impact des changements climatiques et anthropiques sur les transferts sédimentaires de contaminants inorganiques et organiques dans l'estuaire de la Gironde

En raison de leur persistance, leur toxicité et leur tendance à s'accumuler dans les tissus vivants, il importe de déterminer la nature et la quantité de polluants stockés dans les sédiments, leur toxicité globale associée ainsi que la capacité de remobilisation de ces polluants dans un contexte de changement climatique global envisagé (étiage prononcé avec des conséquences sur l'état d'oxydation des milieux, augmentation de la récurrence et de l'intensité d'événements extrêmes, montée du niveau marin et remontée vers l'amont de la salinisation...).

L'analyse temporelle couplée des concentrations des polluants organiques et inorganiques vise deux objectifs principaux :

I - Déterminer, par le passé (au moins à l'échelle des 60 dernières années), quelle a été la qualité biogéochimique des particules transitant dans le continuum fluvio-estuarien. Ceci permettra d'identifier de nouveaux polluants (avec leur période d'arrivée), de mettre en évidence des successions de sources dominantes ou de diminution des émissions. Ces paramètres biogéochimiques pourront être mis en relation avec les évolutions hydrosédimentaires de l'estuaire en réponse aux variabilités des forçages amont-aval et avec l'évolution spatio-temporelle de l'écosystème aquatique estuarien (habitats et stocks de poissons) depuis 50-100 ans

II - Evaluer le devenir de ces sédiments. Les sédiments contaminés sont un sujet de forte préoccupation, dans la mesure où une partie des polluants organiques et inorganiques sont temporairement piégés dans le compartiment sédimentaire qui pourraient devenir des sources secondaires de pollution suite à des remobilisations induites par des changements climatiques et/ou anthropiques.

A l'issue de ce projet, nous disposerons d'un état de référence de la qualité de sédiments fluviaux et estuariens, afin de pouvoir, à terme, établir un bilan environnemental et de proposer des guides de gestion adaptés, prenant en compte les conditions hydrologiques et interventions anthropiques. Pour mener à bien ce projet, il est demandé le financement de 12 mois de post-doc.

4. Analyse économique des potentialités de coopération et de conflits entre les agents impliqués dans la gestion et l'usage de l'estuaire de la Gironde

Ce travail s'intéresse aux usages de l'estuaire, par une approche socio-économique. Il vise en particulier la recherche d'un équilibre durable des usages. Dans ce cadre, l'accent sera mis sur les effets de la coopération ainsi que sur ses conditions économiques et institutionnelles.

Cette recherche bénéficiera des coopérations scientifiques qui existent déjà dans les deux programmes cités qui rapprochent l'équipe du Gretha de celles de l'Université Bordeaux I et du Groupement de Bordeaux du *Cemagref*. Une bourse de thèse est demandée dans le cadre de ce travail.

Le **deuxième volet** est une investigation plus spécifique d'un phénomène estuarien à **petite échelle spatio-temporelle**, le mascaret. Il s'agit d'une étude exploratoire d'un phénomène en apparence bien connu, mais en réalité encore peu examiné et compris en détail. Son caractère patrimonial et touristique n'est plus à démontrer ; pour cette raison il est crucial de déterminer ses caractéristiques, ainsi que son impact immédiat sur le fonctionnement de l'estuaire. Ce projet s'appuie sur une étude fondamentale des processus physiques associés à la propagation du mascaret, à laquelle sont associées des études pluridisciplinaires visant à identifier l'impact de cette onde sur divers compartiments estuariens.

1. Conditions d'existence du mascaret

On sait de manière générale que le mascaret se forme lors des marées de vives-eaux, et lorsque les fleuves sont en régime de bas débit (étiage). Cependant, on ne dispose pas d'une connaissance précise des conditions de formation, ce qui permettrait de le prévoir avec exactitude, ou encore de savoir si son existence a évolué au cours du temps. Cette action entend exploiter différents enregistrements de la marée dans les fleuves, disponibles depuis une trentaine d'années. Ces enregistrements seront corrélés aux chroniques de débit fluvial afin de parvenir à une caractérisation la plus précise possible des conditions d'apparition du mascaret en Dordogne et en Garonne.

2. Processus hydro-sédimentaires associés à la propagation du mascaret

Cette action s'intéresse de manière plus fondamentale à la physique du mascaret en tant qu'onde instationnaire. En effet, il s'agit d'un phénomène propagatif rapide, transitoire, extrêmement difficile à mesurer et à modéliser et encore mal connu par la communauté scientifique. Cette action combine 3 approches.

La première concerne la caractérisation expérimentale et théorique de la propagation du mascaret. L'objectif de cette partie du projet est de décrire pour la première fois, en associant des mesures *in situ* à la modélisation de type Boussinesq, la dynamique du ressaut ondulé en translation associé à la propagation de la marée. Pour ce projet sont nécessaires des moyens de calcul conséquents ainsi qu'une vaste campagne de mesures de terrain. C'est pourquoi nous associons à ce projet une demande conséquente de co-financement d'équipement, ainsi que le financement d'une allocation post-doctorale en appui des campagnes de mesure.

La deuxième approche concerne l'étude numérique et expérimentale fine des processus turbulents associés au passage du mascaret. Grâce à une modélisation sophistiquée de type diphasique, on cherchera à décrire très précisément le comportement de la surface libre, ainsi que la structure de l'écoulement (co-financement de thèse demandé). Par ailleurs, l'exploitation de mesures *in situ* permettra de décrire le comportement du mascaret dans deux configurations : le mascaret déferlant et le mascaret ondulé. En particulier, il s'agira de comprendre les spécificités de ces deux mascarets, d'étudier la structuration de l'écoulement en mettant l'accent sur la génération des structures tourbillonnaires, le champ de pression et les contraintes générées au fond

Enfin, une troisième approche, basée principalement sur les mesures *in situ*, s'intéressera à l'impact du mascaret sur les fonds sédimentaires. On cherchera, par des mesures de turbidité et d'altimétrie sédimentaire, à déterminer la capacité du mascaret à remettre en suspension les sédiments déposés au fond et sur les berges, ainsi qu'à déterminer l'importance des flux sédimentaires engendrés par son passage. Une demande d'équipement en sondes hydrosédimentaires est associée à cette action.

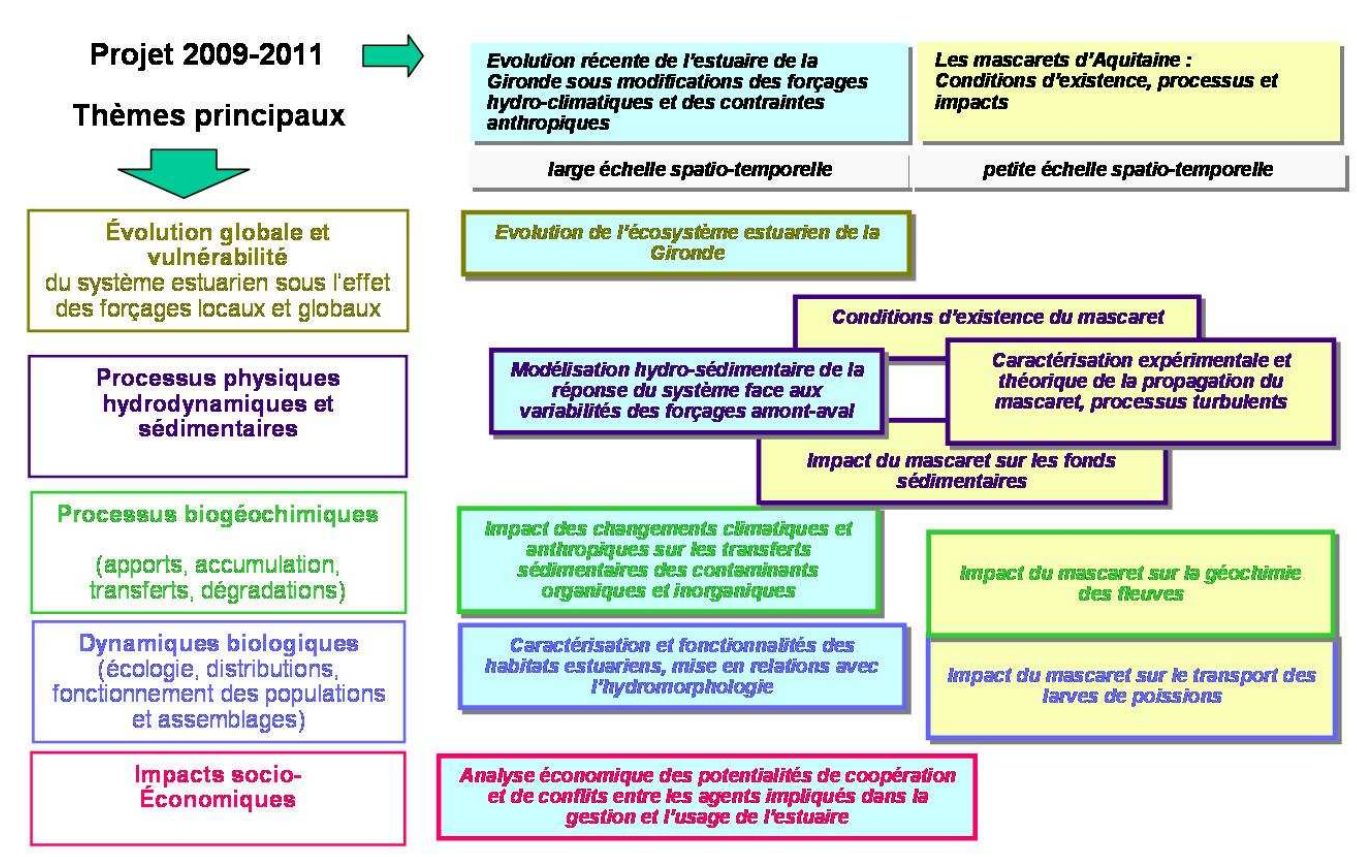
3. Impact du mascaret sur la géochimie des fleuves

Ce point concerne l'étude de l'impact du mascaret sur les cycles bio-géochimiques des éléments traces métalliques (ETM). Il implique un défi important en termes de techniques et stratégies de prélèvement car il faudra prélever simultanément à différentes profondeurs et pendant un certain temps (avant, pendant et après l'évènement) pour voir l'effet du mascaret (allocation post-doctorale de 6 mois demandée). Les résultats existants et attendus seront couplés avec les mesures physiques pour établir/renforcer la compréhension quantitative de l'effet des courants et du mascaret sur les cycles estuariens des éléments traces.

4. Effet du mascaret sur la dispersion des larves de poissons

Il s'agit ici d'une étude de faisabilité des échantillonnages, afin de pouvoir contrôler l'utilisation du mascaret par les larves de poissons. L'absence d'étude sur les potentialités d'utilisation du mascaret pour les larves de poissons implique aussi une absence de méthode pour l'échantillonnage mais aussi des doutes sur la faisabilité de réalisation des pêches dans des conditions particulièrement difficiles. Si l'expérience est concluante du point de vue méthodologique, un projet de plus grande envergure pourrait être conduit pour comprendre en quoi le mascaret contribue au fonctionnement écologique de l'estuaire par l'exportation vers l'amont de biomasse d'origine marine.

L'ensemble des actions s'insère dans un projet global qui couvre un large spectre de thèmes étroitement liés et interdépendants, à des échelles de temps et d'espace complémentaires.



En annexe sont présentés en détail les 2 Volets du projet, en incluant les demandes de soutien financier correspondantes.

Volet 1

Evolution récente de l'estuaire de la Gironde sous modifications des forçages hydro-climatiques et des contraintes anthropiques

Coordinateurs : P. Boët, A. Sottolichio et B. Sautour

1. Contexte scientifique et objectifs généraux
2. Projet de recherche
 - 2.1. Etude de la réponse hydrosédimentaire du système estuarien aux variabilités des forçages amont/aval
 - 2.2. Evolution de l'écosystème estuarien Gironde
 - 2.3. Impact des changements climatiques et anthropiques sur les transferts sédimentaires de contaminants inorganiques et organiques
 - 2.4. Analyse économique des potentialités de coopération et de conflits entre les agents impliqués dans la gestion et l'usage de l'estuaire
3. Calendrier général
4. Bilan des moyens demandés
 - 4.1. Personnels
 - 4.2. Equipement
 - 4.3. Fonctionnement
5. Personnel impliqué
6. Références bibliographiques générales

1. Contexte scientifique et objectifs généraux

L'objectif scientifique général de cette action vise à caractériser l'évolution à long terme des écosystèmes littoraux et ses conséquences actuelles, en se focalisant sur l'estuaire de la Gironde, notamment en raison des fortes pressions anthropiques qui s'y exercent et du besoin de gestion inhérent.

Soumis à d'importantes modifications environnementales (récepteurs des pollutions amont) et à de nombreuses activités anthropiques (navigation, tourisme, pêche), les systèmes estuariens constituent en effet un enjeu écologique majeur nécessitant d'être abordé à différentes échelles, temporelles et spatiales, (Townend 2002, Sanger et al. 2004, Weber et al. 2004), auxquelles correspondent différents niveaux d'organisation biologique (Allen 2002, Peterson 2000, Levin 2000).

En particulier, dans le cas de la Gironde (Figure 3), sont observées des modifications sensibles des conditions d'environnement (morphologiques, hydro-climatiques et chimiques), d'origine « naturelle » (réchauffement global), ainsi qu'anthropique (chenalisation et dragages du Port Autonome de Bordeaux, prélèvements et rejets du Centre Nucléaire de Production d'Électricité du Blayais, rejets de la Communauté Urbaine de Bordeaux et de la plateforme industrielle d'Ambès, apports xénobiotiques du bassin versant amont – Cd notamment –).

Cette approche sur le long terme, couplée à une synthèse relativement exhaustive du fonctionnement actuel est possible pour l'écosystème de l'estuaire de la Gironde car les acquis historiques concernant cet écosystème sont importants : suivis d'observation et de surveillance depuis 1978 (Cemagref, UMR EPOC, SOMLIT4), nombreuses thèses (Cemagref, UMR EPOC) et nombreux programmes régionaux, nationaux et européens (P1 et P2 du GIS ECOBAG, LITEAU, JEEP, MAST, ...).

Ce volet se décline en 4 parties complémentaires, qui abordent successivement :

- les évolutions morphologiques et les conséquences sur les phénomènes sédimentaires à l'échelle de l'estuaire, ainsi que les fonctionnalités des habitats écologiques ;
- l'impact des forçages climatiques et anthropiques passés sur l'évolution à long terme des caractéristiques physico-chimiques des masses d'eau l'estuaire de la Gironde ;
- l'impact de ces mêmes forages sur la contamination inorganique et organique ;
- l'approche socio-économique de la gestion des conflits et usages de l'estuaire.

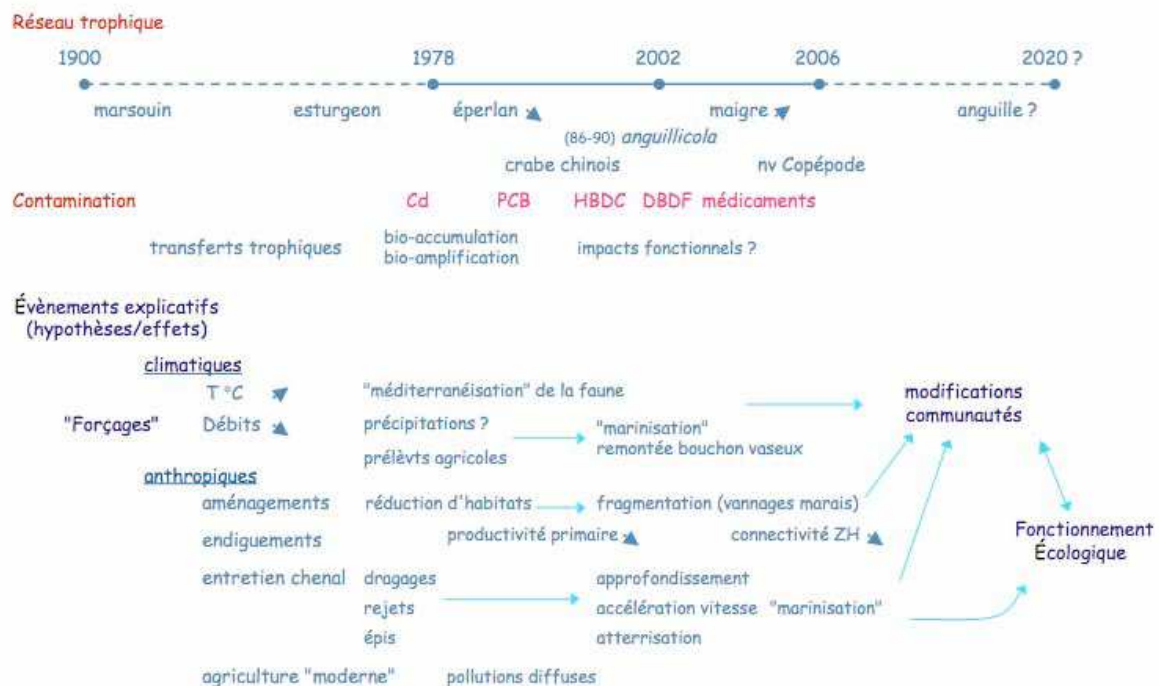


Figure 3. Schéma de l'évolution de la structure et du fonctionnement de la Gironde. Ce sont ces différents évènements que l'on tenterait de documenter plus en détail, démarrant ainsi la constitution d'un corpus commun de connaissances, visant à co-construire une représentation partagée de l'évolution passée de l'estuaire et une vision commune du futur possible.

2. Projet de recherche

2.1 Etude par modèle de la réponse du « système » estuarien Gironde aux variabilités des forçages amont/aval. Mise en relation de la morphologie avec la fonctionnalité des habitats

Responsables : A. Sottolichio, P. Boët, P. Le Hir (Ifremer Brest)

Contexte

La connaissance de la dynamique hydro-sédimentaire d'un estuaire est cruciale pour comprendre son état et son évolution géomorphologique. De cette géomorphologie dépendront les grands processus biogéochimiques et écologiques, mais aussi des fonctionnalités environnementales, et notamment la fonctionnalité des habitats. Le travail proposé ici est à la croisée des disciplines telles que l'hydro-sédimentologie et l'écologie des poissons. Un des objectifs est de mieux comprendre et mieux gérer les phénomènes hydromorphologiques dans l'estuaire. Mais cet objectif s'inscrit également dans une perspective de contribution au développement d'une ingénierie écologique visant à restaurer la fonctionnalité des milieux estuariens, notamment au regard des communautés piscicoles. Bien que principalement centré sur l'habitat subaquatique, cette action s'intéressera également aux zones humides riveraines connexes.

Du point de vue hydromorphologique et sédimentologique, l'estuaire de la Gironde a été, dans les années 60 et 70, l'estuaire français le plus étudié, et certainement l'un des mieux connus au monde (Nichols et Biggs, 1985). Cependant, vingt ans plus tard, la hiérarchie de l'état des connaissances des systèmes français s'était inversée (Jouanneau et Latouche, 1993), notamment en raison des nombreux programmes lancés dans les autres grands estuaires français qui ont intégré des études hydrosédimentaires conséquentes (Piren et Seine Aval en Seine, CSEEL, APEEL, etc. en Loire).

Les évolutions morphologiques de l'estuaire de la Gironde ont fait l'objet de plusieurs investigations dans les années 70 (Migniot, 1971 ; Allen, 1972 ; Allen et al., 1979 ; Castaing 1981). Elles ont permis de dresser un état des lieux de cette évolution, en distinguant l'évolution naturelle à l'échelle géologique récente, puis l'évolution historique.

Du point de vue géologique récent, l'estuaire se comble progressivement depuis 5000 ans (Castaing, 1981). Le début du comblement sédimentaire coïncide avec la stabilisation du niveau marin à une valeur proche de l'actuel, après une période de remontée consécutive au dernier épisode glaciaire (- 18 000 ans). Ce comblement, dû en grande partie à l'accumulation de sédiments fluviaux, procède de l'amont vers l'aval en provoquant un mouvement de progradation à l'intérieur de l'estuaire.

Dans ce contexte climatique, des périodes historiques plus récentes ont pu être étudiées (Allen et al., 1979), et en particulier les intervalles 1825-1874 et 1925-1973. Ceux-ci correspondent à des périodes caractérisées respectivement par peu d'aménagements et des aménagements importants. Entre ces deux périodes la sédimentation a évolué de manière significative. Avant les aménagements, malgré une tendance générale à la progradation vers l'aval, la sédimentation s'échelonnait tout au long de l'estuaire. La période 1925-1973 montre en revanche une sédimentation concentrée dans la partie aval, ce qui reflète l'action hydraulique des aménagements qui ont favorisé la migration du bouchon vaseux et des zones de dépôt vers l'aval.

Depuis les travaux d'Allen et al. (1979) les tendances postérieures à 1973 n'ont pas été étudiées. A l'heure actuelle il est largement reconnu que le régime d'étiage des fleuves s'est intensifié depuis les années 90, et même avant, ce qui a provoqué un stationnement prolongé du bouchon vaseux en amont de l'estuaire durant les mois d'été. Ceci a entraîné a priori une concentration des dépôts en amont de l'estuaire. Cependant, aucune corrélation objective n'a été établie entre ces constatations et les évolutions morphologiques long terme dans l'estuaire.

Par ailleurs, des cartes des fonds sédimentaires ont été établies dans les années 60 (Allen, 1972), puis elles ont été actualisées récemment en 2000 (projet européen SWAMMIE) sans que l'on puisse expliquer les modifications observées dans la nature des sédiments entre ces deux périodes, et sans que l'on ait accès à des situations intermédiaires.

Dans le cadre du Projet URM13 (collaboration Ifremer-Bordeaux 1) et du projet Liteau 1, le modèle SiAM 3D développé par l'Ifremer (Brenon et Le Hir, 1999) a été appliqué à l'estuaire de la Gironde (Sottolichio et al., 2001). Le modèle simule les courants de marée, les gradients de salinité et le transport de sédiments fins en suspension, en tenant compte des principaux processus sédimentaires (érosion, dépôt, consolidation, floculation). Dans un premier temps, le modèle a été utilisé pour comprendre et hiérarchiser les mécanismes qui participent à la formation du bouchon vaseux en Gironde (Sottolichio et al., 2001). Plus récemment, il a permis de simuler quelques scénarios actuels liés l'hydrodynamique saisonnière des débits fluviaux (Benaouda, 2008), et notamment le transfert des suspensions de l'amont vers l'aval lors des crues hivernales.

Ce modèle peut à présent permettre de reconstituer la circulation estuarienne dans une configuration passée afin d'en étudier les caractéristiques (Bertin et Chaumillon, 2005). Ceci est possible à condition qu'on puisse y intégrer une bathymétrie ancienne fiable, et à condition que des données marégraphiques contemporaines aux bathymétries existent pour calibrer et valider le modèle. Ceci est le cas dans l'estuaire de la Gironde depuis le début du XX^{ème} siècle, et davantage à partir des années 50, grâce aux activités de mesures marégraphiques et de surveillance bathymétrique du Port Autonome de Bordeaux (désormais le Grand Port Maritime de Bordeaux). Une démarche de modélisation analogue est déjà menée dans l'estuaire de la Seine dans le cadre du GIP SA (projet « Aquarel »). En Seine, les aménagements ont été plus importants qu'en Gironde dans les dernières décennies, et les modifications morphologiques ont été drastiques. Dans l'estuaire de la Gironde ceci est moins le cas, les aménagements ont été moins importants après 1925, année de la construction de la digue de Valeyrac. Pour ces raisons, il est possible que les modifications de la circulation estuarienne soient peu marquées dans les simulations numériques. C'est pourquoi on veillera à choisir des situations qui mettent en lumière des changements morphologiques suffisamment importants pour être répercutés sur les processus sédimentaires dans le modèle. A contrario,

Objectifs

Les objectifs de cette action sont de mieux comprendre l'hydromorphologie récente (depuis 50 ans) et actuelle de l'estuaire, ainsi que de relier son évolution aux changements de fonctionnalités des habitats écologiques du système. Ils se déclinent en 3 axes majeurs :

i) Evaluation de l'évolution morphologique de l'estuaire

L'objectif est d'identifier clairement les changements survenus aux fonds de l'estuaire depuis une cinquantaine d'années, afin d'identifier les zones en érosion et en sédimentation et leurs variations au cours des années. Il s'agit ensuite de comparer les tendances à celles mises en évidence par les travaux antérieurs (Allen, 1972) et de les corréliser aux changements majeurs des forçages climatiques et anthropiques des 50 dernières années : régime des débits fluviaux, régime des tempêtes, aménagements.

i) Sensibilité des processus hydrosédimentaires aux variabilités des forçages amont-aval

L'objectif est d'étudier par modèle la sensibilité du système estuarien aux changements bathymétriques constatés depuis une cinquantaine d'années. Le travail de modélisation sera fait autour de 2 ou 3 configurations, après

validation de la propagation de la marée pour des bathymétries anciennes à l'aide des marégrammes de la même époque.

Des tests de sensibilité au paramétrage sédimentaire seront également réalisés, de façon à permettre une estimation des incertitudes des résultats de la modélisation.

Cette étude de sensibilité doit permettre d'évaluer la vulnérabilité du système estuarien à un certain nombre de changements importants, climatiques ou anthropiques, à des échelles de temps de quelques années. Les variables diagnostiques du modèle qui seront analysées sont la propagation de la marée (phases, amplitudes) et donc les niveaux de plus hautes eaux (conjonctions crues / pleine mer de vive eau), la distribution des salinités (et donc la limite de remontée des eaux saumâtres), la distribution des MES (en particulier le positionnement du bouchon vaseux), et les dépôts de vase.

ii) Fonctionnalité des habitats estuariens et évolution des communautés de poissons

L'objectif est de caractériser la structure de la mosaïque des différents types d'habitats afin de mieux comprendre leur contribution et leur utilisation respectives par les différents compartiments biologiques constituant les écosystèmes estuariens.

Les travaux s'appuieront sur les données historiques (p. ex. Laporte 1853) et les chroniques de captures acquises par le Cemagref au cours des suivis réalisés depuis près de 30 ans sur la Gironde, lesquelles seront croisées avec les cartographies issues de la modélisation hydro-sédimentaire (bathymétrie, nature des substrats, vitesse des écoulements...) au moyen des outils d'analyses statistiques, de représentation et d'analyses spatiales (SIG). Ils viseront en particulier à l'évaluation fonctionnelle des milieux estuariens.

Seront ensuite analysés en détail les changements observés dans la composition des assemblages de poissons estuariens (Delpech, 2007, Delpech et al. *soumis*) au regard de l'évolution des principales caractéristiques hydro-morphologiques des habitats et des variations hydro-climatiques (débit et température).

Une telle connaissance sera bientôt nécessaire pour répondre aux besoins futurs en matière de préservation et de restauration qui s'exprimeront dans le cadre des programmes de surveillance et de mesures de gestion prévus par la DCE.

Méthodologie

- compilation et analyse comparée de bathymétries anciennes de l'estuaire

Il s'agira tout d'abord d'inventorier des cartes bathymétriques existantes et numérisables (accès du données du Grand Port Maritime de Bordeaux, ancien Port Autonome de Bordeaux). On choisira celles qui correspondent à de situations consécutives à des changements majeurs (aménagement, changement de la climatologie et/ou de l'hydrométrie fluviale)

- modélisation hydro-sédimentaire

On se propose de mettre en œuvre le modèle SiAM3D existant de la Gironde, avec double adaptation : introduction d'un compartiment sableux dans le sédiment (Waeles et al., 2007), et prise en compte schématique des vagues responsables de remises en suspension dans l'estuaire externe, voire dans le secteur aval des îles (mais sans modélisation fine des vagues). Si les tests le révèlent nécessaire, le glissement latéral de la crème de vase depuis les rives vers le(s) chenal sera introduit, paramétré en fonction de la pente du fond.

Il n'y aura pas a priori d'investigation sur les couplages morphodynamiques (jugés négligeables aux échelles spatiales (mailles > 300 m x 1000 m) et aux échelles temporelles considérées (une à quelques années), par contre la mobilité des stocks vaseux sera étudiée sur plusieurs années, de façon à caractériser la distribution des sédiments fins en fonction de successions plausibles d'années hydrologiques représentatives (année sèche, année humide...), et de climats de houle contrastés.

Le travail fournira des informations alimentant les réflexions au sein du projet LITEAU III BEEST relatif au « bon état » des estuaires, sera un écho au projet similaire « Aquarel » sur l'estuaire de la Seine, et pourra servir de base physique et hydrologique pour une modélisation « en aval » de la qualité physico-chimique de l'estuaire et des transferts de contaminants.

- croisement des résultats du modèle et des chroniques de capture du Cemagref ; analyse des changements observés dans la composition des assemblages de poissons estuariens au regard de l'évolution des principales caractéristiques hydro-morphologiques des habitats et des variations hydro-climatiques

Calendrier prévisionnel

Année 1

- Inventaire des données cartographiques et bathymétriques, numérisation et comparaison (6 mois)

- Adaptations du modèle : environ 6 mois, post-doc à Brest (lab. DYNECO/PHYSED de l'Ifremer)

Année 2

- Exploitation du modèle : environ 12 mois à (post-doc à Bordeaux-EPOC)

Année 3

- Croisement des données hydromorphologiques avec les chroniques de capture du Cemagref

Personnel impliqué

Aldo Sottolichio, MC, EPOC

Patrice Castaing, Professeur, UMR EPOC

1 Post-doc en modélisation hydrosédimentaire, EPOC et Ifremer Brest

Philippe Boët, DR, Cemagref ECOSEMA

Pierre Élie, DR, Cemagref ECOSEMA

Anaïs Just, IE (CDD), Cemagref ECOSEMA

Michel Girardin, Cemagref ECOSEMA

Alain Lechêne, IAE, Cemagref ECOSEMA

Mario Lepage, IE, Cemagref ECOSEMA

Collaborations extérieures

Pierre Le Hir, CR, Ifremer Brest

Julien Mas, Grand Port Maritime de Bordeaux

Demande financière

- 12 mois de post-doc (sur 24) en modélisation hydro-sédimentaire (les autres 12 mois de Post-doc seront demandés au MEDDAT dans le cadre d'un projet Liteau en 2009).

Ce post-doc doit permettre d'apporter des adaptations au modèle SiAM3D Gironde (en particulier en développant le module de transport de sable et en incluant l'effet des vagues à l'embouchure), et ensuite en participant à l'exploitation du modèle

- soutien à l'achat d'un ordinateur PC de calcul (1000 €)

NB : Les dépenses du Cemagref engendrées par cette action seront prises en charge au titre de la convention entre le Cemagref de Bordeaux et le Conseil Régional d'Aquitaine dans le cadre du Contrat de Projet Etat-Région Aquitaine.

2.2. Évolution à long terme de l'écosystème de l'estuaire de la Gironde

Responsable : B. Sautour

Contexte

La connaissance du fonctionnement des écosystèmes, et donc la mise en évidence d'outils permettant leur gestion, ne peut se faire qu'en prenant en compte différentes échelles spatio-temporelles. Beaucoup d'études écologiques des écosystèmes marins et côtiers ont été réalisées à des échelles de temps relativement courtes avec des pas de temps variables en fonction des problématiques.

En océanographie côtière, à l'heure actuelle, il apparaît nécessaire d'améliorer la résolution de l'étude des processus en ayant des stratégies à haute fréquence et en parallèle en obtenant des informations sur le long terme. Ces suivis sur le long terme doivent permettre de caractériser l'évolution de paramètres à grande échelle en les reliant à des changements globaux et permettre de dissocier cette tendance de modifications aléatoires à plus petite échelle (impact anthropique par exemple). Outre les informations que peuvent offrir de telles séries sur d'éventuelles modifications des écosystèmes, ces suivis peuvent également permettre de mieux comprendre l'influence des paramètres environnementaux sur les communautés zooplanctoniques (Le-Fevre-Lehoerff et al., 1995 ; Beaugrand et al., 2000 ; Li et al., 2000). À l'échelle pluriannuelle, les écosystèmes côtiers subissent des changements significatifs de leurs communautés zooplanctoniques dus à (i) des changements naturels : le réchauffement global (Beaugrand et al., 2003), les fluctuations climatiques (Oscillation Nord Atlantique, Fromentin et Planque, 1996) et/ou (ii) des influences anthropiques : l'eutrophisation, susceptible de modifier totalement la communauté zooplanctonique en place (Irvine et al., 1993), la surpêche qui peut conduire à une surabondance des espèces proies (Gucu, 2002), l'implantation de centrales nucléaires qui peuvent provoquer une augmentation locale de la température de l'eau et donc agir sur le cycle saisonnier des espèces (Bamber et Seaby, 2004),

l'introduction d'espèces exotiques qui peuvent s'avérer invasives (espèces nocives) pour la communauté en place (Bollens et al., 2002).

Peu de travaux sur l'évolution à long terme des écosystèmes estuariens ont été réalisés, malgré le caractère fortement anthropisé de ceux-ci. En effet, ce type de travail nécessite l'existence de suivis pluriannuels récurrents. Dans l'estuaire de la Gironde, de nombreux travaux (suivis récurrents et programmes de recherche) ont été réalisés afin de caractériser le fonctionnement de l'écosystème et les interactions avec les milieux marin et continental à des échelles de temps variées. L'ensemble de ces travaux a été effectué grâce à l'effort soutenu d'acquisition de données de la part de différents organismes (UMR EPOC, Cemagref, IFREMER) depuis les années 70-80.

Actuellement, l'ensemble des données récurrentes acquises depuis 30 ans constitue une base de données pratiquement unique sur les caractéristiques des masses d'eau estuariennes. L'analyse de cette banque de données doit permettre, grâce i) à la prise en compte d'une grande variété d'échelles temporelles et ii) à l'étude combinée des variations observées des paramètres descripteurs du fonctionnement de l'écosystème (paramètres environnementaux, climatiques), une meilleure caractérisation de l'évolution globale du système et des forçages impliqués.

Cette approche repose notamment sur les études faites au sein de l'UMR EPOC sur certains paramètres descripteurs de compartiments de l'écosystème (température, matières en suspension, oxygène, zooplancton) pour lesquels des évolutions notables ont été mises en évidence à l'échelle des 30 dernières années. Un réchauffement d'une partie significative des eaux de l'estuaire a ainsi été mis en évidence (David, 2006), sans que pour l'instant la part de cette évolution liée aux activités anthropiques au sein de l'estuaire ou au réchauffement climatique (Beaugrand et al, 2000) ait pu être faite. De la même manière, une marinisation progressive du système et une remontée du bouchon vaseux est observée (David, 2006), ainsi que d'importantes modifications des communautés planctoniques (David et al, 2006a et 2006b).

L'originalité de cette proposition par rapport aux études mentionnées ci-dessus consiste à décrire et analyser l'évolution (conjointe ou non) de l'ensemble des paramètres caractéristiques du fonctionnement de l'écosystème, de manière à avoir une approche et une description globale :

- de l'évolution de cet écosystème estuarien sur les 30 dernières années,
- de la part relative des forçages impliqués.

Objectifs

Les objectifs spécifiques de cette proposition sont donc, en utilisant le jeu de données existant et les données complémentaires issues de différents organismes (Météo France, IEEB, IFREMER) et programmes :

- d'identifier les variations ; de caractériser ces variations en s'appuyant sur un cadre d'observation interrégional, voire national (ex : SOMLIT), permettant d'aborder les phénomènes à de plus grandes échelles et assurant l'interfaçage de ces activités avec d'autres activités de même type conduites par ailleurs ;
- de proposer un « état de référence » de l'écosystème à cette échelle de temps ;
- de mettre en relation les modifications de l'écosystème et les modifications climatiques et/ou anthropiques locales ;
- d'affiner les hypothèses concernant les forçages impliqués (liaison avec la gestion de l'écosystème).

Matériels, méthodes et échéancier

La première année sera essentiellement consacrée à l'identification des séries existantes et à leur interfaçage de manière à constituer une base de données homogène, susceptible d'être analysée.

Cette base de données comprendra en outre les données concernant les paramètres descripteurs du fonctionnement de l'écosystème acquis pour certains depuis 1978 sur un gradient de salinité dans l'estuaire (vitesses de courant, température, salinité, Oxygène, pH, sels nutritifs, matériel particulaire, plancton et macrofaune = 17 paramètres), ainsi que des paramètres descripteurs des forçages potentiels (débits, données météo, aménagements de la navigation, ...). Ces données seront issues de bases de données existantes (DOMINO5, SOMLIT, METEO France) ou non.

La base de données sera ensuite travaillée de manière à être régularisée (données manquantes) et éventuellement de manière à la simplifier.

L'analyse de séries chronologiques existantes sera ensuite effectuée (année 2), afin de caractériser les tendances d'évolution des différents compartiments pris en compte. Les objectifs principaux sont de :

- déterminer les données à utiliser dans les séries existantes permettant de représenter au mieux les différentes évolutions plausibles de l'estuaire (ex : quelle série de salinité parmi celles disponibles doit on utiliser pour caractériser une éventuelle marinisation de l'écosystème ? données aval ? amont ? de fond ? de surface ?) ;
- dégager et hiérarchiser les différentes sources de variabilité identifiables (travaux de F. Ibanez et de G. Beaugrand) ;
- dégager une "année type" pour la période considérée (30 ans) pour les différents paramètres ;
- caractériser les tendances observées sur la série temporelle.

Les années suivantes (deuxième et troisième) seront consacrées :

- i) à l'analyse conjointe des différentes tendances caractérisées de manière à pouvoir :

- dégager un schéma global d'évolution du système sur les 30 dernières années,
 - caractériser la situation actuelle à partir de cette évolution,
- ii) ainsi qu'à l'identification des forçages impliqués dans ces variations (climatique : lien avec la NAO ? / anthropique local) et si possible à l'identification des parts relatives de ces forçages dans les variations observées.

Résultats attendus

Il s'agit en premier lieu de construire une représentation partagée de l'état passé de la Gironde et une vision commune du futur possible.

À terme, c'est l'horizon pré-industriel qui serait visé (≈1850), mais le raisonnement portera d'abord de façon réaliste sur les 30 dernières années qui sont documentées, tandis que l'avenir sera envisagé sur une prospective à 20 ans environ.

À travers cette action, sera donc démarrée la constitution d'un corpus commun.

Les rapprochements avec les disciplines socio-économiques seront recherchés, par exemple pour retracer les grandes évolutions économiques de Gironde : transport bois, transport Airbus ; énergie thermique (centrale d'Ambès), énergie nucléaire (Blayais) ; pollutions, rejets CUB, etc.

Calendrier prévisionnel

Année 1

- Interfaçage des banques de données nécessaires (UMR EPOC, Météo, débits, etc...)

Année 2

- Analyse des séries temporelles

Année 3

- Interprétation des tendances
- Identification des forçages

Personnel impliqué

L'ensemble de ce travail se fera en collaboration étroite entre les chercheurs de différentes équipes de recherche de l'UMR EPOC et du Cemagref ayant développé une première approche, dans leurs disciplines respectives, concernant l'évolution à long terme de l'écosystème estuarien :

B. Sautour (UMR EPOC plancton)

G. Bachelet et M. Leconte (UMR EPOC Macrofaune benthique)

H. Etcheber et N. Savoye (UMR EPOC Matières en suspension)

P. Castaing (UMR EPOC Sédimentologie estuarienne)

A. Sottolichio (UMR EPOC Hydrodynamique sédimentaire)

M. Lepage, M. Girardin, P. Elie, Ph. Boët (Cemagref Macrofaune pélagique)

Collaborations extérieures

G. Beaugrand (UMR ELICO : traitement de données),

J-Y. Quintin (IFREMER : Expertise surveillance de l'écosystème estuaire de la Gironde).

Programmes et Service d'Observation de rattachement

Programme LITEAU BEEST

Service d'Observation en Milieu Littoral (SOMLIT, INSU)

ETIAGE

Liens avec les autres actions

Action collective et fédérative regroupant les savoirs et connaissances des scientifiques intervenant autour de l'estuaire, tant en sciences de la vie et de l'univers, qu'en sciences humaines et sociales.

Demande financière

Une demi-bourse de thèse est demandée dans ce projet, lequel se fera à l'interface entre les différents spécialistes de l'écosystème et les spécialistes des outils nécessaires (statistiques notamment) à la réalisation de cette approche.

Le co-financement de la bourse de thèse est assuré par des fonds propres (contrats) EPOC-Univ. Bordeaux 1.

2.3. Impact des changements climatiques et anthropiques sur les transferts sédimentaires de contaminants inorganiques et organiques dans l'estuaire de la Gironde

Responsables : A. Coynel, H. Budzinski, G. Blanc

Contexte

Les estuaires, aux interfaces entre milieux marins et systèmes fluviaux, constituent des environnements aux intérêts primordiaux (écologiques, économiques, ...) qui sont soumis, sous la pression des activités anthropiques (minières, industrielles, agricoles et urbaines), à des pollutions historiques et/ou progressives en contaminants chimiques (HAP, PCB, pesticides, métaux/métalloïdes). L'estuaire de la Gironde n'est pas épargné et subit également de nombreuses pressions anthropiques qui menacent l'état de ses populations de poissons migrateurs et plus généralement son écosystème. En effet, les métaux/métalloïdes cadmium (Cd), cuivre (Cu), mercure (Hg) et arsenic (As), polluants inorganiques très toxiques pour les écosystèmes, montrent des teneurs actuelles anormalement fortes dans les sédiments des rivières du Bassin Adour-Garonne (e.g. 10-300 fois le bruit de fond naturel pour Cd et Hg ; Audry et al., 2004a ; Castelle et al., 2007). De plus, des études récentes ont mis en évidence un niveau de contamination par les HAP, PCB et pesticides (e.g. Budzinski et al., 1997 ; Tapie, 2006). Il a été notamment mis en évidence une contamination des poissons par les PCB spécialement quand on s'intéresse à certaines espèces comme l'anguille. Cette contamination pourrait trouver son origine dans le stock sédimentaire en PCB accumulés au cours des dernières décennies.

L'acidification et le réchauffement océanique, la remontée vers l'amont des influences salines dans l'estuaire, les remises en suspension naturelles ou artificielles des sédiments auront des conséquences majeures sur les facteurs de contrôle (pH, oxygène, température) agissant sur la dynamique des polluants, elle-même en interaction avec l'écosystème. Afin d'évaluer l'impact des changements climatiques et/ou anthropiques futurs sur les transferts sédimentaires de contaminants organiques et inorganiques, il est primordial (i) d'établir un état de référence actuel des teneurs en polluants organiques et inorganiques, (ii) de pouvoir comparer cet état de référence avec des données passées pour évaluer l'ampleur des modifications et analyser les facteurs de contrôle et les impacts des variations temporelles des polluants sur la biota, afin de (iii) prévoir/modéliser leurs évolutions. L'élaboration de modèles empiriques d'estimation des flux de polluants nécessite des séries temporelles de données couvrant plusieurs décennies pour être représentative des variations interannuelles de l'hydrologie des bassins versants du système estuarien de la Gironde. Or, les suivis hydrogéochimiques sont quasi-inexistants pour les polluants organiques (Tapie, 2006) et s'inscrivent uniquement sur le moyen terme (échelle de la décennie) pour les métaux/métalloïdes (Masson et al., 2006).

L'analyse géochimique d'enregistrements sédimentaires issus de carottage représente un bon moyen de reconstitution de la qualité géochimique passée (>60 ans) des particules véhiculées par la Garonne via l'estuaire de la Gironde. L'analyse de la distribution verticale des concentrations en métaux d'une carotte sédimentaire prélevée en 2001 dans la retenue de Cajarc sur le Lot (en aval de la jonction avec le Riou Mort) a montré un fort gradient des concentrations en Cd, Zn, Cu, Pb, As et Hg atteignant de très fortes concentrations en profondeur (e.g. pour Cd et Hg des valeurs 300 fois supérieures à celles du bruit de fond naturel ; Audry et al., 2004a ; Castelle et al., 2007). Cette distribution verticale a pu être corrélée avec l'évolution temporelle du site industriel dans le bassin du Riou Mort.

En raison de leur persistance, leur toxicité et leur tendance à s'accumuler dans les tissus vivants, il importe de déterminer la nature et la quantité de polluants stockés dans les sédiments, leur toxicité globale associée ainsi que la capacité de remobilisation de ces polluants dans un contexte de changement climatique global envisagé (étaie prononcé avec des conséquences sur l'état d'oxydation des milieux, augmentation de la récurrence et de l'intensité d'événements extrêmes, montée du niveau marin et remontée vers l'amont de la salinisation...).

Objectifs

L'analyse temporelle couplée des concentrations des polluants organiques et inorganiques vise deux objectifs principaux :

I - Déterminer, par le passé (au moins à l'échelle des 60 dernières années), quelle a été la qualité biogéochimique des particules transitant dans le continuum fluvio-estuarien. Ceci permettra d'identifier de nouveaux polluants (avec leur période d'arrivée), de mettre en évidence des successions de sources dominantes ou de diminution des émissions. Ces paramètres biogéochimiques pourront être mis en relation avec les évolutions hydrosédimentaires de l'estuaire en réponse aux variabilités des forçages amont-aval et avec l'évolution spatio-temporelle de l'écosystème aquatique estuarien (habitats et stocks de poissons) depuis 50-100 ans. L'analyse conjointe des polluants organiques et inorganiques permettra de cibler les polluants majeurs ayant des répercussions sur la biota.

II - Evaluer le devenir de ces sédiments. Les sédiments contaminés sont un sujet de forte préoccupation, dans la mesure où une partie des polluants organiques et inorganiques sont temporairement piégés dans le compartiment sédimentaire qui pourraient devenir des sources secondaires de pollution suite à des remobilisations induites par des changements climatiques et/ou anthropiques.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons décidé d'étudier, en parallèle, une carotte de sédiments fluviaux et une carotte de sédiments estuariens et de comparer nos résultats avec ceux précédemment acquis sur certains métaux à plus faible résolution mais à une échelle régionale (Grousset et al., 1999 ; Alfonso, 2000).

Méthodologie et programme de travail proposé

- identifier les zones susceptibles de fournir des enregistrements sédimentaires uniques des conditions naturelles présidant dans le bassin de la Gironde ainsi que de la modification de ces conditions due aux activités anthropiques directes ou indirectes

Ces archives doivent couvrir des périodes de temps suffisamment longues tout en permettant une résolution d'échantillonnage satisfaisante par des taux de sédimentation relativement importants. Ce projet vise à prélever deux carottes sédimentaires afin d'analyser l'évolution temporelle des teneurs en polluants organiques (PCB, HAP, pesticides, ...) et inorganiques (métaux/métalloïdes) en milieu fluvial et estuarien :

- la première carotte sera prélevée dans la réserve naturelle de l'Etang de la Mazière, ancien méandre de la Garonne, situé après la confluence entre le Lot et la Garonne. Cette zone est alimentée lors des crues de la Garonne et a déjà fait l'objet d'une étude sur les variations des teneurs en métaux et sur la composition isotopique de Pb permettant l'identification des sources de Pb anthropique (thèse S. Alfonso, 2000). Notre choix s'est porté sur cette zone, car l'étude précédente, à plus faible résolution, avait mis néanmoins en évidence que tous les échantillons, depuis 150 ans, montraient un excès en Pb due à une unique source dont les variations des teneurs et de la composition isotopique suivaient l'évolution du fonctionnement de l'usine d'exploitation de Zn, Vieille Montagne (Alfonso, 2000); les activités de cette usine ont été partiellement enregistrées également dans le bassin à flot de la ville de Bordeaux (Grousset et al., 1999).

- des variations dans la répartition verticale (= historique) des concentrations en métaux et métalloïdes devraient être également observées dans l'estuaire de la Gironde au niveau de lieux propices à la sédimentation des particules essentiellement apportées par les eaux fluviales et donc faiblement transformés par les processus estuariens. Cette deuxième carotte sera prélevée dans l'Anse de Macau. En effet, pour faciliter l'entretien naturel du chenal de navigation, l'Etat fit exécuter en 1862 dans l'Estuaire de la Gironde, la réalisation d'une digue longitudinale reliant Macau à l'amont de l'île Cazeau, favorisant ainsi le piégeage de sédiments. La réalisation d'une brèche dans la digue transversale de Macau, destinée à assurer le passage des poissons migrateurs et notamment les salmonidés peut constituer une première étape dans la remise en état naturel du bras mort. Néanmoins, avant un éventuel élargissement de l'ouverture, il est nécessaire de caractériser la qualité des sédiments anciens qui pourraient être remobilisés et générer des impacts sur la biota.

- déterminer la vitesse de sédimentation en vue de la datation des sédiments

Une approche indirecte pour déterminer la vitesse de sédimentation consiste à utiliser plusieurs radioéléments de périodes et de sources différentes, dont l'intérêt majeur est d'avoir un terme source bien contraint et de donner accès au paramètre temps de part leur décroissance radioactive (Appleby, 2008). Outre un apport atmosphérique, le radio-isotope naturel ^{210}Pb ($t_{1/2} = 22.2$ ans) est produit dans la colonne d'eau de façon continue par décroissance radioactive de son père radioactif, ^{226}Ra , et est rapidement entraîné sur les particules. Une fois déposé à l'interface eau-sédiment, ce ^{210}Pb en excès décroît avec la profondeur dans les sédiments en fonction de sa période radioactive et de la vitesse de sédimentation. Les profils de $^{210}\text{Pb}_{\text{xs}}$ dans les sédiments permettent ainsi d'estimer les taux de sédimentation à l'échelle de temps du siècle. Ces estimations peuvent être comparées avec celles dérivées du ^{137}Cs ($t_{1/2} = 30$ ans), un radio-isotope artificiel qui a une fonction d'entrée pulsée: -essais nucléaires atmosphériques (début 1950) – accident de Tchernobyl (1986 ; Audry et al., 2004a). De même, le cosmonucléide ^7Be ($t_{1/2} = 53.3$ jours) permet de tracer les flux particuliers à l'interface eau-sédiment à l'échelle du mois (Schmidt et al., 2007a/b).

Comme ces radioéléments sont émetteurs gamma, il est donc possible de les mesurer dans les sédiments à partir d'un même comptage gamma. Leur combinaison permet de valider les estimations de taux de sédimentation. Une fois ces derniers établis, il est possible de dater les différents horizons.

- déterminer la distribution temporelle des teneurs en polluants organiques et inorganiques dans les niveaux sédimentaires chronologiquement recalés.

Dans les sédiments fluvio-estuariens, les gradients verticaux des concentrations s'expriment généralement à l'échelle centimétrique. Aussi, apparaît-il indispensable d'utiliser : (i) un carottier interface permettant un échantillonnage non perturbé des premiers centimètres ainsi que l'interface eau/sédiment et (ii) un carottier-tube pour la récupération des niveaux sédimentaires plus profonds (anciens). L'échantillonnage des carottes et le conditionnement des différents échantillons devront se faire dans des conditions d'échantillonnage très contrôlées pour éviter toutes contaminations à la fois en polluants organiques et inorganiques ainsi qu'en oxygène. Sur une même carotte, il sera possible d'extraire les eaux interstitielles par centrifugation en vue de la mesure de composants dissous inorganiques, de récupérer la fraction solide pour analyser les concentrations en polluants, en carbone organique et soufre et acquérir des informations sédimentologiques (e.g. porosité, granulométrie, minéralogie). Pour cela, l'eau surnageante sera extraite par centrifugation et la colonne sédimentaire sera découpée en tranches horizontales tous les 0.5 cm dans les premiers centimètres, puis 1 cm, 2.5 cm et 5 cm successivement vers le fond de la carotte pour la carotte de Mazière. Pour la carotte estuarienne, la résolution sera probablement de l'ordre de 2-5 cm compte tenu des taux de sédimentation très importants. Pour préserver leur intégrité, les niveaux sédimentaires seront rapidement conditionnés et/ou lyophilisés selon des protocoles différents qui sont spécifiques pour l'analyse de la fraction organique (cf. demande Equipement d'un préparateur d'échantillons) ou pour l'analyse des métaux/métalloïdes (cf. demande Equipement d'un lyophilisateur).

Les concentrations totales des éléments traces dans la phase dissoute ($<0,2\mu\text{m}$), les attaques totales (digestions triacide, HCl-HNO₃-HF) seront dosées par des techniques performantes et adaptées (e.g. ICP-MS, GF-AAS, AFS...).

Les contaminants organiques persistantes et stables traceurs des activités industrielles, agricoles et urbaines passées, tels que les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), les Polychlorobiphényles (PCB), les Pesticides organo-chlorés (OCP), Polybromobiphényles (PBP), Polybromodiphényléthers (PBDE) ainsi que d'autres retardateurs de flamme tels que l'hexabromocyclododécane (HBCD) et les bisphénols bromés (le TBBP-A en particulier) seront recherchés dans les différents échantillons de sédiments après lyophilisation, broyage et extraction par solvant sous pression.

Nous envisageons de poursuivre le développement de traceurs géochimiques (e.g. rapports élémentaires), permettant de tracer des sources et de caractériser les transformations des métaux et métalloïdes dans les cycles estuariens (Masson et al., 2006). Cette approche pourrait être complétée, dans la mesure du possible, par des dosages des rapports isotopiques (Pb, Zn, Cu) dans des échantillons sélectionnés. Le fractionnement isotopique pourrait être un excellent traceur de sources et transferts naturels et anthropiques à développer. Nous envisageons également quelques essais d'isotopie moléculaire sur les HAP (sur les échantillons les plus caractéristiques et les plus intéressants) de façon à améliorer les diagnostics de source concernant ces composés. En effet le couplage de l'approche moléculaire et isotopique est reconnu pour le HAP comme un potentiel bon outil de « source assessment » (Mazéas et Budzinski, 2001a et b, 2002). Ainsi nous analyserons les extraits par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse de rapports isotopiques (GC/IRMS).

La compréhension du transfert, de l'accumulation et du devenir des métaux d'origine anthropique dans les réservoirs géologiques est et sera de plus en plus nécessaire pour évaluer les risques pour les écosystèmes et sur la santé humaine. Cette compréhension nécessite l'estimation des quantités dans le compartiment sédimentaire mais également la connaissance des processus bio-géochimiques de remobilisation (Audry et al., 2006), la détermination des formes chimiques : spéciation et la bio-disponibilité des contaminants.

- étudier la spéciation des métaux/métalloïdes particulières pour déterminer leur potentiel de remobilisation

Bien que la spéciation des métaux dans les milieux naturels soit abondamment discutée dans la littérature scientifique, les méthodes d'évaluation *in situ* des concentrations en métal libre restent délicates à mettre en œuvre et à interpréter (Tipping et al., 2002 ; Town et Filella, 2000). L'étude des fractions solides par extractions en parallèle et séquentielle avec au préalable, séparation granulométrie et magnétique et tri minéralogique ont pour objectif d'optimiser la sélectivité des attaques et d'identifier les phases porteuses anthropiques et naturelles de métaux. Malgré leurs performances limitées, les extractions sélectives restent une excellente méthode pour étudier la spéciation des métaux particulières et évaluer leur mobilité et biodisponibilité dans l'environnement (e.g. Tessier et Campbell, 1991 ; Quevauviller, 1998 ; Rosenberg et Ariese, 2001, Chaillou et al., 2002 ; Audry et al., 2007). Par exemple, l'extraction à HCl permet de déterminer la fraction potentiellement biodisponible.

Cette approche sera complétée par des études de caractérisations des phases minéralogiques que nous ferons en collaboration avec des collègues de laboratoires possédant les équipements nécessaires (Limoges, Toulouse, Strasbourg, Karlsruhe).

L'étude de la spéciation des contaminants est primordiale car les sédiments sont susceptibles d'être remobilisés lors de crues exceptionnelles (ex. décembre 2003 ; Coynel et al., 2007) ou de travaux d'aménagement (dragage, construction d'écluse, entretien du chenal de navigation, Audry et al., 2004b...). A l'heure où une remédiation ambitieuse du site industriel d'Umicore est en cours de réalisation, les sédiments temporairement stockés constituent une source secondaire importante de polluants. La mise en évidence de cette contribution relance la question à long terme des stocks sédimentaires contaminés des retenues de barrages, et ce, dans un contexte de changement climatique et d'augmentation de la fréquence des événements hydrologiques forts. De même, au niveau estuarien, la remise en suspension naturelle et anthropique des sédiments de surface estuariens (à priori moins contaminées que les sédiments historiques) contribue de manière significative à la mobilisation de métaux dans le réacteur biogéochimique estuarien (Robert, 2003 ; Robert et al., 2004 ; Audry et al., 2006 ; Audry et al., 2007). Par conséquent, en cas de remobilisation, les sédiments profonds estuariens potentiellement fortement contaminés seraient susceptibles de se transformer en sources secondaires importantes d'ETM pour l'estuaire.

- étudier la toxicité des sédiments

Les sédiments aquatiques se comportent comme des pièges à polluants. Ils peuvent à ce titre représenter un réservoir à polluants qui peuvent dans certaines circonstances être remobilisés et faire peser un risque sur les écosystèmes aquatiques. Il importe donc de déterminer outre la nature et la quantité de polluants stockés dans ces sédiments, la toxicité globale associée. Une des difficultés rencontrées pour une évaluation correcte de l'état de contamination de ces sédiments provient du caractère multi-contaminants (multi-sources, multi-classes chimiques). En effet, en mettant en œuvre une analyse chimique, il est nécessaire pour obtenir de bonnes performances en termes de sensibilité et de spécificité, d'effectuer des choix et de cibler les composés à analyser (analyses orientées), ce qui peut donc conduire à passer à côté de composés majoritaires et toxiques si on ne les a pas pré-sélectionnés. De plus, les coûts analytiques limitent fortement le nombre de substances étudiées.

Pour pallier ces limites, il apparaît intéressant de se tourner vers une évaluation biologique des effets potentiels, en utilisant les bio-essais. En effet les bio-essais, dont certains sont spécifiques de mécanismes d'action, peuvent être plus rapides, plus économiques et surtout plus pertinents pour évaluer la toxicité potentielle globale des cocktails de substances réellement présentes dans l'environnement. La combinaison de tests de toxicité non spécifiques (cytotoxicité, toxicité aiguë) et spécifiques d'un mode d'action déterminé (génotoxicité, perturbation endocrinienne, neurotoxicité ...) peut s'avérer pertinente tant pour la quantification que pour l'identification de composés toxiques dans le milieu (e.g. équivalents-toxiques à l'aide de tests cellulaires avec gènes rapporteurs) (Eggen et Segner, 2003). De plus, les bio-essais sont particulièrement adaptés à la recherche des fractions toxiques obtenues à partir des extraits chimiques totaux et donc à la recherche et à l'identification des principales substances chimiques contribuant aux effets toxiques (Houtman et al., 2007).

Ce travail a donc pour objectifs d'optimiser les conditions d'utilisation de tests existants pour permettre une mesure fiable et précise de la toxicité des polluants présents dans les sédiments. Ce travail n'a pas pour ambition d'évaluer les conséquences potentielles pour les écosystèmes aquatiques mais uniquement d'évaluer le niveau de toxicité et définir la nature des substances toxiques présentes dans les sédiments selon les effets mis en évidence. La stratégie privilégiée est l'utilisation de tests standardisés (Microtox®, DR et ER-CALUX® et le SOS Chromotest) qui ont déjà été largement validés aussi bien pour la mesure de la toxicité de composés purs que celle de mélanges complexes de polluants. Ces tests diffèrent par leur sensibilité et la nature des réponses mesurées, en les combinant on peut espérer augmenter la gamme des composés toxiques détectés et abaisser le seuil de détection de la toxicité. Néanmoins compte tenu de la très grande variété des substances potentiellement présentes dans les milieux aquatiques ou dans les rejets industriels, nous avons fait le choix de cibler notre analyse sur les composés CMR (cancérogènes, mutagènes, reprotoxiques) qui sont bien représentés en milieu aquatique et qui font peser un risque à long terme sur les biocénoses aquatiques (Cachot et al., 2006). Ainsi ce projet doit permettre de dresser un bilan de la toxicité des sédiments de l'estuaire de la Gironde dans une approche rétrospective en mettant en œuvre une approche multi-essais. Les résultats de toxicité seront interprétés en lien avec les données de contamination chimique acquises par ailleurs.

A l'issue de ce projet, nous disposerons d'un état de référence de la qualité de sédiments fluviaux et estuariens, afin de pouvoir, à terme, établir un bilan environnemental et de proposer des guides de gestion adaptés, prenant en compte les conditions hydrologiques et interventions anthropiques.

Les travaux prévus nécessitent l'application d'une grande variété de matériel et méthodes techniques et scientifiques :

- Bibliographie et cartes
- Carottage, découpe, centrifugation
- Mesures physico-chimiques (électrodes)
- Granulométrie et datation

- Traitement des échantillons au laboratoire par lyophilisation (demande équipement : lyophilisateur)
- Analyses géochimiques des éléments majeurs et éléments traces/ultra-traces.
- Analyses des contaminants organiques persistants (HAP, PCB, PBDE, OCP)

Les méthodes analytiques appliquées seront celles déjà classiquement utilisées au laboratoire UMR 5805 EPOC. Toutefois, de nouveaux protocoles de couplage (e.g. HPLC-ICP/MS, HPLC-UV-Spectrométrie de Fluorescence Atomique) seront également mis en place.

- Des méthodes d'attaques sélectives des phases porteuses particulières et la séparation des phases organique/inorganique dissoutes seront développées.
- Présentation et interprétation des résultats

Les méthodes analytiques appliquées pour l'étude des contaminants organiques seront celles déjà classiquement utilisées au laboratoire UMR 5255 ISM, LPTC pour l'analyse des contaminants organiques tels que les Polychlorobiphényles (plus de 20 composés), les Polybromodiphényléthers (une dizaine de congénères), les pesticides organo-chlorés (une dizaine de composés : lindane, HCB, famille des DDT, dieldrin...) et les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (plus de 30 composés dont les 16 HAP EPA). Des procédures d'extraction par fluide pressurisé combinée pour l'ensemble des ces 4 classes de contaminants ont été développées (extracteur ASE). Les analyses seront effectuées par GC/ECD, GC/MS et GC/MS/MS de façon à identifier et quantifier les composés ciblés. Les quantifications seront effectuées par étalonnage interne. Pour certains échantillons sélectionnés dans un second temps des analyses par GC/IRMS sont prévues de façon à étudier la composition isotopique moléculaire (12C/13C) des HAP.

Une partie des extraits organiques seront évalués quant à leur toxicité en utilisant différents biotests (Microtox®, SOS chromotest, ER- et DR-Calux®). La sélection des extraits se fera sur la base des résultats préliminaires de contamination de façon à sélectionner un nombre raisonnable d'échantillons à traiter. Les analyses de toxicité se font de façon semi-automatique à l'aide de lecteurs micro-plaques

Personnel impliqué

Univ. Bordeaux 1 UMR EPOC

A. COYNEL, Enseignant chercheur, a.coynel@epoc.u-bordeaux1.fr, 20%
 G. BLANC, Enseignant chercheur, g.blanc@epoc.u-bordeaux1.fr, 10%
 J. SCHÄFER, Enseignant chercheur, j.schaefer@epoc.u-bordeaux1.fr, 10%
 S. SCHMIDT, Chercheur, s.schmidt@epoc.u-bordeaux1.fr, 5%
 C. BOSSY, Ingénieur, c.bossy@epoc.u-bordeaux1.fr, 15%
 H. DERRIENNIC, Technicien, h.derriennic@epoc.u-bordeaux1.fr, 10%
 G. OGGIAN, Technicien, g.oggian@epoc.u-bordeaux1.fr, 5%
 Post-doctorant à recruter, 100%

Univ. Bordeaux 1 UMR ISM,

H. BUDZINSKI, Chercheur, h.budzinski@ism.u-bordeaux1.fr, 10%
 J. CACHOT, Enseignant chercheur, j.cachot@ism.u-bordeaux1.fr, 10%
 E. PARLANTI, Chercheur, e.parlanti@ism.u-bordeaux1.fr, 5%
 K. LE MENACH, Ingénieur, k.lernenach@ism.u-bordeaux1.fr, 10%
 S. AUGAGNEUR, Ingénieur, s.augagneur@ism.u-bordeaux1.fr, 5%
 L. PELUHET, Technicien, l.peluhet@ism.u-bordeaux1.fr, 15%
 M.H DEVIER, Enseignant chercheur, mh.devier@ism.u-bordeaux1.fr, 10%

Cellule de transfert GEOTRANSFERT

E. MANEUX, Ingénieur, e.maneux@epoc.u-bordeaux1.fr

Calendrier prévisionnel

- début 2010 : campagnes de carottage
- 2010-2011 : analyses et interprétation

Moyens demandés

- 12 mois de post-doc demandé pour la deuxième année du projet.
- soutien à l'équipement
- 1 ordinateur PC 60% de 1000 €
- Kit de conditionnement des sédiments pour analyses chimiques : voyageur azote liquide, lyophilisateur EPOC/GEMA) 60% de 9 000 €

- Préparateur d'échantillons pour analyses organiques traces (LPTC) 60% de 14 400 €
- Reconcentrateur multi-poste (LPTC) 60% de 7 200 €

2.4. Analyse économique des potentialités de coopération et de conflits entre les agents impliqués dans la gestion et l'usage de l'estuaire de la Gironde

Responsables : P. Point, S. Ferrari

Contexte

Ce projet s'inscrit comme un pont conceptuel et appliqué visant à approfondir et relier des recherches menées dans le cadre d'un projet ANR « Vulnérabilité, milieux, climats » (VMC 2007) intitulé : *Eco-toxicological and Economical Liability of eel exposed to Seasonal and global Change-induced O2-depletion and Pollution in Estuaries* (EEL-scope) et dans le cadre du projet Eau & Territoire « MARGO : Gouvernance des zones humides estuariennes, fonctionnalités environnementales, flux financiers et économiques. L'exemple de l'estuaire de la Gironde ».

Ces deux investigations concernent donc l'estuaire de la Gironde. Elles correspondent à deux angles d'attaque différents, d'une même problématique : celle de la recherche d'un équilibre durable des usages.

Dans le cadre du travail proposé, l'accent sera mis sur les effets de la coopération sur l'espace des solutions et sur les conditions économiques et institutionnelles de cette coopération.

Cette recherche bénéficiera des coopérations scientifiques qui existent déjà dans les deux programmes cités qui rapprochent l'équipe du Gretha de celles de l'Université Bordeaux I et du Groupement de Bordeaux du Cemagref.

Objectifs

Le concept de gouvernance aujourd'hui très en vogue consacre le passage à un mode de régulation qui ne repose pas exclusivement sur les mécanismes du marché, ni sur les interventions de l'État, mais qui s'appuie également sur la société civile.

Le développement de telles procédures de gestion publique plus ouvertes et plus innovantes dans le cadre de l'environnement répondrait à plusieurs objectifs¹ :

- Gérer la confiance et l'accessibilité,
- Gérer la pluralité des acteurs et des intérêts,
- Gérer l'incertitude et la complexité,
- Gérer les rapports de force.

Cette participation est réputée apporter légitimité, efficacité, efficience et soutenabilité dans le processus de décision (Healey 1998, Holmes, Scoones 2000). On peut rappeler ici le travail plus général de P. Nutt (2002), démontrant à partir d'un large corpus de décisions stratégiques comment la non prise en compte des intérêts et de l'information détenue par des parties prenantes clefs ont conduit à l'échec.

S'il y a consensus sur le principe de faire appel à un ensemble complexe d'institutions et d'acteurs qui n'appartiennent pas tous à la sphère du gouvernement et sur les vertus que l'on peut en attendre, rien ne nous est dit sur la procédure d'identification des intérêts non gouvernementaux qui doivent se trouver à la table de discussion.

Le projet s'attachera à la définition et à l'identification des acteurs et parties prenantes dans la gestion de l'écosystème. Les typologies tirées de la littérature (Freeman 1984, Bryson 1995, Jones, Wicks 1999) trouvent-elles leur pertinence dans le contexte estuarien ?

Les possibilités de coopération reposent sur une relative convergence dans l'appréciation de l'état de l'écosystème estuarien et des impacts liés aux différentes formes d'usage (Ferrari & Point 2003, Point 1999, 2003).

Les investigations porteront sur la perception de l'état écologique de l'estuaire par les différents acteurs impliqués. Y a-t-il un consensus sur l'importance des impacts attachés aux activités et aux aménagements ? Une première difficulté dans la mise en œuvre de politiques efficaces peut en effet tenir à des divergences sur l'ampleur des phénomènes et sur leurs causes. Nous explorerons cette question sur la base d'un questionnaire administré auprès d'acteurs, usagers, ou responsables de la gestion, des espaces et des services estuariens.

Plus qu'à la valeur patrimoniale totale de l'estuaire, qui économiquement n'a pas beaucoup de sens, c'est à la variation de valeur liée à certains usages que nous nous intéresserons. Ces usages, à travers l'altération des diverses fonctionnalités vont impacter d'autres activités et d'autres usages du patrimoine estuarien. Le coût d'opportunité peut s'évaluer par rapport à ce à quoi il faut renoncer aujourd'hui, mais aussi demain. Comment

¹ Cf. Antoine Goxe (2007)

approcher cette valeur d'option ? Par ailleurs, le dommage généré par un acteur dépend en général des niveaux d'activité d'autres acteurs. Comment déterminer le partage des dommages ? On explorera les possibilités de se référer à diverses axiomatiques. Quelles perspectives offre par exemple l'axiome de distributivité introduit par Moulin et Shenker (1992) dans un contexte différent (partage des coûts fixes) ? On travaillera également sur les possibilités de transfert, à travers des méta-analyses des bénéfices associés aux différentes fonctionnalités pour leurs niveaux actuels et potentiels.

Enfin, le travail s'attachera à la recherche de l'équilibre des usages à travers l'étude des potentialités de coopération et de conflits entre certains agents autour de la gestion de ressources communes. Quel rôle joue le niveau de pollution dans la recherche d'un équilibre de coopération ? On illustrera le propos à partir de l'exercice de la pêche professionnelle. L'estuaire de la Gironde est fréquenté par des poissons amphihalins, c'est-à-dire, dont le cycle de développement se déroule en partie en eau douce et en partie en mer. Durant leur migration, les populations subissent un prélèvement selon une succession de pêcheries. Chaque pêcherie affecte le stock disponible pour la pêcherie suivante et donc sa performance potentielle. Ainsi, l'aloise se reproduit en rivière, se nourrit en haute mer et revient sur la partie moyenne de l'axe fluvial pour la phase de reproduction. Si les pêcheries sont contrôlées par une autorité unique (cf. COGEPOMI), il y a deux options de base pour la gestion : chaque gestionnaire de pêcherie peut soit rendre maximum le rendement de sa pêcherie, soit coopérer avec les autres pêcheries pour rendre maximum le profit net global et négocier la part qui lui revient. Dans la solution coopérative, les pêcheurs négocient le montant de poisson qu'ils prélèvent (et ainsi celui qu'ils laissent disponible). Quand le recrutement n'est pas aléatoire, il peut être décidé de l'adhésion au protocole sur la base du stock disponible au début de la période de pêche (Laukkanen 2003). Les équilibres et la possibilité de coopérer peuvent se trouver largement affectés par les actions d'autres acteurs économiques. On s'attachera ici à l'impact direct et indirect de la centrale nucléaire du Blayais qui, lors du refroidissement des circuits par pompage de l'eau dans l'estuaire prélève des quantités significatives d'alevins. On intégrera également l'impact plus diffus lié à la pollution.

Personnel impliqué

Les chercheurs appartiennent à deux laboratoires bordelais.

GREThA UMR 5113

POINT Patrick, DR CNRS, point@u-bordeaux4.fr, 20%

FERRARI Sylvie, MCF HDR, sylvie.ferrari@u-bordeaux4.fr, 40%

MALFAIT Jean-Jacques, MCF, malfait@u-bordeaux4.fr, 20%

LAVAUD Sébastien, IE, Lavaud@u-bordeaux4.fr, 40%

Doctorant à recruter, 100%

IE CDD, 100%

Vacataire enquêteur, 100%

ADER Cemagref

RAMBONILAZA Mbolatiana, CR, 10%

BOCHET Christophe, IE, 20%

Post-Doc, 100%

Moyens demandés

La demande concerne le financement à 100% d'une bourse de thèse pour mener à bien ce travail.

3. Calendrier général

En cours de validation

Action	coordinateur	Année 1	Année 2	Année 3
Etude par modèle de la réponse du « système » estuarien Gironde aux variabilités des forçages amont/aval. Mise en relation de la morphologie avec la fonctionnalité des habitats	Aldo Sottolichio, Philippe Boët	- Compilation données cartographiques - Adaptations du modèle - Mise en place SIG avec chroniques de capture	- Validation et exploitation du modèle, simulation de scénarios passés - Etudes évolution des habitats	- Mise en relation des résultats du modèle avec les fonctionnalités des habitats
Évolution à long terme de l'écosystème de l'estuaire de la Gironde	Benoît Sautour	Inventaire et homonégisation bases de données	Analyse des séries chronologiques	- Schéma global d'évolution - identification des forçages climatiques
Impact des changements climatiques et anthropiques sur les transferts sédimentaires de contaminants inorganiques et organiques dans l'estuaire de la Gironde	Alexandra Coynel Hélène Budzinski Gérard Blanc	-bibliographie	- Campagnes de carottage - analyses	- Analyses (suite) - interprétations
Analyse économique des potentialités de coopération et de conflits entre les agents impliqués dans la gestion et l'usage de l'estuaire de la Gironde	Patrick Point Sylvie Ferrari	- Analyse bibliographie - recherche de typologies	- questionnaire aux acteurs et usagers, et gestionnaires - analyse	- interprétation - étude de potentialités de coopération et conflits

4. Bilan des moyens demandés

4.1. Personnels

La demande de ce volet 1 concerne

- 1 thèse financée à 50%

EPOC ECOBIOC - Evolution hydroclimatique de l'écosystème, 50% fonds propres EPOC-Univ. Bordeaux 1

- 1 thèse financée à 100%

GREThA Bx IV - Socio-économie de la gestion des conflits et usages de l'estuaire

- 1 post-doc 24 mois financé à 50%

EPOC METHYS – Modélisation hydrosédimentaire sur le long terme, 50% demandé au projet Liteau-MEDDAT

- 1 post-doc 12 mois à 100%

EPOC-GEMA – Enregistrement sédimentaire de la contamination inorganique et organique

4.2. Equipement

La demande d'équipement concerne

- 2 ordinateurs PC (METHYS et GEMA) 60% de 2000 €

- Kit de conditionnement des sédiments pour analyses chimiques : voyageur azote liquide, lyophilisateur (EPOC/GEMA) 60% de 9 000 €

- Préparateur d'échantillons pour analyses organiques traces (LPTC) 60% de 14 400 €

- Reconcentrateur multi-poste (LPTC) 60% de 7 200 €

5. Personnel impliqué

Identité	Qualification	Adresse électronique	% temps
UMR 5805 CNRS-Univ. Bordeaux 1 « Environnements et Paléo-environnements océaniques » EPOC			
Equipe ECOBIOC			
Guy BACHELET	DR	g.bachelet@epoc.u-bordeaux1.fr	10
Benoît SAUTOUR	MCF	b.sautour@epoc.u-bordeaux1.fr	20
Nicolas SAVOYE	MCF	n.savoye@epoc.u-bordeaux1.fr	10
Equipe GEMA			
Gérérd BLANC	Pr	g.blanc@epoc.u-bordeaux1.fr	10
Cécile BOSSY	IR	c.bossy@epoc.u-bordeaux1.fr	15
Henri ETCHEBER	CR	h.etcheber@epoc.u-bordeaux1.fr	15
Alexandra COYNEL	MCF	a.coynel@epoc.u-bordeaux1.fr	20
Jörg SCHAFER.	MCF	j.schaefer@epoc.u-bordeaux1.fr	10
Sabine SCHMIDT	CR	s.schmidt@epoc.u-bordeaux1.fr	5
Post-doc contaminants			100
Equipe METHYS			
Patrice CASTAING	Pr	p.castaing@epoc.u-bordeaux1.fr	10
Aldo SOTTOLICHIO	MCF	a.sottolichio@epoc.u-bordeaux1.fr	30
NN modélisation hydroséd	Post-doc		100
Services communs			
Georges OGGIAN	AI	g.oggian@epoc.u-bordeaux1.fr	10
Hervé DERRIENIC	T	h.derrienic@epoc.u-bordeaux1.fr	10
CEMAGREF Aquitaine			
ECOSEMA			
Philippe BOET	DR	philippe.boet@cemagref.fr	15
		mario.lepage@bordeaux.cemagref.fr	15
Mario LEPAGE	IE		
Pierre ÉLIE	DRE	Pierre.elie@cemagref.fr	5
Anais JUST	IE (CDD)	anais.just@cemagre.fr	30
Michel GIRARDIN	IE	michel.girardin@cemagref.fr	15
Alain LECHENE	IAE	alain.lechene@cemagref.fr	30
ADER			
Mbolatiana RAMBONILAZA	CR		10%
Christophe BOCHET	IE		20%
Post-Doc assuré			100%
UMR CNRS-Université Bordeaux 1 ISM, équipe LPTC			
Hélène BUDZINSKI	CR	h.budzinski@ism.u-bordeaux1.fr	10
Jérôme CACHOT	Pr	j.cachot@ism.u-bordeaux1.fr	10
Edith PARLANTI	CR	e.parlanti@ism.u-bordeaux1.fr	5
K. LE MENACH	IR	k.lemenach@ism.u-bordeaux1.fr	10
Sylvie AUGAGNEUR	IE	s.augagneur@ism.u-bordeaux1.fr	5
L. PELUHET	T	l.peluhet@ism.u-bordeaux1.fr	15
M.H DEVIER	MCF	mh.devier@ism.u-bordeaux1.fr	10
UMR 5113-Université Bordeaux IV GRETha			
Patrick POINT	DR	point@u-bordeaux4.fr	20
Sylvie FERRARI	MCF	sylvie.ferrari@u-bordeaux4.fr	40
Jean-Jacques MALFAIT	MCF	malfait@u-bordeaux4.fr	20
Sébastien LAVAUD	IE	Lavaud@u-bordeaux4.fr	40
Doctorant à recruter			100
IE en CDD	CDD IE		100
Vacataire enquêteur			100

6. Références bibliographiques générales

- Alfonso S. (2000) Etude de paléoenvironnements littoraux. Contribution à l'établissement d'une échelle chronostratigraphique à partir des retombées atmosphériques de métaux lourds. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, France.
- Allen, G.P., (1972) Etude des processus sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde. Thèse Sc. Nat. Doctorat d'Etat, Univ. Bordeaux 1, n°353, 314 p.
- Allen; G.P., P. Castaing, J.M. Froidefond, et C. Migniot (1979) Quelques effets à long terme des aménagements sur la sédimentation dans l'estuaire de la Gironde. Publ. CNEXO – Actes de colloques n°9, Brest, 15-16 mai 1979, 115-138
- Audry S, Blanc G., Schäfer J. (2006b): Solid state partitioning of trace metals in suspended particulate matter from a river system affected by smelting waste drainage, *Sci Tot Environ* 363:216-236.
- Audry S., Schäfer J., Blanc G. (2004b): Anthropogenic components on Heavy metal budgets (Cd, Zn, Cu and Pb) in the Lot-Garonne fluvial system (France) *Appl Geochem* 19:769-786.
- Audry S., Schäfer J., Blanc G., Jouanneau J.M. (2004A): Fifty-year sedimentary record of heavy metal pollution (Cd, Zn, Cu, Pb) in the Lot River reservoirs (France). *Environ. Poll.* 132:413-426.
- Auger C. & Verrel J.L. (1998) - Les estuaires français: évolution naturelle et artificielle. Actes du séminaire national de travail, Ifremer Publication, Paris, 366 p.
- Bamber, R. N., and R. M. H. Seaby, 2004, The effects of power station entrainment passage on three species of marine planktonic crustacean, *Acartia tonsa* (Copepoda), *Crangon crangon* (Decapoda) and *Homarus gammarus* (Decapoda): *Marine-environmental-research*, v. 57, p. 281-294.
- Beaugrand, G., F. Ibanez, and P. C. Reid, 2000, Spatial, seasonal and long-term fluctuations of plankton in relation to hydroclimatic features in the English Channel, Celtic Sea and Bay of Biscay: *Marine Ecology Progress Series*, v. 200, p. 93-102 Li et al., 2000)
- Benaouda, A. (2008) Dynamique saisonnière des sédiments en suspension dans l'estuaire de la Gironde : modélisation opérationnelle de la réponse aux forçages hydrodynamiques. Thèse de l'Université Bordeaux 1
- Bertin, X. et E. Chaumillon (2005) Apports de la modélisation sur bathymétries historiques dans la compréhension des évolutions des bancs de sable estuariens. *C.R. Géosciences*, vol. 337, 15 : 1375-1383.
- Blaber S.J.M., Cyrus D.P., Albaret J.J., Ching C.V., Day J.W., Elliott M., Fonseca M.S., Hoss D.E., Orensanz J., Potter I.C. & Silvert W. (2000) - Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems. *Ices Journal of Marine Science*, 57 (3), 590-602.
- Bollens, S. M., J. R. Cordell, S. Avent, and R. Hooff, 2002, Zooplankton invasions: a brief review, plus two case studies from the northeast Pacific Ocean: *Hydrobiologia*, v. 480, p. 87-110.
- Brenon I., Le Hir P., 1999. Modelling the turbidity maximum in the Seine estuary (France): identification of formation processes. *Estuarine, coastal and shelf science* 49, pp 525-544.
- Bryson, J. (1995) Strategic planning for public and non profit organisations, San Fransisco CA, Jossey Bass.
- Budzinski, H., Jones, I., Bellocq, J., Piérard, C., Garrigues, P. (1997) Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary. *Marine Chemistry* 58 (1-2), pp. 85-97.
- Cachot J, Geffard O, Augagneur S, Lacroix S, Le Menach K, Peluhet L, Couteau J, Denier X, Devier MH, Pottier D, Budzinski H (2006) Evidence og genotoxicity related to high PAH content of sediments in the upper part of the Seine estuary (Normandy, France), *Aquat. Toxicol*, 79, 257-267.
- Castaing, P. (1981) Le transfert à l'océan des suspensions estuariennes. Cas de la Gironde. Thèse d'Etat de l'Université Bordeaux 1, 530 p.
- Castelle S., Schäfer J., Blanc G., Audry S., Bossy C., Lissalde J.-P. (2007): 50-year record and solid state speciation of mercury in natural and contaminated reservoir sediment. *Appl. Geochem.* 22:1359-1370.
- Castelnaud G. (2000) - Localisation de la pêche, effectifs de pêcheurs et production des espèces amphihalines dans les fleuves français. *Bull. Fr. Pêche et Pisciculture*, 357/358, 439-460
- Chaillou G., Anschutz P., Lavaux G., Schäfer J., Blanc G. (2002): The distribution of Mo, U and Cd in relation to major redox species in muddy sediments of the Bay of Biscay.- *Mar Chem* 80: 41-59.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grassot M., Hannon B., Limburg K.E., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. & van den Belt M. (1997) - The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387 (15 may), 253-260.
- Coyne A., Schäfer J., Blanc G., Bossy C. (2007) Scenario of particulate trace metal transport during a major flood event inferred from transient geochemical signals. *Appl. Geochem.* 22:821-836.
- David V., Chardy P., Sautour B. (2006b). Fitting Predator-Prey model to zooplankton time-series in the Gironde estuary (France): ecological significance of the parameters. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 64: 171-184.
- David V., Sautour B., Chardy P. (2006a). Successful colonisation of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana in the oligomesohaline area of the Gironde estuary (France): Natural or Anthropogenic forcing? *Marine Ecology Progress Series* (sous presse).

- Delpech C., Lepage M., Girardin M. & Boët P. (soumis). Long-term changes within the Gironde estuarine small fish and shrimp communities: Effects of hydroclimatic factors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Delpech, C. (2007). Évolution à long terme de la structure des communautés piscicoles estuariennes. Effet de la variabilité hydro-climatique. Rapport de stage Master II Recherche « Sciences et Technologies », mention « Systèmes Ecologiques », Univ. Bordeaux I, Juin 2007, Bordeaux, p. 25 + annexes.
- Eggen et Segner, 2003 Fromentin, J.-M., and B. Planque, 1996, Calanus and environment in the eastern North Atlantic. II. Influence of the North Atlantic Oscillation on *C. finmarchicus* and *C. helgolandicus*: *Marine Ecology Progress Series*, v. 134, p. 111-118.
- Eggen RIL and Segner H, The potential of mechanism-based bioanalytical tools in ecotoxicological exposure and effect assessment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2003, 377, 386-396.
- Ferrari, S., Point P. (2003) Préservation et valorisation de l'eau dans le domaine littoral. Karthala, Paris, 332p.
- Freeman, R.E. (1984) Strategic management : a stakeholder approach. Boston MA, Pitman.
- Goxe, A. 2007 Gouvernance territoriale et développement durable : implications théoriques et usages rhétoriques dans La gouvernance territoriale Pratiques, discours et théories. Sous la direction de Romain Pasquier, Vincent Simoulin et Julien Weisbein, Droit et Société, Maison des Sciences de l'Homme.
- Grousset, F.E., Jouanneau, J.M., Castaing, P., Lavaux, G., Latouche, C. (1999) A 70 year record of contamination from industrial activity along the Garonne River and its tributaries (SW France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 48 (3), pp. 401-414.
- Gucu, A. C., 2002, Can overfishing be responsible for the successful establishment of *Mnemiopsis leidyi* in the Black sea? *Estuarine Coastal and Shelf Science*, v. 54 439-451, p. 439-451
- Healey, P. (1998) Collaborative planning in stakeholder society. *Town Planning Review* 69 (1), 1-21.
- Hénocque Y. & Denis J. [Eds] (2001) - A methodological guide: steps and tools towards integrated coastal area management. Manuals and guides n° 42, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, Paris, 65 p.
- Holmes T., Scoones I. (2000) Participatory environmental policy processes: experiences from north and south. Working Paper, Institute of Development Studies, Brighton, UK.
- Houtman CJ (2007) Tracing endocrine disruptors. Identification and effects of endocrine disrupting compounds in the aquatic environment. Thèse d'Université - Vrije Universiteit, Juillet 2007
- Irvine, K., B. Moss, M. Bales, and D. Snook, 1993, The changing ecosystem of a shallow, brackish lake, Hickling Broad, Norfolk, U.K. I. Trophic relationships with special reference to the role of *Neomysis integer*: *Freshwater Biology*, v. 29, p. 119-139.
- Jackson J.B.C., Kirby M.X., Berger W.H., Bjorndal K.A., Botsford L.W., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R., Erlandson J., Estes J.A., Hughes T.P., Kidwell S., Lange C.B., Lenihan H.S., Pandolfi J.M., Peterson C.H., Steneck R.S., Tegner M.J. & Warner R.R. (2001) - Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293 (5530), 629-638.
- Jego S., Gazeau C., Jatteau P., Elie P. & Rochard E. (2002) - Les frayères potentielles de l'esturgeon européen *Acipenser sturio* L. 1758 dans le bassin Garonne-Dordogne. Méthodes d'investigation, état actuel et perspectives. *Bull. Fr. Pech. Piscic.*, 365/366, 487-505.
- Jones T.M., Wicks A.C. (1999) Convergent stakeholder theory. *Academy of Management Review*, 24 (2), 206-221.
- Jouanneau, J.M. et J.C. Latouche (1993) Etude de la dynamique de l'eau et des dés sédiments. In : Livre Blanc de l'estuaire de la Gironde. Coord : J.L. Mauvais, J.F. Guillaud, Ed. Ifremer- Agence de l'eau Adour Garonne, 8-21
- Laporte E. (1853). Faune ichthyologique du département de la Gironde. Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux. Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux, XIX (9): 158-224.
- Laukkanen M. (2003) Cooperative and non-cooperative harvesting in a stockastic sequential fishery. *J.E.E.M.* 45, 454-473.
- Le Fevre-Lehoerff, G., F. Ibanez, P. Poniz, and J.-M. Fromentin, 1995, Hydroclimatic relationships with planktonic time series from 1975 to 1992 in the North Sea off Gravelines, France: *Marine Ecology Progress Series*, v. 129, p. 269-281.
- Lévêque C. & Van der Leeuw S. (2002) - Sociétés - Environnement. Prospective SIC 2002 Synthèse de l'atelier n° 5, INSU – Division « Surfaces et Interfaces Continentales », 18-19 septembre 2002, Meudon, 6 pp.
- Magnuson J.J. (1990) - Long-term ecological research and the invisible present. *Bioscience*, 40 (7), 495-501.
- Masson M., Blanc G., Schäfer J. (2006): Geochemical signals and source contributions to heavy metal (Cd, Zn, Pb, Cu) fluxes into the Gironde Estuary via its major tributaries. *Sci. Tot. Environ.* 370:133-146.
- Mazéas L. et Budzinski H. (2001a). Improved accuracy of GC-MS quantification of aliphatic and aromatic hydrocarbons in marine sediments and petroleum. Validation on reference matrices and application to the Erika oil spill. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, 82, 157-173.
- Mazéas L. et Budzinski H. (2001b). PAH 13C/12C ratio measurement in petroleum and marine sediments : Application to standard reference materials and a sediment suspected of contamination from the Erika oil spill. *J. Chromatogr.*, 923, 165-176
- Mazéas L. et Budzinski H. (2002). Molecular and stable carbon isotopic source identification of oil residues and oiled bird feathers along the Atlantic coast of France after the Erika Oil spill. *Environmental Science and Technology*, 36,130-137

- Migniot, C. (1971) L'évolution de la Gironde au cours des temps. Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, 11/12, 221-279
- Moulin, H. and S. Shenker (1992) "Serial cost sharing," *Econometrica*, 60, 1009-1037.
- Nichols, M.M. et R.B. Biggs (1985) Estuaries. In : Coastal Sedimentary Environments (Ed. R.A. Davis), Springer-Verlag, New York, 77-186
- Nutt P. (2002) Why decisions fail : avoiding the blunders and traps that lead to debacles. San Francisco CA, Berrett-Koehler Publishers.
- Point P. (2003), "Éléments économiques pour une gestion du littoral", *Océanis*, vol. 28, 1-2, pp. 57-88.
- Point P. (ed) (1999) *La valeur économique des hydrosystèmes. Méthodes et modèles d'évaluation des services délivrés*. Economica, Paris 211p.
- Quevauviller P., (1998): Operationally-defined extraction procedures for soil and sediment analysis. Part 1. Standardization. *Trends Anal Chem* 17: 289-298
- Robert S. (2003) Bilan géochimique des éléments traces métalliques dans l'estuaire de la Gironde. Réactivité interne et anthropisation. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I, France.
- Robert S., Blanc G., Schäfer J., Lavaux G., Abril G (2004) Metal mobilization in the fluid mud of the Gironde estuary (France) in low discharge regime. *Mar Chem* 87:1-13.
- Rosenberg E., Ariese F., 2001. Quality control in speciation analysis. In Trace element speciation for environment, food and health. Ebdon L., Pitts L., Cornelis R., Crews H., Donard O.F.X. and Quevauviller Ph. (eds), The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK
- Schmidt S., Belviso S., Wasman P., Thouzeau G. & Stefels J. (2007). Vernal sedimentation trends in north Norwegian fjords: temporary anomaly in ²³⁴Th particulate fluxes related to Phaeocystis proliferation. *Biogeochemistry*, 83:235–244. DOI 10.1007/s10533-007-9094-2
- Schmidt S., Jouanneau J-M., Weber O., Lecroart P., Radakovitch O., Gilbert F. & Jezequel D. (2007). Sedimentary processes in the Thau Lagoon (South France): from seasonal to century time scales. *Estuarine Coastal Shelf Science* 72, 534-542. doi:10.1016/j.ecss.2006.11.019
- Sottolichio A., Le Hir P. and Castaing P., 2001. Modeling mechanisms for the stability of the turbidity maximum in the Gironde estuary, France. In W.H. McAnally and A.J. Mehta (eds) Coastal and Estuarine Fine Sediments Processes, Elsevier, proceedings in Marine Science No 3, pp. 373-386.
- Tapie N (2006) Contamination des écosystèmes aquatiques par les PCB et PBDE : Application à l'estuaire de la Gironde. Th. Univ. Sci. Chim. Spé. Chim. Analytique et environnement, Bordeaux I : 289 p.
- Tessier A. and Campbell P.G.C., (1991): Comments on " Pitfalls of sequential extractions" by Nirel, M.V. and Morel, F.M.M. *Wat Res* 24: 1055-1056 (1990). *Wat Res* 25: 115-117
- Tipping E., Rey-Castro C., Bryan S.E., Hamilton-Taylor J. (2002). Al(III) and Fe(III) binding by humic substances in freshwaters, and implications for trace metal speciation. *Geochim Cosmochim Acta* 66:3211-3224.
- Town R.M., Filella M. 2000. Dispelling the myths: is the existence of L1 and L2 ligands necessary to explain metal ion speciation in natural waters? *Limnol Oceanogr* 45: 1341-1357.
- Waeles B., Le Hir P., Lesueur P., Delsinne N., 2007. Modelling sand/mud transport and morphodynamics in the Seine river mouth (France): an attempt using a process-based approach. *Hydrobiologia* (2007) 588:69-82.

Volet 2

Les mascarets d'Aquitaine : conditions d'existence, processus et impacts

Coordinateurs : P. Bonneton, P. Lubin et J.P. Parisot

1. Contexte scientifique et objectifs généraux
2. Projet de recherche
 - 2.1. Conditions d'existence du mascaret : analyse des données MAGEST
 - 2.2. Processus hydro-sédimentaires associés à la propagation du mascaret
 - 2.2.1. Caractérisation expérimentale et modélisation de la propagation du mascaret
 - 2.2.2. Processus turbulents
 - 2.2.3. Impact du mascaret sur les fonds sédimentaires
 - 2.3. Impact du mascaret sur la géochimie des fleuves
 - 2.4. Effet du mascaret sur la dispersion des larves de poissons
 - 2.5. Campagne de mesures et levés bathymétriques
 - 2.5.1. Bathymétries
 - 2.5.2. Campagnes de mesures
 - 2.6. Projets annexes et perspectives
3. Calendrier général
4. Bilan des moyens demandés
 - 4.1. Personnels
 - 4.2. Equipement
 - 4.3. Fonctionnement
5. Personnel impliqué
6. Références bibliographiques générales

1. Contexte scientifique et objectifs généraux

Le mascaret est un phénomène naturel fascinant, très intense et spectaculaire. Il peut être observé en de nombreux endroits en France : Aquitaine, Baie du Mont Saint-Michel, Bretagne ; ainsi que dans de nombreux estuaires de part le monde. La figure 4 montre quelques photographies des mascarets les plus célèbres du monde : Dordogne, Amazone Qintang (Chine) et l'ancien mascaret de la Seine. Le mascaret est un phénomène peu étudié, sans doute en raison de sa très grande complexité. En effet, il est le fruit de la combinaison de phénomènes qui, pris individuellement, sont des problèmes scientifiques encore ouverts : propagation de la marée en milieu peu profond, genèse d'un ressaut hydraulique, hydrologie des fleuves. Notre projet a pour objectif de mieux comprendre la dynamique du mascaret qui se propage dans le système fluvio-estuarien Gironde/Garonne/Dordogne (GGD). Bien que ce phénomène possède un nom gascon, d'après la définition du Petit Robert, il n'y a pratiquement pas eu d'études sur les mascarets d'Aquitaine.

MASCARET. (XVIe; mot gascon «bœuf tacheté», de mascara «mâchurer, tacheter», par métaphore, d'un animal bondissant). Longue vague déferlante produite dans certains estuaires par la rencontre du flux et du reflux. Le mascaret de la Gironde, de la Seine.

On peut citer les travaux de Destriau (1951) qui a établi une carte des mascarets du système GGD et Navarre (1995) qui a mesuré l'évolution de la vitesse et de la hauteur d'eau au passage d'un mascaret à Saint Pardon.

Le mascaret est une onde de translation appelée aussi ressaut en translation qui se forme dans certains estuaires lorsque les conditions de marée et de débit sont favorables. Le mascaret se propage vers l'amont quand la marée commence à remonter.



Figure 4. Quelques sites à mascaret remarquables

Suivant la forme de l'estuaire et les conditions hydrodynamiques on peut observer deux types de mascaret : le mascaret déferlant et le mascaret ondulé. La transition entre ces deux types de mascarets reste encore mal comprise. C'est le mascaret ondulé qu'on observe dans le système GGD, ainsi que dans la plupart des estuaires à mascaret. Ce dernier a alors une forme ondulante et le front du mascaret est suivi par un train d'ondulations appelées éteules. Si la modélisation physique et des études théoriques ont permis d'avancer dans la compréhension de ce phénomène (cf. Chanson, 2005), la dynamique ondulatoire et turbulente du mascaret reste mal connue, en particulier de par la difficulté d'étudier en milieu naturel ce phénomène extrêmement instationnaire. Or le mascaret a un fort impact sur l'hydrodynamique sédimentaire et plus généralement l'écologie du système GGD. La zone intertidale, sujette au mascaret, est une zone de reproduction, et un terrain de prédilection pour la pêche. La disparition, ou des changements importants, du mascaret peuvent entraîner une modification drastique de la faune aquatique. Il a été documenté que, suite à la disparition de certains mascarets, des espèces de poissons ont à leur tour été éliminés. Les mouvements turbulents intenses associés au mascaret provoquent l'affouillement des sédiments, la mise en suspension des sédiments fins et leur transport vers l'amont. De par son impact sur le fond sédimentaire ainsi que par l'entraînement d'air dans le déferlement, le mascaret semble avoir un impact important sur les cycles bio-géochimiques des éléments traces métalliques.

Le mascaret est un phénomène très fragile, sensible à la moindre modification, qui a disparu dans de nombreux estuaires, tel que celui de la Seine, du fait de l'action de l'homme sur ces environnements. De nombreuses opérations humaines peuvent en effet menées à son atténuation, voire sa disparition (infrastructures portuaires, ponts, écluses, barrages, dragages, etc.). Les modifications climatiques sont aussi responsables des dégradations des conditions d'apparition des mascarets : variation des débits et des bathymétries des fleuves et rivières, montée du niveau des eaux et de la mer, crues, etc. La préservation du mascaret GGD, qui est un indicateur de la qualité de l'éco-système, représente un enjeu important.

L'étude que nous proposons vise tout d'abord à donner un état de référence sur le fonctionnement du mascaret GGD, puis à mettre en place des méthodes qui nous permettront d'anticiper d'éventuelles évolutions liées à des projets d'aménagement ou au changement climatique.

La modélisation numérique a atteint actuellement un stade où la simulation d'un mascaret est possible, ceci grâce aux gros efforts qui ont été réalisés depuis quelques années dans le domaine de l'étude des tsunamis qui présente des difficultés

numériques semblables, mais aussi du déferlement des vagues en zone de *surf*. On peut aussi être surpris par l'absence presque complète de mesures *in situ* sur les mascarets du monde. Ceci s'explique par la difficulté d'expérimentation dans un milieu que l'on pourrait qualifier d'hostile (milieu très agité et turbulent ; accès difficile des zones à mascaret...). Ce sujet de recherche est donc très innovant, du fait du faible taux d'occupation de la thématique par des équipes de recherche, par son côté pluridisciplinaire et par son fort impact en terme de communication au grand public (nombreux reportages TV, articles dans des revues et quotidiens de presse). La préservation de ce phénomène passe par une meilleure compréhension des processus mis en jeu.

C'est avec ce constat qu'un ensemble de chercheurs formant une communauté pluridisciplinaire, et rassemblant les compétences nécessaires propose un programme d'étude des mascarets d'Aquitaine (Garonne, Dordogne et Gironde). En effet, il faut insister sur les compétences rassemblées par les chercheurs impliqués :

(i) une longue expérience en mesures intensives sur le terrain développées au sein du laboratoire EPOC : mesures hydrodynamiques et sédimentaires, bathymétriques et topographiques, bio-géochimiques dans différents sites ; mesures de longue durée dans les estuaires et rivières (stations MAREL...).

(ii) un savoir-faire en modélisation qui place les équipes bordelaises impliquées, en très bonne place au niveau international, aussi bien dans le domaine de la modélisation de type Boussinesq des ondes longues (METHYS/EPOC) que la simulation des écoulements turbulents diphasiques (TREFLE).

(iii) une connaissance de l'estuaire très large qui implique une variété de disciplines : biologie (CEMAGREF), chimie (EPOC), hydrodynamique sédimentaire (EPOC).

2. Projet de recherche

L'objectif principal de ce projet est d'établir un état des lieux détaillé concernant les processus associés à la propagation du mascaret dans le système GGD. Dans ce chapitre nous présentons les objectifs spécifiques du projet dans les domaines de l'hydrodynamique, du transport sédimentaire, de la géochimie et de la biologie. Pour répondre à ces objectifs, des campagnes de mesures communes à toutes les équipes impliquées dans le projet seront réalisées en 2010 et sont présentées à la fin de ce chapitre (section 2.5).

2.1 Conditions d'existence du mascaret : analyse des données MAGEST

Responsable : J.P. Parisot

Contexte et objectifs

Le réseau d'observation automatisé de la Gironde MAGEST (Marel Gironde ESTuaire, (<http://www.magest.u-bordeaux1.fr>) a pour objectif de suivre en continu la qualité des eaux de l'estuaire. Il s'agit d'un système de mesure *in situ* adapté aux contraintes de la surveillance en milieu marin et estuarien avec une acquisition des données en temps réel. Les 4 stations MAREL (Mesures Automatisées en Réseau pour l'Environnement et le Littoral) constituant le réseau de surveillance de la qualité des eaux de la Gironde sont équipées des capteurs suivants : Turbidité, Oxygène Dissous, Salinité et Température. Chaque station MAREL mesure également les variations de niveau d'eau. Le réseau de stations est géré par l'UMR EPOC qui assure la maintenance et l'acquisition des données. La validation des données est réalisée en collaboration avec GEO-Transfert, cellule de transfert technologique de la recherche de l'UMR EPOC. Les stations sont installées à Pauillac sur la Gironde, Bordeaux et Portets sur la Garonne et Libourne sur la Dordogne. De plus, ce réseau donne accès aux mesures des marégraphes de Bordeaux et de Pauillac et aux débits de la Garonne (La Réole) et de la Dordogne (Pessac-sur-Dordogne).

Site	Hauteur	Marée	Salinité	O2	O2 dissous	Température	Turbidité	Débit
Pauillac		x	X	x	x	x	x	
Bordeaux	x	x	X	x	x	x	x	
Portets	x		X	x	x	x	x	
Libourne	x	x	X	x	x	x	x	
Garonne								x
Dordogne								x

Tableau 1. Paramètres disponibles dans le cadre du réseau MAGEST. Ces données sont fournies par plusieurs institutions dont les coordonnées sont disponibles sur le site MAGEST.

Cet ensemble de données constitue une base essentielle pour caractériser la propagation de la marée ainsi que la formation du mascaret. En effet, la comparaison entre les différentes stations permettra de corrélérer le retard de la marée basse avec différents facteurs (coefficient de marée, débit, météorologie...). Malgré des mesures trop peu

fréquentes (une mesure toutes les 10 min) pour une étude fine du mascaret, il est néanmoins possible de mettre en évidence un signal de mascaret dans les zones intéressantes (Libourne et Portets). Les figures 5 et Figure 6 montrent par exemple les données de hauteur d'eau à Portets avec un zoom sur la période du 28 août au 1 septembre 2008. On voit nettement la présence du mascaret avec la rapide variation de hauteur sur la première mesure, qui est effectuée 10 min après la marée basse.

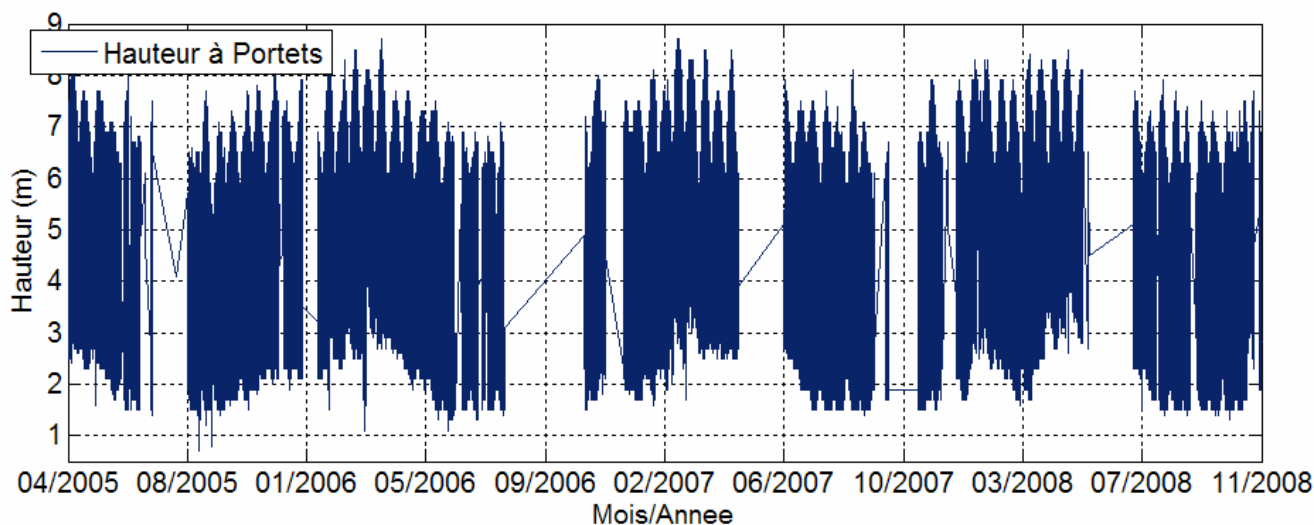


Figure 5. Hauteur d'eau (donnée brute) mesurée à Portets.

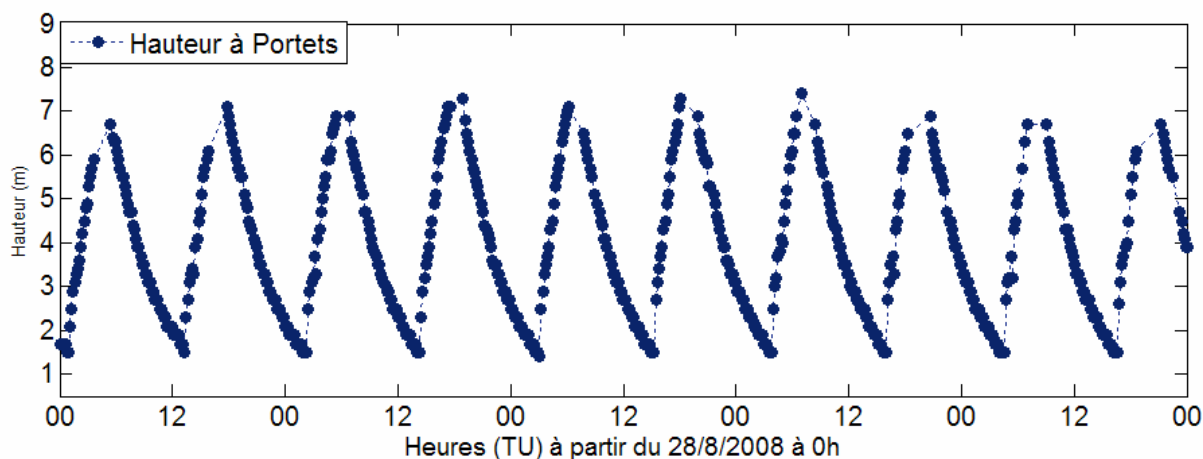


Figure 6. Hauteur d'eau mesurée à Portets. Détail des mesures du 28 août au 1 septembre 2008. On peut noter le rapide saut 10 min après la basse mer, indication du passage du mascaret.

L'analyse complète de ces données va constituer une partie de la première année de thèse de B. Carrion. Cette analyse va aussi s'accompagner de mesures de validation des données de hauteur d'eau, car actuellement, elles ne sont pas contrôlées avec un autre instrument. On envisage donc une installation de capteurs de pression et de vitesse à proximité des stations MAREL afin de comparer les mesures de hauteurs et de mesurer les débits. Cette étude sera complétée par l'analyse des 7 autres marégraphes installés par le Port Autonome de Bordeaux dans l'estuaire de la Gironde.

Plan de travail

Compilation de données marégraphiques et hydrologiques existantes

- marégraphes du Port Autonome de Bordeaux
- prévisions de marées du SHOM pour comparaison avec les marégraphes
- débit de la Garonne et de la Dordogne (Banque hydro : <http://www.hydro.eaufrance.fr/>)

Dépouillement des données MAGEST disponibles (4 stations MAREL et 2 marégraphes)

- développement d'algorithmes avec le logiciel matlab : recherche du signal de mascaret
- corrélation avec les données de débit et de marées

Validation des données de hauteur des stations MAGEST

- comparaison mesure de hauteur/marégraphe à Bordeaux où nous avons les 2 informations

- campagne de mesure de hauteur et de débit à proximité des stations. Il s'agit de déployer sur une journée un capteur de pression, un turbidimètre et un courantomètre.

Personnes impliquées

Bonneton N.	UMR CNRS EPOC, U. Bordeaux 1	MC
Bonneton P.	UMR CNRS EPOC, U. Bordeaux 1	DR
Bujan S.	UMR CNRS EPOC, U. Bordeaux 1	IE
Carrion B.	UMR CNRS EPOC, U. Bordeaux 1	Doc
Castaing P.	UMR CNRS EPOC, U. Bordeaux 1	Pr
Étcheber H.	UMR CNRS EPOC, U. Bordeaux 1	CR
Lubin, P.	UMR CNRS TREFLE, U. Bordeaux 1	MC
Maneux, E.	GEO TRANSFERT, U. Bordeaux 1	IE
Marache A.	GHYMAC, U. Bordeaux 1	MC
Oggian G.	UMR CNRS EPOC, U. Bordeaux 1	AI
Parisot J-P.	UMR CNRS EPOC, U. Bordeaux 1	Pr
Sottolichio, A.	UMR CNRS EPOC, U. Bordeaux 1	MC

Moyens demandés

- Frais de'acquisition de documents cartographiques et cartographie et logiciels
- Equipement informatique

2.2. Processus hydro-sédimentaires associés à la propagation du mascaret

Responsables : P. Bonneton, P. Lubin et A. Sottolichio

2.2.1. Caractérisation expérimentale et modélisation de la propagation du mascaret

Responsable : P. Bonneton

Le mascaret est un phénomène propagatif rapide, transitoire, extrêmement difficile à mesurer et à modéliser. L'objectif de cette partie du projet est de décrire pour la première fois, en associant des mesures *in situ* à la modélisation de type Boussinesq, la dynamique du ressaut ondulé en translation associé à la propagation de la marée. On s'intéresse ici à la structure du champ d'onde (cf. Navarre, 1995), les processus turbulents de plus petites échelles étant abordés aux sections 2.2.2 et 2.2.3. On étudiera en particulier la dynamique des éteules, qui semblent jouer un rôle important pour le transport sédimentaire, et leur interaction avec les berges. On analysera aussi la dynamique des ondes qui persistent longtemps après le passage du mascaret.

La structure du champ d'onde sera caractérisée lors de la campagne de mesures réalisée dans la zone du Pont d'Arcins (cf. section 2.5). Deux lignes de capteurs pression, l'une dans l'axe du bras de la rivière et l'autre perpendiculaire, nous permettront de déterminer la structure spatio-temporelle du champ d'onde. Ces mesures seront combinées avec des observations vidéo de l'état de surface du champ d'onde. Les mesures hautes fréquences (16 Hz) à partir de deux capteurs de pression synchronisés nous permettront de déterminer avec une grande précision la célérité du mascaret. La structure verticale du champ d'onde sera obtenue à partir de mesure ADCPs (RDI, 1200 KHz). Des mesures localisées haute fréquence (32 Hz) de la vitesse par ADV nous donneront des informations sur les caractéristiques fortement instationnaires du mascaret.

En raison de la difficulté à modéliser, on trouve très peu d'exemples de simulations de la propagation de mascarets en milieu naturel. On peut citer les travaux de Hui et Pan (2003) et Madsen et coll. (2005) qui ont décrit avec succès le mascaret déferlant de la rivière de Qiantang (Chine), à partir de la résolution des équations de Saint Venant par des méthodes à capture de choc. Dans le cas le plus fréquemment observé de mascarets de type ondulant, comme celui du système GGD, cette démarche de modélisation n'est pas adaptée. En effet, si la méthode des caractéristiques appliquées aux équations de Saint Venant peut donner quelques informations qualitatives sur le mascaret, elle ne peut pas donner une description quantitative de ce phénomène. En effet, les équations de Saint Venant sont basées sur l'approximation hydrostatique. Or, les ondes secondaires (ou éteules) associées au mascaret ont une dynamique non-hydrostatique. Ces processus peuvent être décrits à partir des équations de type Boussinesq. Depuis une vingtaine d'années des efforts très importants ont été entrepris pour développer ce type de modélisation dans le domaine voisin de la propagation des vagues en milieu littoral, incluant la zone de *surf* (cf. Dingemans, 1997), Madsen et Schäffer, 1999, Kirby, 2003 et Lannes et Bonneton, 2008)). Pour décrire le caractère non-hydrostatique et fortement non-linéaire du mascaret ondulé, le système d'équations le plus approprié est celui de Green-Naghdi (cf. Lannes et Bonneton, 2008).

Dans le cadre de ce projet, et de la thèse de Benjamin Carrion (financée ERAMUS MUNDUS), nous proposons d'étendre au mascaret le domaine d'application des modèles Green-Naghdi, que nous avons précédemment développés dans le cadre d'applications littorales (Cienfuegos et coll. (2006, 2007, 2008) et Marche et Bonneton (2007a,b). Le mascaret ondulé se propageant dans le système GGD peut être localement déferlant et de façon intermittente. Nous nous attacherons à adapter à ce type de phénomène la paramétrisation du déferlement proposée par Cienfuegos et coll. (2008). Ce travail s'effectuera tout d'abord par rapport à des cas simplifiés de ressauts propagatifs obtenus en laboratoire et décrits dans la littérature. On s'intéressera en particulier à la transition entre les régimes ondulé et déferlant, ainsi qu'à l'impact d'un changement de rugosité sur les éteules. Le modèle Green-Naghdi 2DH sera ensuite appliqué à la propagation du mascaret observé pendant la campagne de mesures intensives qui sera réalisée proche du pont d'Arcins. Le modèle sera forcé aux limites du domaine par des données de hauteur d'eau et de vitesse mesurées. Une résolution très fine, en particulier dans l'axe de propagation du mascaret (taille de maille inférieure au mètre), sera nécessaire pour décrire correctement le front d'onde et les éteules. Une validation détaillée du modèle sera réalisée par rapport à l'ensemble des mesures hydrodynamiques de la campagne du pont d'Arcins. On s'intéressera en particulier à la structure complète du champ d'onde associée au mascaret (composantes haute et basse fréquences) et aux interactions avec les berges.

Le modèle ainsi validé sera ensuite utilisé pour l'évaluer l'impact d'éventuels aménagements ou variations des conditions hydrauliques sur l'occurrence et la propagation du mascaret dans le système GGD.

Personnes impliquées

Bonneton P.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	DR
Bonneton N.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	MC
Carrion B.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	Doc
Castelle B.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	CR
Cienfuegos R.	PUC Chili	MC
Marieu V.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	IR
Oggian G.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	AI
Parisot J-P.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	Pr
Post-Doc	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	Post-Doc

Moyens demandés

- 1 an de post-doc pour la caractérisation expérimentale du mascaret (cf sujet en annexe)
- Serveur de calcul: 5 ,5 k€
- voir moyens pour les campagnes de mesures

Financement du projet demandé à la Région :

60 % du coût total du matériel (3,3 k€)
100% du coût total de l'allocation post-doctorale

2.2.2. Processus turbulents

Responsables : P. Lubin et H. Chanson

Les études numériques LES (Large Eddy Simulation) sont très rares du fait du faible nombre de résultats expérimentaux pour effectuer des comparaisons. De plus, le caractère hautement turbulent de cet écoulement mettant en jeu deux fluides (air et eau) et la grande variabilité d'échelles spatiales à considérer poussent les méthodes numériques dans leurs limites. Madsen et al. (2005) ont réalisé une étude numérique du mascaret de la Qiantang River en Chine. Les simulations numériques donnent des résultats satisfaisants, mais la précision de ceux-ci est hautement dépendante de l'étape de calibration du modèle numérique. Le manque de données de terrain handicape cette étape cruciale. Furuyama and Chanson (2008) présente une première tentative d'étude réalisée avec les équations de Navier-Stokes. Cette première approche a donné des résultats prometteurs, qui peuvent cependant être améliorés grâce à une résolution en maillage plus fine et par l'apport de schémas numériques plus précis. Une seconde tentative, détaillée dans la partie 4.3.2 est présentée par Lubin et al. (2009). Le but de notre projet est de simuler cet écoulement diphasique turbulent très complexe via la Simulation des Grandes Echelles (LES, en anglais), pour aller plus loin dans la compréhension des mascarets. Nous souhaitons décrire très précisément le comportement de la surface libre, ainsi que la structure de l'écoulement. Un premier travail a déjà été réalisé (Lubin et al., 2009). La configuration choisie est celle de la génération d'un mascaret faiblement déferlant, suite à la fermeture partielle soudaine d'une vanne (Koch and Chanson, 2005 et 2008a). La configuration numérique consiste en un rectangle d'eau initialisé à une vitesse constante dans le domaine de

calcul (l'écoulement se faisant de la droite vers la gauche). La profondeur initiale est $d_0 = 0.0875$ m avec une vitesse initiale $V_0 = 1 \text{ m.s}^{-1}$. Le domaine numérique bidimensionnel fait 5.625 m de long pour 1 m de haut. Les premiers résultats ont été obtenus avec un maillage de 1 000 par 1 000 points de discrétisation (Lubin et al., 2009). La distribution du maillage est régulière selon les deux directions de l'espace. La condition limite supérieure est ouverte, une condition d'adhérence est imposée au fond. A la gauche du domaine numérique, une vitesse de sortie ($V_{\text{out}} = 1.89 \text{ m.s}^{-1}$) est imposée pour que l'eau s'échappe du domaine numérique sous une vanne, la hauteur de sortie étant $h_{\text{out}} = 0.0125$ m. La condition d'entrée est fixée à droite ($V_{\text{in}} = 1 \text{ m.s}^{-1}$). Le pas de temps est choisi afin de respecter une condition de Courant-Friedrichs-Levy inférieure à 0.1. Les simulations sont réalisées avec les densités et les viscosités de l'air et de l'eau.

A l'instant initial, la lame d'eau percute la paroi de gauche et splash en entraînant des poches d'air. L'onde déferlante se propage alors vers la droite du domaine numérique. Les grandes déformations de la surface libre sont en accord avec les images expérimentales (Koch and Chanson, 2005). L'entraînement de l'air est observé et de grandes structures tourbillonnaires sont identifiées sous le front déferlant (Fig. 7). Ces structures sont générées en séquence au fur et à mesure de la propagation et restent localisées proche du fond. La présence de ces structures persistantes au fond indique qu'une grande quantité de sédiment peut potentiellement être mis en suspension. De plus, la vitesse de propagation du front déferlant est de 0.5 m.s^{-1} , ce qui est en accord avec les résultats expérimentaux.

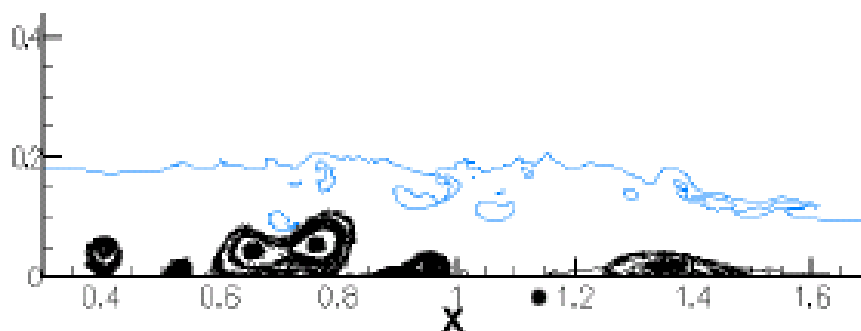


Figure 7 : Structures tourbillonnaires sous le mascaret déferlant.

Ce travail très récent fait l'objet d'une communication (Lubin et al., 2009).

Cette partie du projet a pour objectif général la description complète et fine des processus mis en jeu lors de la propagation du mascaret dans deux configurations : le mascaret déferlant et le mascaret ondulé. En particulier, il s'agira de comprendre les spécificités de ces deux mascarets, d'étudier la structuration de l'écoulement en mettant l'accent sur la génération des structures tourbillonnaires, le champ de pression et les contraintes générées au fond. Le transport sera en outre abordé. En appui à ce projet, un dossier de demande d'heures de calcul a été déposé au CINES (Centre Informatique National de l'Enseignement Supérieur) pour la réalisation de simulations de mascarets de l'ordre de 10 millions de points. Les résultats de terrain seront utilisés, ainsi que les travaux de laboratoire (Koch and Chanson, 2005). Il s'agira de montrer la capacité de l'outil numérique à décrire l'écoulement en termes de dynamique non-hydrostatique des ondes générées dans le bras d'Arcins. Le rôle de la rugosité sur la structure de l'écoulement sera en outre abordé dans cette partie du projet.

De plus, il est nécessaire de poursuivre les études en canal. Cette partie du projet, non financée dans le cadre de cette demande, aura lieu à l'Université du Queensland afin d'approfondir les connaissances nécessaires pour venir en appui aux simulations et études de terrain.

Afin d'obtenir des données sur la turbulence générée par le passage du mascaret, des mesures de terrain seront aussi effectuées. Le mascaret est un phénomène hydrodynamique très instationnaire (Chanson 2005, Donnelly et Chanson 2005, Koch and Chanson 2008). C'est un processus très rapide et la vitesse de propagation du mascaret au site d'Arcins est de l'ordre de 1.5 à 2 m/s. De ce fait, l'échelle de temps du passage du mascaret, au sens Eulérien, est inférieure à 0.1 s.

Les mesures fines de turbulence doivent être faites avec une instrumentation ayant une réponse temporelle inférieure à 0.05 s, correspondant à une fréquence d'acquisition supérieure à 20 Hz. Ceci est consistant avec de récentes mesures de turbulence en estuaire (eg. Trevethan et al. 2007, 2008a,b, 2009) qui ont démontré que la fréquence d'acquisition des systèmes de mesures de vitesses instantanées doit être suffisamment importante pour que l'échelle de temps des prises de mesures soit inférieure à l'échelle intégrale turbulente. Celle-ci est de l'ordre de 0.1-0.3 s dans un petit estuaire sans mascaret, et plus petite dans le cas d'un mascaret.

En outre, on notera que le temps d'acquisition doit être suffisamment important pour caractériser le phénomène des éteules, ces vagues qui suivent le mascaret et peuvent persister pendant plus de 30 minutes. Le rôle des éteules a été mis en évidence en laboratoire (Donnelly et Chanson 2005, Koch and Chanson 2008), mais est aussi bien connu des surfeurs et plaisanciers. La combinaison de mesures à hautes fréquences en continue, et une durée d'acquisition importante implique l'utilisation de systèmes avec mémoire embarquée importante, ou de systèmes connectés en permanence à des ordinateurs d'acquisition de données.

Il en résulte que la métrologie la plus appropriée pour des mesures fines de turbulence est la vélocimétrie doppler acoustique (Acoustic Doppler Velocimetry ou ADV), avec des systèmes de dernière génération (Chanson 2008).

Personnes impliquées

Glockner S.	UMR CNRS TREFLE, Université Bordeaux 1	IR
Lubin, P.	UMR CNRS TREFLE, Université Bordeaux 1	MC
These Trefle	UMR CNRS TREFLE, Université Bordeaux 1	Doc
Chanson H.	University of Queensland (Australie)	Pr

Moyens demandés

Une bourse de thèse (BDI Région-CNRS) : 25 k€/an, soit 75 k€ pour trois ans.

Trois stations de travail : 4,5 k€

Licence logiciel : 5 k€

Financement demandé du projet :

Région : 50 % de la bourse de thèse (37,5 k€ pour trois ans) et 60 % du coût total du matériel (5,7 k€).

CNRS : co-financement de la bourse de thèse (37,5 k€ pour trois ans) et du matériel sur le plan quadriennal.

2.2.3. Impact du mascaret sur les fonds sédimentaires

Responsables : A. Sottolichio et P. Castaing

Le système estuarien de la Gironde est caractérisé par des gammes de concentration en matières en suspension élevées (> 1 g/l) et par une grande amplitude de marée (>5m), qui est accentuée par la convergence des rives depuis l'embouchure vers l'amont (Sottolichio et al., 2001). Dans les segments de la Garonne et de la Dordogne où la marée se propage, les sections d'écoulement sont faibles et les flux de particules en suspension (transport dans la colonne d'eau et échanges avec le fond sédimentaire) peuvent avoir des effets rapides et significatifs sur l'évolution morphologie du fond et des berges. Les sédiments en suspension jouent également un rôle sur l'écologie de l'estuaire, par leur capacité à adsorber des polluants et de la matière organique (voir volet « Impact sur la géochimie des fleuves »).

Les flux de dépôt et d'érosion du fond (et donc la turbidité des eaux) sont modulés par le cycle lunaire de la marée : les plus forts courants engendrés par les marées de vives-eaux favorisent la tendance à l'érosion, tandis que les marées de mortes-eaux favorisent le dépôt et la sédimentation. Dans ce contexte, le mascaret joue un rôle encore mal évalué mais potentiellement important ; en effet, l'onde peut générer des contraintes sur le fond plus fortes que celles des courants de marée seuls, et donc des remaniements sédimentaires plus importants, qui se traduiront par une modification significative des fonds.

Plusieurs études menées dans d'autres environnements ont démontré l'impact du mascaret sur le transport de sédiment (Tessier and Terwindt 1994, Chen et al. 1990, Bartsch-Winkler et al. 1985). Ces études ont mis en évidence l'affouillement du fond vaseux lors du passage du mascaret, suivi de la remise en suspension des matériaux fins, et de l'advection de ces matériaux vers l'amont. Dans les fleuves du système Dordogne-Garonne-Gironde, ces phénomènes n'ont toujours pas été mesurés finement, et donc l'impact relatif du mascaret sur la stabilité des berges, sur l'érosion (ou la sédimentation) dans le chenal et sur les flux sédimentaires est mal connu. Il est pourtant crucial d'évaluer son effet relatif par rapport aux courants de marée, en vue d'en tenir compte dans des futures modélisations du transport de sédiments fins.

Par ailleurs, le lien entre la typologie de l'onde et les effets respectifs sur la remise en suspension n'est toujours pas clairement établi. En effet, d'après Donnelly et Chanson (2002) les mascarets ondulés induisent le transport particulaire le plus intense (par un maintien en suspension plus important), cependant Wolanski et al. (2004) estiment que le mascaret déferlant engendre des flux d'érosion bien plus importants que le mascaret ondulé, et possède donc un impact prépondérant sur le transport.

Ce volet a pour objectifs de préciser de manière expérimentale *in situ* :

- les échelles de remaniement sédimentaire engendré par le passage du mascaret et son importance sur le creusement ou la sédimentation du chenal ;
- l'influence du mascaret sur la stabilité (érosion/accrétion) des berges ;
- l'influence relative du mascaret sur le flux en suspension vers l'amont en comparaison aux courants de marée sans mascaret;
- l'importance relative de la forme de l'onde (mascaret ondulé ou déferlant) sur l'érosion du fond et le flux de matières en suspension.

De plus, ce travail pourra être rapproché des travaux pilotés par le laboratoire M2C de l'Université de Rouen, qui s'intéresse à l'effet du trafic nautique et du batillage sur l'érosion des berges estuariennes, avec une application à l'estuaire de la Seine.

Méthodologie

La méthodologie consistera à instrumenter le site pendant la campagne de mesure (décrite dans le chapitre 2.5) avec des capteurs spécifiques complémentaires des vélocimètres et des capteurs de pression prévus pour les mesures hydrodynamiques :

- des turbidimètres optiques, pour enregistrer près du fond les concentrations en MES et les flux d'érosion ;
- des altimètres à ultra-sons ALTUS, qui enregistrent la marée et les vagues, la hauteur du sédiment et les événements d'érosion/dépôt.

Dans ce volet il n'est pas prévu d'enregistrer les variables hydrosédimentaires aux échelles de la turbulence, mais d'enregistrer des valeurs moyennes, à des fréquences d'acquisition typiques de 1 à 2 Hz. En effet, ces fréquences sont suffisantes pour évaluer les concentrations en MES générées par le passage du mascaret et pour ensuite pouvoir les comparer avec les concentrations dues aux courants de marée en conditions normales (Sottolichio et al., 2007). De plus, elles permettent un compromis satisfaisant avec des longueurs d'enregistrement suffisantes en autonomie de mémoire (environ 1 semaine).

Une difficulté majeure de cette expérience réside dans les échelles de turbidité que l'on pourra rencontrer, probablement égales ou supérieures à 10 g/l près du fond en Garonne et dans le cœur du bouchon vaseux (Sottolichio et al., 2004, 2007). Peu de turbidimètres optiques du marché sont capables d'enregistrer dans de telles gammes de concentration car la lumière n'est plus rétrodiffusée, mais absorbée proportionnellement à la charge en particules en suspension (Kineke et Sternberg, 1992). La plupart des capteurs sature à des concentrations bien inférieures, et n'offre pas de possibilité de réglage de sensibilité. Seuls les capteurs de la gamme OBS-3 de D&A sont à ce jour capables de mesurer un signal propre dans toute l'étendue de rétrodiffusion-absorption de la lumière par les matières en suspension, avec modification minimale de réglage. Les turbidimètres et les altimètres seront disposés au fond du chenal et sur l'une des berges, en zone intertidale. Quatre stations seront déployées : deux points le long de l'axe du chenal (ce qui permettra d'évaluer le flux advecté par les courants) ; deux points situés sur la vasière intertidale, perpendiculairement au chenal, indiqueront la composante latérale du transport de sédiments. Il est prévu d'installer ces appareils sur environ une semaine, en débutant l'enregistrement quelques jours avant le passage du premier mascaret, afin de bien enregistrer les conditions prévalant en absence de mascaret.

Les vélocimètres ADV qui seront déployés pour mesurer les vitesses moyennes et turbulentes seront utilisées pour estimer des contraintes de cisaillement sur le fond, qui seront corrélées aux variables de concentration et d'érosion/dépôt enregistrées.

De plus, dans la mesure où des profileurs ADCP seront déployés pour enregistrer les courants moyens, des inversions du signal de rétrodiffusion acoustique pourront être tentées à partir des enregistrements des profileurs (Tessier et al., 2008). Par cette méthode nous disposerons de profils verticaux de concentration en matière en suspension entre le fond et la surface, et des flux particuliers pourront être calculés par exploitation directe des vitesses mesurées (collaborations envisagées avec LEGI Grenoble ou Ifremer Brest). Ceci sera possible dans la mesure où des turbidimètres optiques pourront être mouillés à proximité du ou des ADCP car, le signal acoustique ayant besoin d'être calibré par des mesures de turbidité indépendantes.

Deux Altus seront mis à disposition par les partenaires scientifiques (Ifremer Brest). Le co-financement de 2 Altus est demandé dans le cadre de l'AO Region RRLA Bassin d'Arcachon, et ils seront mis à disposition pour cette expérimentation. Dans le cadre de cette proposition, la demande correspond à 2 turbidimètres autonomes OBS-3A spécifiques à la mesure de fortes concentrations en MES, co-financés par la Région à hauteur de 60%

Personnes impliquées

Castaing P.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	Pr
Oggian G.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	AI
Parisot J-P.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	Pr
Sottolichio A.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	MC

Collaborations extérieures/soutiens (en cours ou à établir)

R. Verney, P. Le Hir, F. Cayocca (Ifremer Brest)

J. Deloffre (M2C –Univ. Rouen)

D. Hurther (LEGI Grenoble)

Demande d'équipement

La demande concerne le soutien (60%) pour 2 turbidimètres autonomes OBS-3A D&A Inst. (gamme 0-4000 NTU), capables de fonctionner à des fortes concentrations (6400 euros TTC /unité)

2.3. Impact du mascaret sur la géochimie des fleuves

Responsable : J. Schäfer

Depuis l'année 2000, nous avons réalisé plusieurs campagnes de prélèvements de sédiments et d'eaux interstitielles en période de mascaret, ainsi que d'eau et de particules de surface pendant deux cycles de marée (collaboration avec CABE, Uni Genève) à proximité (<1km) de la zone d'étude du présent projet.

Les résultats montrent une très forte sous-oxygénation du fond de la colonne d'eau en présence du bouchon vaseux et du sédiment (Robert et al., 2004 ; Audry et al. 2006). Pour cela, les concentrations de certains éléments traces métalliques ETM (Cd, Hg, As, Cu, etc.) dissous dans les eaux interstitielles des sédiments et de la crème de vase sont nettement supérieures à celles de la colonne d'eau. En cas de resuspension, ces ETM sont susceptibles de se retrouver dans la colonne d'eau (Audry et al. 2007a, 2007b), notamment dans l'hypothèse d'un brassage intense pendant le mascaret. Nous avons déjà observé dans les eaux de surface une remobilisation (probablement à partir du sédiment) de métaux dissous par les courants ; cet effet pourrait être accentué par le mascaret. Nos résultats préliminaires suggèrent qu'on aura éventuellement même un signal de la ville de Bordeaux transporté vers l'amont par les courants de la marée. Un transport vers l'amont d'ETM provenant du sédiment par le mascaret est également envisageable et devra être pris en compte. Le brassage de la colonne d'eau avec le transport de « poches d'air » dans les zones plus profondes, typiquement appauvries en oxygène, notamment en présence du bouchon vaseux (e.g. Audry et al. 2006 ; réseau MAGEST), pourrait temporairement « aérer » la colonne d'eau et changer les conditions d'oxydo-réduction. Il sera important de comprendre, si cet effet est significatif et, le cas échéant, s'il améliore ou dégrade les conditions biogéochimiques de la colonne d'eau. Il serait possible que l'apport en O₂ intensifie la respiration microbienne dans la colonne d'eau ce qui pourrait augmenter la mobilisation de métaux liés à la matière organique labile (Audry et al., 2006 ; Masson et al., 2006). En même temps, l'aération de la colonne d'eau pourrait induire la précipitation d'oxy-hydroxydes de Mn et de Fe qui piègeraient un grand nombre d'ETM dans la phase particulaire, peu bio-disponible. Par contre, si ce brassage est accompagné d'une remise en suspension de sédiments/crème de vase, les espèces chimiques présentes dans les eaux interstitielles peuvent à la fois (i) augmenter les concentrations en ETM dissous (Dabrin et al. 2006) et (ii) la consommation de O₂ dans la colonne d'eau. Il est à présent impossible de se prononcer sur la balance entre ces effets possibles, une dominance éventuelle et surtout sur la durée/pérennité des phénomènes induits par le mascaret. Il est évident que notre compréhension actuelle de la dynamique des contaminants en milieu estuarien est limitée par le manque de techniques d'échantillonnage permettant de « décoder » les signaux transitoires à différentes échelles de temps (Coynel et al., 2007) .

L'étude de l'impact du mascaret sur les cycles bio-géochimiques des éléments traces métalliques (ETM) dans l'estuaire est un challenge important en termes de techniques et stratégies de prélèvement car il faudra prélever simultanément à différentes profondeurs et pendant un certain temps (avant, pendant et après l'évènement) pour voir l'effet du mascaret : les échantillons doivent tout de suite être conditionnés (filtrés et stabilisés) sous atmosphère inerte (N₂) pour bénéficier du signal géochimique (oxydo-réduction) de certains éléments. Ceci pourrait être envisagé par la construction d'une boîte à gants adaptée et transportable sur le terrain (en complément de celle qui existe déjà pour découper les sédiments) et d'une structure de prélèvement en plastique (afin d'éviter des contaminations métalliques des échantillons). Ce dernier dispositif sera éventuellement renforcé par un tube en inox isolé afin de résister aux contraintes mécaniques attendues et abritera (à l'intérieur) des tuyaux de prélèvement dont les entrées (bouches d'aspiration) couvrent la colonne d'eau avec une résolution optimale. Plusieurs (3-5) capteurs d'O₂ seront installés à différentes profondeurs et 2 sondes multi-paramètres mesureront en continu les principaux paramètres physico-chimiques (O₂, T, conductivité, pH, Eh) dans l'eau pompée à différentes profondeurs. Sur le site prévu, on aura majoritairement de l'eau douce et on pourra mesurer une large gamme d'éléments traces (Cd, As, Zn, Cu, V, Ni, Cr, Mo, Fe, Mn, Hg, Sb etc.) dissous et particuliers dont une partie en spéciation. Ce développement technique est intéressant parce qu'original (actuellement, personne ne développe cette technique). Il pourrait servir ultérieurement à des prélèvements de la colonne d'eau ailleurs dans l'estuaire (e.g. au niveau des stations MAGEST) en présence de forts courants, ce qui est à présent impossible de réaliser de manière satisfaisante (les profils verticaux sont typiquement prélevés pendant les étales). Le nouveau type de prélèvement à développer permettrait d'accéder à des enregistrements des signaux géochimiques transitoires dans les colonnes d'eau estuariennes.

La période la plus appropriée pour les travaux prévus sera pendant les fortes marées d'équinoxe estivale (septembre), qui coïncident typiquement avec la fin de l'étiage estival, quand (i) le bouchon vaseux est présent et a une forte influence sur le comportement des ETM dans l'estuaire fluvial (Masson et al. 2008), (ii) l'hypoxie

saisonnaire est maximum et (iii) la dilution des signaux géochimiques attendus sera petite en raison des faibles débits fluviaux. Néanmoins, en vue du nombre d'analyses que cela va générer, il est probable que notre pas de temps et/ou durée d'observation seront différents de ceux des mesures physiques.

Il conviendra également de vérifier la représentativité des données acquises en continu par les stations MAGEST (et dont une partie sera utilisée dans le présent projet) par rapport à la section entière du site respectif. Pour cela nous envisageons des campagnes de mesures sur toute la section (radiales) au niveau des stations MAGEST pendant des situations représentatives (saison, hydrologie) à définir. Les résultats existants et attendus seront couplés avec les mesures physiques pour établir/renforcer la compréhension quantitative de l'effet des courants et du mascaret sur les cycles estuariens des éléments traces.

Ce projet est en lien avec le projet ANR VMC EEL-Scope (effets couplés de l'hypoxie saisonnière et des contaminants sur l'anguille européenne, coordinateur : J. Schäfer ; 2008-2010).

Moyens demandés

– 6 mois de postdoc (financés à 100%) pour :

– la conception du prototype de prélèvements des eaux et des particules en continu, sans contamination chimique et en préservant les conditions d'oxydo-réduction in-situ et ceci au cours d'un cycle de marée et avec une résolution spatiale (verticale) adaptée,

– la campagne de terrain (sept 2010; étiage+forts coefficients de marées)

– équipement (7000 €):

– 2 pompes péristaltiques,

– 3 capteurs optiques d'oxygène

– matériaux pour la structure de prélèvement

2.4. Effet du mascaret sur la dispersion des larves de poissons

Responsable : M. Lepage

On trouve dans les estuaires des peuplements de poisson d'origine diverse. Situé à l'interface entre la mer et les eaux douces, les peuplements de poissons estuariens sont issus à la fois du milieu marin (environ 60 % des espèces) et du milieu dulçaquicole (environ 10 % des espèces). Une part relativement importante (environ 20 %) est également représentée par les poissons migrateurs amphihalins et par les espèces résidentes (environ 10 %) (Lobry, 2004).

Les larves de plusieurs espèces de poisson et même de crustacés utilisent les courants de marée pour se disperser ; certaines de l'amont vers l'aval et d'autres de l'aval vers l'amont. Des espèces d'origines marines comme les anchois, les sprats et les bars profitent des courants de marée montante pour coloniser les biefs amont des estuaires mais les espèces qui exploitent probablement le mieux ces courants de marée, sont les espèces migratrices et en particulier les larves des espèces migratrices thalassotoques tels que les flets, les mulets et les anguilles.

Des travaux ont été conduits pour comprendre et décrire ces phénomènes d'utilisation des courants résiduels et des courants de marée pour ces espèces (Weihs, 1978, McCleave and Kleckner, 1982, Miller, 1988, Lambert, 1994, Jager, 1999, Jager, 2001, Beaulaton and Castelnaud, 2005, Edeline et al., 2007) mais à ce jour rien n'a été décrit concernant les possibles effets des mascarets sur la dispersion larvaire. Le caractère très dynamique du mascaret avec un mouvement turbulent intense associé à un transport sédimentaire important vers l'amont nous fait poser l'hypothèse que certaines espèces pourraient profiter de ce front dynamique pour progresser plus rapidement vers l'amont qu'en ayant recours au transport tidal passif.

L'absence d'étude sur les potentialités d'utilisation du mascaret pour les larves de poissons implique aussi une absence de méthode pour l'échantillonnage mais aussi des doutes sur la faisabilité de réalisation des pêches dans des conditions particulièrement difficiles. Nous proposons donc de tester la faisabilité d'échantillonner la vague de front (vague de surf) du mascaret à partir d'une embarcation légère et rapide à l'aide de filet à plancton. Ceci afin de contrôler si des larves sont présentes dans la vague qui progresse rapidement vers l'amont. Un dispositif de piégeage sera également installé avant et après le passage du mascaret pour contrôler la présence ou l'absence de larves et leurs densités.

Les résultats attendus de cette première approche sont de vérifier la faisabilité des échantillonnages et de contrôler l'utilisation du mascaret par les larves. Nous savons d'ores et déjà que les larves qui migrent vers l'amont des estuaires sont peu nombreuses par rapport à celles qui entrent à l'embouchure. Pour pouvoir voir des larves en amont de l'estuaire, il faut que plusieurs conditions soient réunies. Tout d'abord, il faut réaliser les échantillonnages quelques jours après la période d'éclosion des espèces qui colonisent la partie amont des estuaires ; ces périodes sont évidemment différentes pour chaque espèce. Il faut ensuite que la période coïncide avec un mascaret, lui-

même influencé par le coefficient de marée et le débit fluvial. Finalement, il faut que les larves soient portées vers la surface sous l'influence de la turbulence engendrée par le mascaret.

Si l'expérience est concluante du point de vue méthodologique, un projet de plus grande envergure pourrait être conduit pour comprendre en quoi le mascaret contribue au fonctionnement écologique de l'estuaire par l'exportation vers l'amont de biomasse d'origine marine.

Personnels impliqués

Boet P.	CEMAGREF/Aquitaine	DR
Guibert A.	CEMAGREF/Aquitaine	AI
Le Barth R.	CEMAGREF/Aquitaine	Tec
Lepage M.	CEMAGREF/Aquitaine	IE

Plan de travail

Deux campagnes auront lieu au printemps 2010 entre les mois de mars et de mai.

Equipement (disponible)

Une vedette rapide équipée de filets à plancton
Un jeu de filets de rechange
Echosondeur
Volumètre
Loupe binoculaire
Flaconnage et formol
petits matériels (manilles, cordages, couteaux, etc...)

NB : Les dépenses engendrées par cette action seront prises en charge au titre de la convention entre le Cemagref de Bordeaux et le Conseil Régional d'Aquitaine dans le cadre du Contrat de Projet Etat-Région Aquitaine

2.5. Campagne de mesures et levés bathymétriques

Responsables : J.P. Parisot et P. Bonneton

2.5.1. Bathymétries

Des données bathymétriques sont essentielles pour analyser et comprendre l'évolution du mascaret. Le problème se pose à grande échelle (estuaire) et à petite échelle. La figure 8 représente une bathymétrie composite. Les zones à mascaret (Dordogne et amont de Bordeaux) sont très mal connues. Nous avons pris contact avec le Port Autonome de Bordeaux et avec les Voies Navigables de France afin d'obtenir d'une part une bathymétrie moderne numérisée ainsi que la cartographie ancienne.

A petite échelle, c'est-à-dire sur une extension de quelques centaines de mètres, nous effectuerons des levés bathymétriques détaillés, dans les zones à mascaret afin que les modèles puissent se rapprocher de la réalité au maximum. Plusieurs campagnes seront programmées sur notre site d'étude, le Pont d'Arcins. Nous utiliserons l'équipement du laboratoire (zodiac, jet-ski, sondeur et GPS) en partie financé par la Région d'Aquitaine, avec lequel nous avons fait nos mesures durant la mission ECORS sur la plage du Truc-Vert en mars-avril 2007 (Parisot et al, 2008). Pour des mesures très précises (centimétriques), on aura recours à des mesures manuelles, car le couple embarqué, sondeur+GPS, ne permet pas d'atteindre des précisions centimétriques nécessaires pour des modélisations fines.

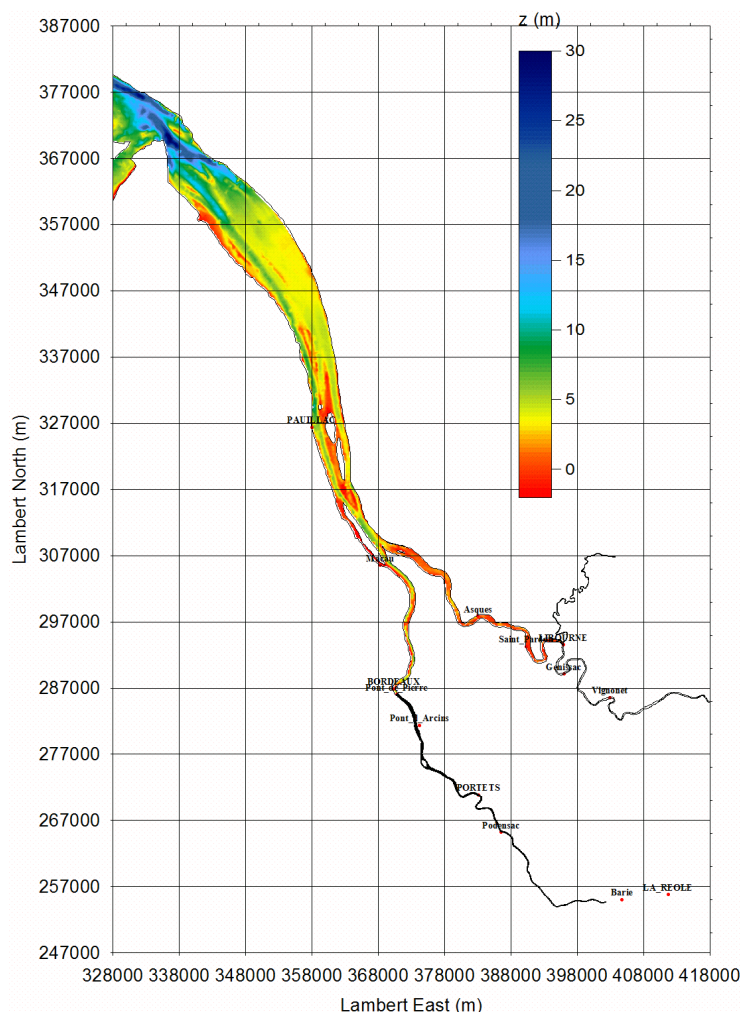


Figure 8. Bathymétrie composite. Les lieux signalés sont les stations MAREL (Bordeaux, Pauillac, Libourne et Portes) ainsi que les sites à mascaret avec les 2 limites les plus en amont, Barie (Garonne) et Vignonet (Dordogne).

Plan de travail

Acquisition des bathymétries existantes (support numérique, cartes) auprès du PAB et des VNF
 Réalisation de bathymétries à haute résolution dans les zones à mascaret. Des campagnes de 3 jours à 1 semaine seront prévues sur les sites qui seront expérimentés. L'objectif est de réaliser avec les moyens expérimentaux du laboratoire (jet-ski, et zodiac) un lever avec une maille de 1 m et une résolution verticale de 15 cm.

Personnes impliquées

Bujan S.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	IE
Castaing P.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	Pr
Marache A.	GHYMAC, Université Bordeaux 1	MC
Maneux, E.	GEO TRANSFERT, Université Bordeaux 1	IE
Oggian G.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	AI
Parisot J-P.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	Pr

Moyens demandés

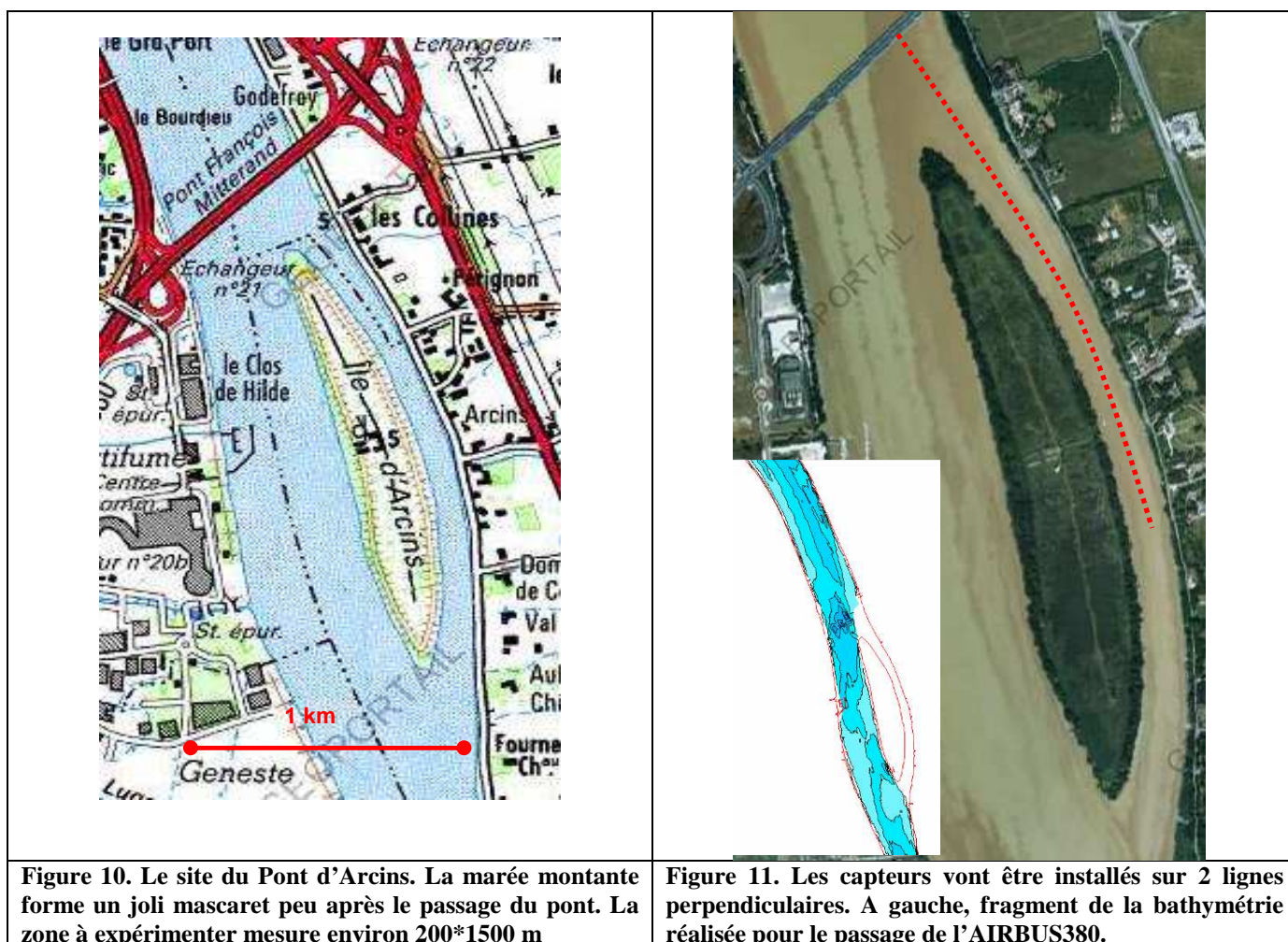
- Frais de déplacement et de fonctionnement pour les véhicules utilisés : zodiac, fourgon pour le transport du matériel, jet-ski.
- Participation à l'achat d'un GPS en remplacement du GPS cinématique du laboratoire EPOC. : 5000 €
- Moyens de calcul et logiciels

2.5.2. Campagnes de mesure

Dans le déroulement de ce projet, nous envisageons d'expérimenter la zone du Pont d'Arcins, qui malgré un mascaret de petite taille (50 cm) présente des avantages (site facile d'accès, mascaret très régulier) qui l'assimilent à un canal à houle et donc bien adapté pour l'interprétation des mesures. Dans ce paragraphe, nous décrivons l'implantation d'instruments hydro-sédimentaire; ce déploiement est accompagné de 2 autres familles d'instruments, avec des prélèvements de nature biologique (cf section 2.4), géochimique (cf. section 2.3).



Figure 9. Le mascaret du pont d'Arcins en aout 1997. La photo est réalisée depuis la rive droite de la Garonne. Les ondulations ont une hauteur d'environ 75 cm. La photo de droite montre la même zone sans mascaret (9/12/2008)



Ce site facile d'accès grâce la petite route qui longe la Garonne, se situe à quelques kilomètres en amont de Bordeaux. La faible profondeur et la régularité des rive en fait un cas d'école très bien adapté à la modélisation. De plus, il se forme à peu près sous le pont et seulement dans le petit bras, ce qui fait que la zone à expérimenter s'étend sur une longueur d'environ 1.5 km et sur une largeur de moins de 200 m.

Les instruments seront localisés sur 2 lignes perpendiculaires

- Une ligne transversale : comprenant 2 Altus (mesure d'érosion et hauteur d'eau) et un turbidimètre, 1 courantomètre (ADCP) réalisant des profils de courant vertical et horizontal,
- Une ligne dans l'axe du courant avec des capteurs de pression divers qui vont mesurer la déformation des ondulations et leur structure. Il y aura également 2 courantomètres ADV équipés de turbidimètres et des mesures de hauteurs d'eau à l'aide de limnimètres fournis par le CEMAGREF.
- des caméras placées sur un pylône ou sur une grue, compléterons le dispositif. La prise de vue est importante et elle sera complétée par des images vues d'en haut par un ULM et par un drone qui suivrons le mascaret sur toute son extension géographique.

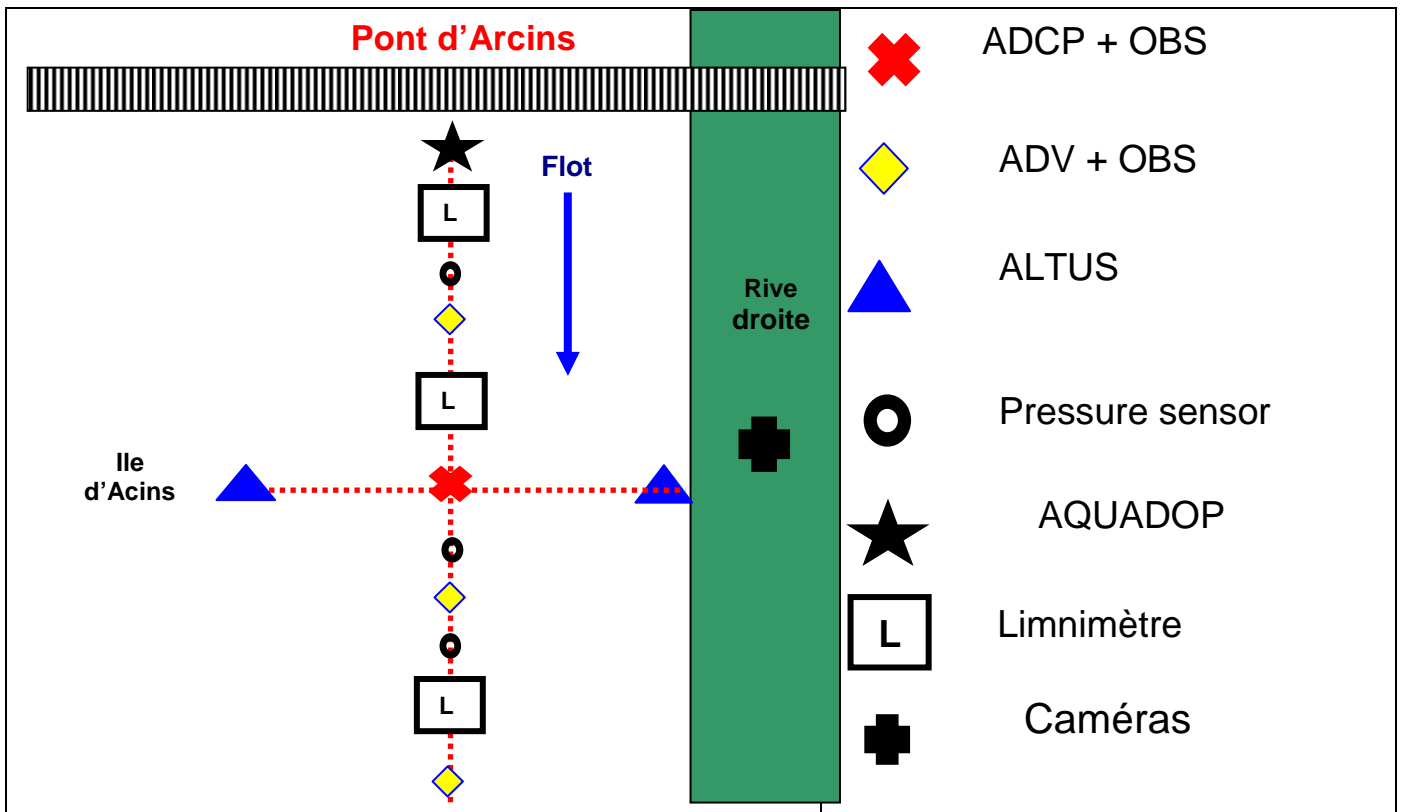


Figure 12. Schéma de principe du positionnement des instruments hydro-sédimentaires à Arcins

Nous sommes en présence d'un problème délicat lié à la rapidité du phénomène et à sa complexité. En ce qui concerne les vitesses, il faut séparer la vitesse d'entraînement des masses d'eau transportées par les marées et la célérité des ondulations. 2 méthodes seront utilisées, le suivi du courant à l'aide de drifters, c'est-à-dire de flotteurs équipés de GPS : ces flotteurs seront déposés à environ 1 km en amont et en aval et suivis par une embarcation (kayak par exemple) afin de récupérer l'ensemble à la fin des mesures. Nous envisageons également le suivi régulier d'autres mascarets par des embarcations équipées de GPS. Des contacts ont déjà été pris avec des associations sportives qui seront associées. La figure 13 montre les drifters utilisés par une équipe américaine pendant la mission ECORS sur la plage du Truc Vert; des dispositifs identiques seront développés prochainement dans l'équipe METHYS pour différents programmes de recherche.



Figure 13. Photographie de driffters utilisés sur la plage du Truc-Vert en mars-avril 2008. Ils sont composés d'un flotteur, d'un fanion pour le repérage, d'un GPS étanche et d'une carte de stockage des données. On enregistre la position et la vitesse de la bouée pour reconstituer le champ de courant



Figure 14. Photo aérienne réalisé en amont du pont d'Arcins en ULM par C. Ferrier.

L'autre méthode est la photographie aérienne, qui serait effectuée ici à partir d'un ULM et par un drone ; Sur le site du pont d'Arcins, le survol est interdit et ce projet est dépendant d'autorisations éventuelles qui seraient accordées. L'ULM volant à faible vitesse permet de caractériser l'allure globale et en particulier les différentes composantes spatiales, la déformation du mascaret... Afin de redresser les images, une série de repères facilement identifiables seront placés au sol et localisés au GPS cinématique. L'équipe METHYS a une longue expérience dans ce domaine avec la gestion des caméras qui sont installées actuellement sur la plage de Biscarosse. Ces 5 caméras réalisent en permanence un suivi de la houle avec un redressement et une combinaison des 5 images. Le suivi du mascaret sera effectué sur toute son extension géographique, c'est-à-dire sur plusieurs dizaines de km.

Plan de travail

Reconnaissance des sites au printemps et automne 2009

Préparation du matériel et des instruments (2 mois).

Installation d'instruments avant la campagne (ALTUS, S4...)

- Mise en place sur le site
- station GPS cinématique
- supports de caméras
- positionnement des structures...

Déploiement et mesures (1 semaine) y compris vol en ULM, drone, driffters...

Personnes impliquées

Bonneton N.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	MC
Bonneton P.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	DR
Bujan S.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	IR
Castaing P.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	Pr
Castelle B.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	CR
Glockner S.	UMR CNRS TREFLE, Université Bordeaux 1	IR
Chanson H.	University of Queensland (Australie)/TREFLE	Pr
Lubin, P.	UMR CNRS TREFLE, Université Bordeaux 1	MC
Maneux, E.	GEO TRANSFERT, Université Bordeaux 1	IE
Oggian G.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	AI
Parisot J-P.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	Pr
Pradalier F.	Bommes Nautiques	BE
Post-Doc mesure	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	PostD
Schäffer J.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	MC
Sotollichio A.	UMR CNRS EPOC, Université Bordeaux 1	MC
These Trefle	UMR CNRS TREFLE, Université Bordeaux 1	Doc

Moyens demandés

- Gros équipement pour le stockage et transport du matériel ;
- Equipement scientifique + structures
- Achat de caméras et installation des caméras
- Achat de GPS étanches et mise au point de drifters :

2.6. Projets annexes et perspectives

Réalisation d'une base de données

Cette base de données est essentielle pour que nous ayons une connaissance globale du phénomène : site où il se forme, date et heure de son passage, hauteur des ondulations, photographies... Nous envisageons de constituer cette base dans le cadre des bases de données de l'OASU, en mettant en place un site interactif permettant à toutes personnes ayant des informations de les insérer dans cette base.

Analyse d'archives anciennes

Les journaux locaux, en particulier Sud-Ouest, sont un bon support pour nous renseigner sur le passé du mascaret. Même s'il ne s'agit que du volet médiatisation, il peut nous apporter des informations très utiles sur l'évolution du mascaret : zone où il se produit, hauteur... Une collaboration avec des sociologues (D. Salles, Toulouse) est en cours de discussion.

Amélioration des prévisions

Actuellement les prévisions de passage du mascaret sont disponibles sur le site <http://www.obs.u-bordeaux1.fr/mascaret/index.html>, où elles sont calculées à partir de méthodes développées par J.P Parisot et J.P. Busset. L'analyse des données MAREL et des marégraphes permettra d'améliorer fortement ces prévisions.

Film documentaire grand public

Philippe Lespinasse, journaliste et réalisateur a déjà réalisé plusieurs films sur le mascaret depuis 1982, notamment pour l'émission Thalassa (France 3). Il propose de suivre nos travaux en vue d'un film scientifique destiné à une diffusion grand public.

3. Calendrier général

	Coordination	2009	2010	2011
Analyse des données MAGEST (MAREL Gironde ESTuaire).	J.P. Parisot	Traitement de données MAGEST, marégraphes Calibration des mesures de hauteur	Suite du traitement	
Caractérisation expérimentale et modélisation de la propagation du mascaret	P. Bonneton	Mise en œuvre des modèles	Adaptation au site de mesure	Traitement
Processus turbulents	P. Lubin	Mise en œuvre des modèles	Adaptation au site de mesure	Traitement
Impact du mascaret sur les fonds sédimentaires	A. Sottolichio et P. Castaing		Campagne de mesures	Traitement
Impact du mascaret sur la géochimie des fleuves	J. Schäffer J.		Campagne de mesures	Traitement
Effet du mascaret sur la dispersion des larves de poissons	M. Lepage		Campagne de mesures au printemps	Traitement
Bathymétries	J.P. Parisot	Campagne de mesures dans les zones choisies	Campagne de mesures dans les zones choisies	Traitement
Campagnes de mesure	J.P. Parisot et P. Bonneton	Choix du site de mesure	Campagne de mesures intensive	Traitement

4. Bilan des moyens demandés

4.1 Personnels

3 postes sont demandés dans le cadre de ce projet. Il s'agit de 2 post-docs en soutien aux mesures hydrographiques (EPOC/METHYS) et géochimiques (EPOC/ GEMA) et d'une thèse en modélisation (laboratoire TREFLE).

Salaires en euros	2009	2010	2011	Total	Demande region	
Post-Doc mesures in situ (1 an)	0	45 735	0	45 735	100%	45735
Post-Doc chimie/prélèvements (6 mois)	0	22 868	0	22 868	100%	22868
These Trefle (3 ans)	31 667	31 667	31 667	95 000	50%	47500
TOTAL						116 103 €

4.2. Equipement

EQUIPEMENT (euros)	Prix unitaire (euros)	Nombre	Total	Demande région
Capteurs : ADCP + structure (EPOC/METHYS)	25 000	1	25 000	12500
3 Capteurs de pression (EPOC/METHYS) + structure	1 000	3	3 000	1500
2 Turbidimètres OBS-3A (EPOC/METHYS)	6 400	2	12 800	6400
GPS cinématique (participation au remplacement)	5 000	1	5 000	2500
Développement de 2 drifters (EPOC/METHYS)	600	2	1 200	0
2 GPS + boîtiers étanches (EPOC/METHYS)	350	2	700	350
Kayak et équipement (gilet pagaies)	1 000	2	2 000	0
2 Caméras et supports (EPOC/METHYS)	2 000	1	2 000	1000
3 PC (EPOC/METHYS)	1 200	3	3 600	1800
Serveur de calcul (EPOC/METHYS)	6 000	1	6 000	3000
3 stations de travail (TREFLE)	1 500	3	4 500	2250
4 licences Matlab (EPOC/METHYS)	500	4	2 000	1000
Cartes IGN et autres (VNF, PAB, SHOM) sur support numérique	1 000	1	1 000	0
Licences logiciels station de travail	5 000	1	5 000	0
Station de travail (GHYMAC)	1 200	1	1 200	600
Licence ISATIS (GHYMAC)	1 500	1	1 500	750
Matlab + 2 toolbox (GHYMAC)	900	1	900	450
Pompes, capteurs et matériel de prélèvement (EPOC/GEMA)	7 000	1	7 000	3500
TOTAL (euros)			84 400 €	37 600 €

4.3. Fonctionnement

FONCTIONNEMENT (euros)		montant
Levers bathymétriques en jet ski/Zodiac : 200 euros / levé (carburant + huile compris)	5 levers	1000
Levers topographiques : 50 euros / levé (carburant + huile compris)	5 levers : positionnement d'instruments, jalons pour cameras...	250
Développement de structures de mouillage et mise en place des instruments	Vrilles, structures, perches...	5000
Vol ULM biplace avec pilote (160 euros/h)	3*2 h	960
Location d'un drone (200 euros/h)	2 vols de 1 h	1800
Suivi des drifters (zodiac et kayak)	Plusieurs séquences	200
1 groupe électrogène		1000
Transport/assurance des instruments de H. Chanson	vélocimètres	10 500
FONCTIONNEMENT COURANT		
Assurance diverses		4000
Repas : 6 jours pour 30 personnes	15 euros / jour / personne	2700
Reunions de travail		500
Déplacements sur site		1000
CONSOMMABLES		
Carburant pour groupe et véhicule		500
Petit matériel		3000
LOCATIONS		
Stockage du matériel : 1 container (transport sur site)		1000
Location d'un véhicule léger	Recherche de site, déploiement...	1000
Location de 1 véhicule utilitaire pour les phases d'installation et de désinstallation:		400
Bateaux divers : mise en place des instruments, bathymétries, prélèvements...		2000
Echafaudage pour camera + haubanage		1000
TOTAL (euros)		37810

5. Personnel impliqué

Chercheurs français					
NOM	ORGANISME	GRADE	2009	2010	2011
Bonneton N.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	MC	10%	30%	30%
Bonneton P.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	DR	10%	30%	20%
Bujan S.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	IE	10%	20%	10%
Bossy C.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	IR	10%	10%	10%
Carrion B.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	Doc	80%	80%	80%
Castaing P.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	Pr	100%	0%	0%
Castelle B.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	CR	10%	10%	10%
Coynel A.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	MC	10%	10%	10%
Etcheber H.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	CR	10%	10%	10%
Hanquiez V.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	IR	5%	5%	5%
Marieu V.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	IR	5%	5%	5%
Oggian G.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	AI	20%	20%	10%
Parisot J-P.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	Pr	50%	100%	100%
Sottolichio A.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	MC	10%	50%	50%
Schäfer J.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	MC	10%	10%	10%
Blanc G.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	Pr	10%	10%	10%
Post-Doc mesures in situ	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	PostD	0%	100%	0%
Post-Doc chimie/prélevmts.	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	PostD	0%	50%	0%
IE à recruter	UMR CNRS EPOC, Univ. Bordeaux 1	IE	0%	50%	50%
Marache A.	GHYMAC, Univ. Bordeaux 1	MC	10%	10%	10%
Glockner S.	UMR CNRS TREFLE, Univ. Bordeaux 1	IR	10%	50%	50%
Lubin, P.	UMR CNRS TREFLE, Univ. Bordeaux 1	MC	10%	50%	50%
These Trefle	UMR CNRS TREFLE, Univ. Bordeaux 1	Doc	100%	100%	100%
Maneux, E.	GEO TRANSFERT, Univ. Bordeaux 1	IE	10%	20%	10%
Chercheurs étrangers					
NOM	ORGANISME	GRADE	2009	2010	2011
Cienfuegos R.	Pontifica Universidad Catolica de Chile	MC	10%	10%	10%
Chanson H.	University of Queensland (Australie)/TREFLE	Pr	0%	10%	10%
Chercheurs CEMAGREF					
NOM	ORGANISME	GRADE	Nombre de jours		
Boet P.	CEMAGREF/Aquitaine	DR		5	
Guibert A.	CEMAGREF/Aquitaine	AI		8	
Le Barth R.	CEMAGREF/Aquitaine	Tec		8	
Lepage M.	CEMAGREF/Aquitaine	IE		10	
Autres organismes					
NOM	ORGANISME	Fonctions	Nombre de jours		
Pradalier F.	Bommes Nautiques	BE	10		

6. Références bibliographiques générales

- AUDRY S., BLANC G., SCHÄFER J., GUÉRIN F., MASSON M. ROBERT S. (2007): Budgets of Mn, Cd and Cu in the macrotidal Gironde estuary (SW France). *Mar. Chem.* 107:433-448.
- AUDRY S., BLANC G., SCHÄFER J., ROBERT S. (2006): Early diagenesis of trace metals (Cd, Cu, Co, Ni, U, Mo and V) in the freshwater reaches of a macrotidal estuary. *Geochim. Cosmochim. Acta* 70:2264-2282.
- AUDRY S., BLANC G., SCHÄFER J., ROBERT S. (2007): Effect of estuarine sediment resuspension on early diagenesis, sulfide oxidation and dissolved molybdenum and uranium distribution. *Chem. Geol.* 238:149-167.
- Barthelemy, E. 2004 Nonlinear shallow water theories for coastal waves. *Surveys in Geophysics*, **25**, 315-337.
- Bartsch-Winkler S. and Lynch B. (1988). Catalogue of Worldwide Tidal Bore Occurrences and Characteristics. US Geological Survey Circular 1022
- Bartsch-Winkler, S., Emmanuel, R.P. et Winkler, G.R. (1985) Reconnaissance Hydrology and Suspended Sediment Analysis, Turnagain Arm Estuary, Upper Cook Inlet. US Geological Survey Circular, No. 967, pp. 48-52.
- Beaulaton, L. & Castelnaud, G. (2005) The efficiency of selective tidal stream transport in glass eel entering the Gironde (France). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, **378-379**, 5-21.
- Chanson, H. (2005), "Mascaret, Aegir, Pororoça, Tidal Bore. Quid ? Où? Quand? Comment? Pourquoi ?" La Houille Blanche, N°3, pp. 103-114 ; http://www.uq.edu.au/~e2hchans/tid_bore.html
- Chanson, H., "Acoustic Doppler Velocimetry (ADV) in the Field and in Laboratory: Practical Experiences." Proceedings of the International Meeting on Measurements and Hydraulics of Sewers IMMHS'08, Summer School GEMCEA/LCPC, 19-21 Aug. 2008, Bouguenais, Frédérique LARRARTE and Hubert CHANSON Eds., Hydraulic Model Report No. CH70/08, Div. of Civil Engineering, The University of Queensland, Brisbane, Australia, Dec., pp. 49-66 (ISBN 9781864999280). <http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:159549>, 2008.
- Chanson, H., "Mascaret, Aegir, Pororoça, Tidal Bore. Quid ? Où? Quand? Comment? Pourquoi ?" JI La Houille Blanche, No. 3, pp. 103-114 (ISSN 0018-6368) (in French). <http://espace.library.uq.edu.au/view.php?pid=UQ:9447>, 2005.
- Chen, J., C. Liu, C. Zhang et H. J. Walker (1990) Geomorphological Development and Sedimentation in Qiantang Estuary and Hangzhou Bay. *Jl of Coastal Res.*, Vol. 6, No. 3, pp. 559-572.
- Cienfuegos, R., Barthelemy, E. and Bonneton, P. 2008 A wave-breaking model for Boussinesq-type equations including mass-induced effects, *J. Waterway, Port Coastal and Ocean Engrg.*, accepted.
- Cienfuegos, R., Barthelemy, E. and Bonneton, P. 2006 A fourth-order compact finite volume scheme for fully nonlinear and weakly dispersive Boussinesq-type equations. Part I: Model development and analysis. *Int. J. Numer. Meth. Fluids*, **56**, 1217-1253.
- Cienfuegos, R., Barthelemy, E. and Bonneton, P. 2007 A fourth-order compact finite volume scheme for fully nonlinear and weakly dispersive Boussinesq-type equations. Part II: Boundary conditions and model validation. *Int. J. Numer. Meth. Fluids*, **53** (9), 1423-1455.
- Comoy M. (1881), " Etude pratique sur les marées fluviales et notamment sur le mascaret". Gauthier-Villards. PARIS. 399 p.
- COYNEL A., SCHÄFER J., BLANC G., BOSSY C. (2007): Scenario of particulate trace metal transport during a major flood event inferred from transient geochemical signals. *Appl. Geochem.* 22:821-836.
- DABRIN A., SCHÄFER J., BLANC G., MASSON M., BOSSY C. (2006). Geochemical responses to local dredging in a macrotidal estuary. 9th International Estuarine Biogeochemistry Symposium, 7-11 May 2006, Warnemünde, Germany.
- Destriau G. (1951), "Le mascaret". *Annales des Ponts et Chaussées*, N° 121, pp 609-635.
- Dingemans, M.W. 1997 Water wave propagation over uneven bottoms. Part2 : Non-linear wave propagation. World Scientific.
- Donnelly, C. et H. Chanson (2002) Environmental Impact of Undular Tidal Bores in Tropical Rivers. *Environmental Fluid Mechanics*, Vol. 5, No. 5, pp. 481-494
- Donnelly, C. et H. Chanson, "Environmental Impact of Undular Tidal Bores in Tropical Rivers." *Environmental Fluid Mechanics*, Vol. 5, No. 5, pp. 481-494 (DOI: 10.1007/s10652-005-0711-0) (ISSN 1567-7419). <http://espace.library.uq.edu.au/view.php?pid=UQ:8727>, 2005.
- Edeline, E., Beaulaton, L., R., L. B. & Elie, P. (2007) Dispersal in metamorphosing juvenile eel *Anguilla anguilla*. *Marine Ecology Progress Series*, **344**.
- Furetière A. (1690), "Dictionnaire Universel Contenant généralement tous les mots François tant vieux que modernes, & les termes de toutes les Sciences & des Arts".. La Haye ; ROTTERDAM
- Hirsch N. (2004), "Le Mascaret : Histoire, géographie et mécanique d'un vague solitaire". *Météorologie Marine*, N° 204, pp 10-13
- Hui, W.H., and Pan, C. 2003 Water level-bottom topography formulation for the shallow-water flow with application to the tidal bores of the Qiantang River. *Comput. Fluid Dyn.*, 12 (2).
- Jager, Z. (1999) Selective tidal stream transport of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard (Ems estuary). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **49**, 347-362.

- Jager, Z. (2001) Transport and retention of flounder larvae (*Platichthys flesus* L.) in the Dollard nursery (Ems estuary). *Journal of Sea Research*, **45**, 153-171.
- Kineke, G.C. et R.W Sternberg (1992) Measurements of high concentration suspended sediments using the optical backscatterance sensor. *Marine Geology*, 108 (3-4) : 253-258.
- Kirby, J.T., 2003 Boussinesq models and applications to nearshore wave propagation, surfzone processes and wave-induced currents, in *Advances in Coastal Modeling*, V. C. Lakhan (ed), Elsevier, 1-41.
- Koch, C. et H. Chanson, "An Experimental Study of Tidal Bores and Positive Surges: Hydrodynamics and Turbulence of the Bore Front." Report No. CH56/05, Dept. of Civil Engineering, the University of Queensland, Brisbane, Australia, July (ISBN 1864998245), 2005.
- Koch, C. et H. Chanson, "Turbulent mixing beneath an undular bore front", *Journal of Coastal Research*, 24, pp 999-1007, 2008.
- Lambert, P. (1994) Synthèse des concepts de modélisation du phénomène de migration des civelles d'*Anguilla anguilla* en estuaire. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, **335**, 99-110.
- Lobry, J. (2004) *Quel référentiel de fonctionnement pour les écosystèmes estuariens ? Le cas des cortèges de poissons fréquentant l'estuaire de la Gironde*. Thèse de doctorat, Cemagref Bordeaux 1.
- Lubin P., S. Glockner and H. Chanson, Numerical simulation of turbulence generated by a tidal bore. Abstract submitted to Conference on Turbulence and Interactions TI2009, 2009.
- Lynch, D. K., (1982), "Les mascarets" ; Pour la Science, Décembre 1982, pp 50-60.
- Madsen, P.A. and Schäffer, H.A. 1999 A review of Boussinesq-type equations for gravity waves. In *Advances in Coastal and Ocean Engineering*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., edited by Philip L.-F. Liu, **5**, 1-94.
- Madsen, P.A., Simonsen, H.J. and C.-H. Pan 2005 Numerical simulation of tidal bores and hydraulic jumps, *Coast. Eng.*, **52**, pp 409-433.
- Malandain J.J. (1988), "La Seine au Temps du Mascaret" ; Le Chasse-Marée, N°34, pp. 30-45
- Marche, F. et Bonneton, P. 2007b Un modèle "équilibre" d'ordre élevé pour les équations de Saint-Venant et extensions au cas dispersif pour la propagation de la houle en milieu littoral. *18^{ème} Congrès Français de Mécanique*, 6p.
- Marche, F., Bonneton, P., Fabrie, P. and Seguin, N. 2007a Evaluation of well-balanced bore-capturing schemes for 2D wetting and drying processes. *Int. J. Numer. Meth. Fluids*, **53** (5), 867-894.
- MASSON M., BLANC G., SCHÄFER J., PARLANTI E., DABRIN A., DELSUC J., LECOUSTUMER P. (2006). Copper addition in the freshwater reaches of a macrotidal estuary (Gironde Estuary, France). 9th International Estuarine Biogeochemistry Symposium, 7-11 May 2006, Warnemünde, Germany.
- MASSON M., SCHÄFER J., BLANC G., DABRIN A., CASTELLE S., LAVAUX G. (2008). Behavior of arsenic and antimony in the surface freshwater reaches of a highly turbid estuary, the Gironde Estuary, France. 10th International Estuarine Biogeochemistry Symposium 18-21 May, Xiamen, China.
- McCleave, J. D. & Kleckner, R. C. (1982) Selective tidal stream transport in the estuarine migration of glass eels of the American eel (*Anguilla rostrata*). *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, **40**, 262-271.
- Miller, J. M. (1988) Physical processes and mechanisms of coastal migrations of immature marine fishes. *American Fisheries Society Symposium*, **3**, 68-76.
- Navarre P. (1995). "Aspects physiques du caractère ondulatoire du mascaret en Dordogne". DES. Université Bordeaux I.
- Parisot J.P., Capo S., Bujan S, Senechal N. et Brilllet J. (2008). Traitement des données topographiques et bathymétriques acquises sur le littoral aquitain : optimisation des mesures effectuées en quad et au théodolite. Xèmes Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil. Sophia-Antipolis. Octobre 2008
- ROBERT S., BLANC G., SCHÄFER J., LAVAUX G., ABRIL G. (2004): Metal mobilization in the Gironde estuary (France): the role of the soft mud layer in the maximum turbidity zone. *Mar. Chem.* 87:1-13.
- Sénechal N. et al. (2008). ECORS-Truc-Vert 2008 : qualification des modèles de houle et de morphodynamique. Xèmes Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil. Sophia-Antipolis. Octobre 2008
- Sottolichio A., P. Le Hir et P. Castaing (2001) Modeling mechanisms for the turbidity maximum stability in the Gironde estuary, France, In : *W.H. McAnally, A.J. Mehta (Eds.), Coastal and Estuarine Fine Sediment Processes, Elsevier, Amst*, 373-386.
- Sottolichio, A., D. Hurter, H. Michallet, N. Gratiot, et P. Bretel (2004) Turbulence Measurements in Fluid Mud Layers of a Macrotidal Estuary. 12th Int. Conf. on Physics of Estuaries and Coastal Seas (PECS), 19-22 oct. 2004, Mérida (Mexique).
- Sottolichio, A., D. Hurther, N. Gratiot et P. Bretel (2007) Benthic processes in a highly turbid estuary through acoustic velocity measurements. 9th INTERCOH Conference, September 25-28, 2007, Brest-France
- Tessier, B., et J.H.J. Terwindt (1994) An Example of Soft-Sediment Deformations in an intertidal Environment - The Effect of a Tidal Bore. *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences, Série II, Vol. 319, No. 2, Part 2*, pp. 217-233 (in French).
- Tessier, C., P. Le Hir, X. Lurton et P. Castaing (2008) Estimation de la matière en suspension à partir de l'intensité rétrodiffusée des courantomètres acoustiques à effet Doppler (ADCP). *Comptes Rendus Geosciences*, **340** (1), 57-67.

- Trevethan, M. et H. Chanson, "Turbulent Mixing in a Small Estuary: Detailed Measurements ." *Estuarine Coastal and Shelf Science*, Vol. (DOI: 10.1016/j.ecss.2008.10.020) (ISSN 0272-7714), 2009
- Trevethan, M., H. Chanson and R. Brown, "Turbulence Characteristics of a Small Subtropical Estuary during and after some Moderate Rainfall." *Estuarine Coastal and Shelf Science*, Vol. 79, No. 4, pp. 661-670 (DOI: 10.1016/j.ecss.2008.06.006) (ISSN 0272-7714). {<http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:154999>}, 2008.
- Trevethan, M., H. Chanson et M. Takeuchi, "Continuous High-Frequency Turbulence and Sediment Concentration Measurements in an Upper Estuary." *Estuarine Coastal and Shelf Science*, Vol. 73, No. 1-2, pp. 341-350 (DOI:10.1016/j.ecss.2007.01.014) (ISSN 0272-7714). {<http://espace.library.uq.edu.au/view.php?pid=UQ:13781>}, 2007.
- Trevethan, M., H. Chanson et R. Brown, "Turbulent Measurements in a Small Subtropical Estuary with semi-Diurnal Tides." *Jl of Hyd. Engrg., ASCE*, Vol. 134, No. 11, pp. 1665-1670 (DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9429(2008)134:11(1665)) (ISSN 0733-9429). {<http://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:158890>}, 2008.
- Weihs, D. (1978) Tidal stream transport as an efficient method for migration. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, **38**, 92-99.
- Wolanski, E., Williamns, D., Spagnola S., and Chanson, H. (2004) Undular Tidal Bore Dynamics in the Daly Estuary, Northern Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 60, No. 4, pp. 629-636 (ISSN 0302-3524).

APPEL A PROJETS 2009

COMPETENCES DES EQUIPES INTERVENANT DANS LE PROJET DE RECHERCHE

I – Personnels impliqués dans le projet par laboratoire

Identité	Qualification	Adresse électronique	Volet 1	Volet 2
UMR 5805 CNRS-Univ. Bordeaux 1 « Environnements et Paléo-environnements océaniques » EPOC				
Equipe ECOBIOC				
Guy BACHELET	DR	g.bachelet@epoc.u-bordeaux1.fr	10%	
Benoît SAUTOUR	MCF	b.sautour@epoc.u-bordeaux1.fr	20%	
Nicolas SAVOYE	MCF	n.savoye@epoc.u-bordeaux1.fr	10%	
Equipe GEMA				
Gérérd BLANC	Pr	g.blanc@epoc.u-bordeaux1.fr	10%	10%
Cécile BOSSY	IR	c.bossy@epoc.u-bordeaux1.fr	15%	10%
Henri ETCHEBER	CR	h.etcheber@epoc.u-bordeaux1.fr	15%	10%
Alexetra COYNEL	MCF	a.coynel@epoc.u-bordeaux1.fr	20%	10%
Jörg SCHAFER.	MCF	j.schaefer@epoc.u-bordeaux1.fr	10%	10%
Sabine SCHMIDT	CR	s.schmidt@epoc.u-bordeaux1.fr	5%	
Post-doc contaminants			100%	
Post-Doc chimie/prélèvements	PostD			100%
Equipe METHYS				
Natalie BONNETON	MCF	n.bonneton@epoc.u-bordeaux1.fr		20%
Philippe BONNETON	DR	p.bonneton@epoc.u-bordeaux1.fr		20%
Benjamin CARRION	Doct.	benja.carrion@gmail.com		80%
Patrice CASTAING	Pr	p.castaing@epoc.u-bordeaux1.fr	10%	30%
Bruno CASTELLE	CR	b.castelle@epoc.u-bordeaux1.fr		10%
Vncent MARIEU	IR	v.marieu@epoc.u-bordeaux1.fr		10%
Jean-Paul PARISOT	Pr	parisot@epoc.u-bordeaux1.fr		80%
Aldo SOTTOLICHIO	MCF	a.sottolichio@epoc.u-bordeaux1.fr	30%	10%
NN mesures in situ	Post-doc			100%
NN modélisation hydroséd	Post-doc		100%	
Services communs				
Stéphane BUJAN	IE	s.bujan@epoc.u-bordeaux1.fr		10%
Vincent HANQUIEZ	IR	v.hanquiez@epoc.u-bordeaux1.fr		10%
Georges OGGIAN	AI	g.oggian@epoc.u-bordeaux1.fr	10%	20%
Hervé DERRIENIC	T	h.derrienic@epoc.u-bordeaux1.fr	10%	
IE à recruter	IE CDD			20%

Identité	Qualification.	Adresse électronique	Volet 1	Volet 2
CEMAGREF Aquitaine				
ECOSEMA				
Philippe BOET	DR	philippe.boet@cemagref.fr	15%	5%
A. GUIBERT	AI	guibert@cemagref.fr		5%
R. LE BARTH	Tec	lebarth@cemagref.fr		5%
Mario LEPAGE	IE	mario.lepage@bordeaux.cemagref.fr	15%	5%
Pierre ÉLIE	DRE	Pierre.elie@cemagref.fr	5%	
Anais JUST	IE (CDD)	anais.just@cemagre.fr	30%	
Michel GIRARDIN	IE	michel.girardin@cemagref.fr	15%	
Alain LECHENE	IAE	alain.lechene@cemagref.fr	30%	
ADER				
Mbolatiana RAMBONILAZA	CR		10%	
Christophe BOCHET	IE	fr	20%	
X	Post-Doc		100%	
UMR CNRS 8508 - Université Bordeaux 1 TREFLE ; équipe MFEN				
Stéphane GLOCKNER	IR	glockner@enscpb.fr		20%
Pierre LUBIN	MCF	lubin@enscpb.fr		20%
These Trefle	Doc			80%
Hubert CHANSON	Pr	h.chanson@uq.edu.au		10%
UMR CNRS 5255 - Université Bordeaux 1 ISM, équipe LPTC				
Hélène BUDZINSKI	CR	h.budzinski@ism.u-bordeaux1.fr	10%	
Jérôme CACHOT	Pr	j.cachot@ism.u-bordeaux1.fr	10%	
Edith PARLANTI	CR	e.parlanti@ism.u-bordeaux1.fr	5%	
K. LE MENACH	IR	k.lemenach@ism.u-bordeaux1.fr	10%	
Sylvie AUGAGNEUR	IE	s.augagneur@ism.u-bordeaux1.fr	5%	
L. PELUHET	T	l.peluhet@ism.u-bordeaux1.fr	15%	
M.H DEVIER	MCF	mh.devier@ism.u-bordeaux1.fr	10%	
UMR CNRS 5113-Université Bordeaux IV GRETha				
Patrick POINT	DR	point@u-bordeaux4.fr	20%	
Sylvie FERRARI	MCF	sylvie.ferrari@u-bordeaux4.fr	40%	
Jean-Jacques MALFAIT	MCF	malfait@u-bordeaux4.fr	20%	
Sébastien LAVAUD	IE	Lavaud@u-bordeaux4.fr	40%	
X	doctorant		100%	
X	CDD IE		100%	
X	Vacataire enquêteur		100%	
EA 4134 Université Bordeaux 1 – GHYMAC- CDGA				
Antoine MARACHE	MCF	a.marache@ghymac.u-bordeaux1.fr		20%

↳ Moyens de recherche des équipes participantes utilisés dans le cadre du projet

EPOC – Equipe GEMA
ICP-MS (spectromètre de masse couplé à un plasma induit)
Couplage GC/ICP-MS (chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse)
Couplage HPLC/ICP-MS (chromatographie liquide / spectrométrie de masse)
Couplage générateur d'hydrures-spectromètre d'absorption atomique
Carottier tube, vibro-carotteur,
Spectro-radiomètre alpha, bêta, gamma
Congélateurs à -20°C et -80°C
EPOC – Equipe METHYS
Bouée de houle hte fréquence Triaxys
Bouée houlographe S4 DW
Profileur de courant tractable ADCP WH 600kHz (RDI)
Profileur autonome de courant+vagues AWAC (Nortek)
Modèle 2DH SURF_SVWB
Modèle SWAN de simulation des vagues
Modèle SiAM-3D d'hydrodynamique et de transport sédimentaire en estuaire
Super-calculateur du pôle M3PEC
2 turbidimètres optiques OBS (D&A Inst.)
Vélocimètre acoustique ADV Vector (Nortek)
Profileur de courant autonome ADCP 1200 kHz (RDI) (en attente de réparation)
Altimètre autonome à ultra-sons ALTUS (NKE)
Sonde autonome turbidité-pression STBD (NKE)
EPOC – Services communs
4 véhicules de terrain
4 Stations de mesures autotmiques marée/turbidité/salinité– Réseau MAGEST
Zodiac
Cemagref ECOSEMA
Base de données de pêches géoréférencées
Plateforme SIG (ArcView 9)
UMR TREFLE
Calculateur SGI ALTIX ICE 8200, 256 processeurs Xeon, 12To de Stockage disque
2 serveurs graphiques
UMR ISM - LPTC
Couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse en tetem triple quadrupôle (Waters)
Couplages chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse (Hewlett Packard et Agilent Technologies)
Couplage chromatographie en phase gazeuse /spectrométrie de masse isotopique (Thermo Scientific)
Chromatographe en phase gazeuse / détecteur à capture d'électrons (Agilent Technologies)
Extracteurs Soxhlet et extracteurs à reflux, bains à ultrasons, centrifugeuses et extracteurs micro-ondes
Extracteur ASE (sous pression) (Dionex)
Matériel de purification (SPE et SPME) automatique
Congélateurs à -20°C et – 80°C

II – Thèses, DEA, Publications, moyens de recherche (pour les trois dernières années)

Les informations de cette rubrique sont classées par laboratoire et par équipe. Elles ne sont pas l'inventaire exhaustif des travaux des équipes ; seuls sont cités les travaux en relation avec le projet proposé.

Au total, le nombre de travaux scientifiques se rapportant au projet de recherche réalisés par les intervenants dans le projet (3 dernières années) est le suivant :

Publications dans des revues à comité de lecture : 129

Communications : 149

Total : 278

Thèses se rapportant au projet dans les équipes impliquées :

Sujet de thèse, nom de l'Etudiant et du Directeur de Thèse. Seules les thèses encadrées dans le cadre des équipes intervenant dans le projet de recherche sont à considérer.

- Matthieu Masson (soutenance 08.10.2007), Sujet de thèse : Sources et transferts métalliques dans le bassin versant de la Gironde - Réactivité et mécanismes géochimiques dans l'estuaire fluvial de la Gironde Encadrement: G. Blanc (40%), J. Schäfer (40%), Edith Parlanti (20%). Poursuite en post-doc (2008-2010 ; CABE, Université de Genève, Suisse).
- Sabine Castelle (soutenance 23.10.2008), Sujet de thèse : Spéciation et réactivité du mercure dans le système fluvio-estuarien girondin. Encadrement: J. Schäfer (70%), G. Blanc (30%). Poursuite en post-doc (Nov. 2008- ; IFREMER ; Centre de Méditerranée).
- Aymeric Dabrin (début : octobre 2005), Sujet de thèse : Réactivité des métaux en zone littorale - Transferts Gironde-Marennes-Oléron. Encadrement: G. Blanc (50%), J. Schäfer (50%).
- Emilie Strady (début : octobre 2007), Sujet de thèse : Mécanismes biogéochimiques de la contamination polymétallique des mollusques bivalves dans l'estuaire de la Gironde. Encadrement: J. Schäfer (33%), M. Baudrimont (33%), G. Blanc (33%).
- Laurent Lancelleur (début : octobre 2007), Sujet de thèse : Réactivité, spéciation et cycles biogéochimiques (sources, transfert, bioaccumulation) des contaminants métalliques dans l'estuaire fluvial de la Gironde. Encadrement: J. Schäfer (50%), G. Blanc (50%).
- Aurélie Larrose (début : octobre 2007), Sujet de thèse : Contamination en Cd, Cu et As : spatialisation et quantification des sources, historique des apports et mobilité des métaux dans l'estuaire de la Gironde. Encadrement: G. Blanc (40%), A. Coynel (30%), J. Schäfer (30%).
- Hana-Kaisa Saari (soutenance 09.12.08) Dynamique saisonnière des transferts particulaires dans les systèmes fluvio-estuariens : application des radioisotopes à courtes périodes : 234 Th, 7 Be et 210 Pb. Encadrement S. Schmidt.

DEA se rapportant au projet uniquement :

Sujet de DEA, nom de l'Etudiant

- Brice Meunier 2007 : Spatialisation de la contamination métallique (Cd, Cu, As et Zn) dans les sédiments de l'estuaire de la Gironde : état des lieux. Encadrement: A. Coynel (40%), G. Blanc (20%), J. Schäfer (40%). CDI à la DIREN de Tahiti.
- Elodie Ebel 2007 : Pré – concentration, dosage et suivi de l'argent dissous dans le gradient de salinité de l'estuaire de la Gironde. Encadrement: G. Blanc (30%), J. Schäfer (70%). Recherche d'un emploi dans le domaine de l'assainissement de l'eau.
- Daniel Klein 2007 : The influence of urban particles on the contamination of water bodies with respect to different salinities – A case study of Bordeaux et the Garonne-Gironde River system, France. Stage de Recherche Master 2 Geoökologie, Université Karlsruhe, Allemagne. Co-encadrement international J. Schäfer (50%), Université Bordeaux 1 (15.03-20.06.2007) S. Norra (50%), Université Karlsruhe. Poursuite en thèse, Université Braunschweig ; Allemagne.
- Olivia Bertret 2008 : Traçage des particules de la Gironde et de Charente - Signature des ETM non réactifs. Encadrement: A. Dabrin (33%), G. Blanc (33%), J. Schäfer (33%).
- Sabine Dorn (sept. 2008 – fév. 2009): Contamination of Eel by Silver et Arsenic in the Gironde fluvial estuary. Co-encadrement international J. Schäfer (50%), Université Bordeaux 1 et S. Norra (50%), Université Karlsruhe.

↵ Nombre de publications récentes (3 dernières années) des équipes intervenant dans le projet :

Publications dans revues à comité de lecture	27
Communications	34
Conférences - invités	
TOTAL	61

↪ **Liste des publications se rapportant au projet de recherche réalisées par les intervenants dans le projet (3 dernières années)**

1 - Livres ou revues

2006

- Audry, S., G. Blanc et J. Schäfer, 2006. Solid state partitioning of trace metals in suspended particulate matter from a river system affected by smelting waste drainage, *Sci. Tot. Environ.* 363:216-236.
- Audry, S., G. Blanc; J. Schäfer et S. Robert, 2006. Early diagenesis of trace metals (Cd, Cu, Co, Ni, U, Mo et V) in the freshwater reaches of a macrotidal estuary. *Geochim. Cosmochim. Acta* 70:2264-2282.
- Belviso, S., G. Thouzeau, S. Schmidt, M. Reigstad, P. Wassmann, J. Stefels et E. Arashkevich, 2006. Significance of vertical flux as a sink for surface water DMSP et as a source for the sediment surface in coastal zones of northern Europe. *Estuarine Coastal Shelf Science* 68, 473-488.
- Masson, M., G. Blanc et J. Schäfer, 2006. Geochemical signals et source contributions to heavy metal (Cd, Zn, Pb, Cu) fluxes into the Gironde Estuary via its major tributaries. *Sci. Tot. Environ.* 370:133-146.
- Moatar, F., G. Person, M. Meybeck, A. Coynel, H. Etcheber et P. Crouzet, 2006. The influence of contrasting suspended particulate matter transport regimes on the bias et precision of flux estimates, *Science of the Total Environment*, 370, 515-531
- Rutgers van der Loeff, M., M.M. Sarin, M. Baskaran, K. Benitez-Nelson, C. Buesseler, M. Charette, M Dai., Ö. Gustafsson, P. Masque, P. Morris, A. Rodriguez y Baena, N. Savoye, S. Schmidt, I. Vöge et J. Waples, 2006. A review of present techniques et methodological advances in analyzing ²³⁴Th in aquatic systems. *Marine Chemistry*, 100, 190-212
- Savoye, N., Benitez-Nelson C., Burd A., J. Cochran K., Charette M., Buesseler K.O., Jackson G., Roy-Barman M., S. Schmidt et Elskens M., 2006. ²³⁴Th sorption et export models in the water column: a review. *Marine Chemistry*, 100, 234-249
- Schäfer, J., G. Blanc, S. Audry, D. Cossa et C. Bossy, 2006. Mercury in the Lot-Garonne River system (France): Sources, fluxes et anthropogenic component. *Appl. Geochem.* 21:515-527.
- Schmidt, S., 2006. Impact of the Mediterranean Outflow Water on particle dynamics in intermediate waters of the North-East Atlantic, as revealed by ²³⁴Th et ²²⁸Th. *Marine Chemistry*, 100, 289-298
- Lemaire, E., G. Blanc, J. Schäfer et A. Coynel, 2006. Dissolved trace metal-organic complexes in the Lot-Garonne River system determined by the C18 Sep-pak system. *Aquatic Geochem.* 12:21-38.

2007

- Audry, S., G. Blanc, J. Schäfer, F. Guérin, M. Masson et S. Robert, 2007. Budgets of Mn, Cd et Cu in the macrotidal Gironde estuary (SW France). *Mar. Chem.* 107:433-448.
- Audry, S., G. Blanc, J. Schäfer, S. Robert, 2007. Effect of estuarine sediment resuspension on early diagenesis, sulfide oxidation et dissolved molybdenum et uranium distribution. *Chem. Geol.* 238:149-167.

- Castelle, S., J. Schäfer, G. Blanc, S. Audry, C. Bossy et J.-P. Lissalde, 2007. 50-year record et solid state speciation of mercury in natural et contaminated reservoir sediment. *Appl. Geochem.* 22:1359-1370.
- Coynel, A., J. Schäfer, G. Blanc et C. Bossy, 2007. Scenario of particulate trace metal transport during a major flood event inferred from transient geochemical signals. *Appl. Geochem.* 22:821-836.
- Coynel, A., J. Schäfer, A. Dabrin, N. Girardot et G. Blanc, 2007. Groundwater contributions to metal transport in a small river affected by mining et smelting waste. *Water Res.*, 41:3420-3428.
- Lecroart, P., S. Schmidt et J.-M. Jouanneau, 2007. A numerical estimation of the error on the bioturbation coefficient in coastal environments by short-lived radioisotopes modelling. *Estuarine Coastal Shelf Science* 72, 543-552
- Lecroart, P., S. Schmidt, P. Anschutz et J.-M. Jouanneau, 2007. Modeling sensitivity of biodiffusion coefficient to seasonal bioturbation. *Journal of Marine Research* 65, 417-440
- Masson, M., J. Schäfer et G. Blanc, 2007. Seasonal Variations et Annual Fluxes of Arsenic in three contrasting watersheds: the Garonne, Dordogne et Isle Rivers. *Sci. Tot. Environ.* 373:196-207.
- Saari, H.K., S. Schmidt, A. Coynel, S. Huguet, J. Schäfer et G. Blanc, 2007. Potential impact of former ore extraction activities on uranium distribution in the Riou Mort watershed (France). *Sci. Tot. Environ.* 382:304-310.
- Schmidt, S., S. Belviso, P. Wasman, G. Thouzeau et J. Stefels, 2007. Vernal sedimentation trends in north Norwegian fjords: temporary anomaly in ^{234}Th particulate fluxes related to *Phaeocystis* proliferation. *Biogeochemistry*, 83:235–244. DOI 10.1007/s10533-007-9094-2
- Schmidt, S., J.-L. Gonzalez, P. Lecroart, J. Tronczyński, I. Billy et J.-M. Jouanneau, 2007. Bioturbation at the water-sediment interface of the Thau Lagoon: impact of shellfish farming. *Aquatic Living Resources*, 20, 163-169
- Schmidt, S., J.-M. Jouanneau, O. Weber, P. Lecroart, O. Radakovitch, F. Gilbert et D. Jezequel, 2007. Sedimentary processes in the Thau Lagoon (South France): from seasonal to century time scales. *Estuarine Coastal Shelf Science* 72, 534-542. doi:10.1016/j.ecss.2006.11.019

2008

- Chaillou, G., J. Schäfer, P. Anschutz et G. Blanc, 2008. Diagenetic gradients et mobility of redox sensitive elements (Mn, Fe, Mo, U, As, et Sb) in modern turbidites. *Mar. Geol.* 254:171-179.
- Morin, S., T.T. Duong, A. Dabrin, A. Coynel, O. Herlory, M. Baudrimont, F. Delmas, G. Durrieu, J. Schäfer, P. Winterton, G. Blanc et M. Coste, 2008. Long term survey of heavy metal pollution, biofilm contamination et diatom community structure in the Riou-Mort watershed, South West France. *Environ. Poll.* 151:532-542.
- Saari, H.-K., S. Schmidt, S. Huguet et A. Lanoux, 2008. Spatio-temporal variation of dissolved ^{238}U concentrations in the Gironde fluvial-estuarine system (France). *Journal of Environmental Radioactivity* 99, 426-435
- Sivry, Y., J. Riotte, J. Sonke, S. Audry, J. Schäfer, J. Viers, G. Blanc, R. Freydier et B. Dupre, 2008. Zinc isotopes as tracers of anthropogenic pollution from Zn-ore smelters. The RiouMort-Lot River system. *Chem. Geol.* 255:295-304.
- Grosbois C., J. Schäfer, H. Bril, G. Blanc, A. Bossy, 2008. Deconvolution of trace element (As, Cr, Mo, Th, U) sources et pathways to surface waters in a gold mining-influenced watershed". *Sci. Tot. Environ.* Accepted oct. 2008, sous presse

2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

2006

- Masson, M., G. Blanc, J. Schäfer, E. Parlanti, A. Coynel, A. Dabrin, J. Delsuc, P. Lecoustumer. Copper addition in the freshwater reaches of a macrotidal estuary (Gironde Estuary, France). 9th International Estuarine Biogeochemistry Symposium, Warnemünde, Germany, Mai 2006.
- Castelle, S., J. Schäfer, G. Blanc, Masson M., Couteau C., Dabrin A., Bossy C., 2006. Mercury speciation in the salinity gradient of a macrotidal estuary. 9th International Estuarine Biogeochemistry Symposium, 7-11 May 2006, Warnemünde, Germany.

- Dabrin, A., J. Schäfer, G. Blanc, Masson M., Bossy C., 2006. Geochemical responses to local dredging in a macrotidal estuary. 9th International Estuarine Biogeochemistry Symposium, 7-11 May 2006, Warnemünde, Germany.
- Audry, S., G. Blanc, J. Schäfer, Robert S., 2006. Effect of sediment resuspension on sulfide oxidation et dissolved molybdenum et uranium distribution: The case of the Gironde Estuary (SW France). 9th International Estuarine Biogeochemistry Symposium, 7-11 May 2006, Warnemünde, Germany.
- Mano, V., Moatar F., A. Coynel, Etcheber H., Ludwig W., Meybeck M., Nemery J., Poirel A., G. Blanc, J. Schäfer, 2006. Space et time variability of suspended particulate matter (SPM) transport in 32 French rivers (100 to 100 000 km²; daily to yearly). ICCE-IAHS International Symposium on Sediment dynamics et the hydromorphology of fluvial systems, 3-7 July 2006, Dundee, Scotlet.
- Dupré, B., Sivry Y., Sonke J., Viers J., Audry S., J. Schäfer, G. Blanc, Riotte J., 2006. Cd et Zn isotopes: anthropogenic contamination tracers? 16th Annual V.M. Goldschmidt Conference 2006, 27 August-1 September 2006, Melbourne, Australia.
- Coynel, A., G. Blanc, Marache A., Dabrin A., Girardot N., J. Schäfer, 2006. Distribution spatiale de la contamination métallique et évaluation de la contribution anthropique aux flux exportés dans un petit bassin minier/industriel. 21^{ème} Réunion des Sciences de la Terre (RST), 4-8 décembre 2006, Dijon, France.
- Castelle, S., J. Schäfer, G. Blanc, Audry S., Lissalde J.P., 2006. Historical record of natural et anthropogenic mercury species in river sediment: fossilisation of methylmercury. 21^{ème} Réunion des Sciences de la Terre (RST), 4-8 décembre 2006, Dijon, France.
- Dabrin, A., G. Blanc, S. Schmidt, Maneux E. J. Schäfer, 2006. Enregistrement sédimentaire d'éléments traces métalliques (ETM) dans un barrage estuarien : cas de la Charente. 21^{ème} Réunion des Sciences de la Terre (RST), 4-8 décembre 2006, Dijon, France.
- Masson, M., J. Schäfer, G. Blanc, Dabrin A., 2006. Variations saisonnières et comportement d'arsenic dans le gradient de turbidité à l'entrée de l'estuaire de la Gironde. 21^{ème} Réunion des Sciences de la Terre (RST), 4-8 décembre 2006, Dijon, France.
- Girardot, N., A. Coynel, Dabrin A., J. Schäfer, G. Blanc, 2006. Groundwater contributions to metal transport in a small river affected by mining et smelting waste. 21^{ème} Réunion des Sciences de la Terre (RST), 4-8 décembre 2006, Dijon, France.
- Grosbois, C., J. Schäfer, G. Blanc, Bril H., 2006. Survey of arsenic solid et dissolved transport in a mining-influenced basin. Example of the Isle River (Dordogne basin, France). DIFPOLMINE Conference, 12-14 December 2006, Montpellier, France.

2007

- Sivry, Y., Sonke J., Audry S., Riotte J., J. Schäfer, G. Blanc Dupré B., 2007. Cadmium et zinc isotopic variations trace anthropogenic in a metal-contaminated watershed. IG1-1TU30-006; EGU General Assembly, 15-20 April 2007, Vienna, Austria.
- Strady, E., Masson, M., Dabrin, A., Furusho Y., Henry J.Y., J. Schäfer, G. Blanc, 2007. Détermination de V, Co, Ni, Cu, Mo, Cd et U dissous dans l'eau de mer par extraction en phase solide au moyen de cartouches d'extraction de métaux. Application à l'estuaire de la Gironde. SpectrAtom 21-24 May 2007, Pau, France.
- Sivry, Y., Sonke J., Audry S., Riotte J., J. Schäfer, G. Blanc, Viers J., Dupré B., 2007. Cd et Zn: Traceurs de contamination anthropogénique ? SpectrAtom 21-24 May 2007, Pau, France.
- Grosbois, C., Courtin-Nomade A, J. Schäfer, Bril H., G. Blanc Potential remobilisation of arsenic during the solid transport in a mining-influenced basin. *Frontiers in Mineral Science*, June 2007, Cambridge, UK.
- Masson, M., G. Blanc, J. Schäfer, Parlanti E., Lecoustumer P., Dabrin A., 2007. Copper addition by organic matter degradation in the freshwater reaches of turbid estuary (Gironde Estuary, France). 7th V. M. Goldschmidt Conference 19-24 August 2007, Cologne, Germany.
- Sonke, J., Sivry Y., Viers J., Audry S., Dejonghe L., Etre L., Aggarwal J., J. Schäfer, G. Blanc, Dupré B., 2007. Historical variations in zinc stable isotope compositions of smelter polluted sediments. 7th V. M. Goldschmidt Conference 19-24 August 2007, Cologne, Germany.

2008

- Lanceleur, L., J. Schäfer, Ebel E., Pierron F., Baudrimont M., G. Blanc, Lavaux G., Elie P., 2008. Distribution d'argent dissous et particulaire dans l'estuaire de la Gironde et bioaccumulation chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*). Colloque Scientifique « Impact des organismes pathogènes et des micropolluants sur l'état de santé des poissons, mollusques et crustacés. Ifremer, Cemagref, ONEMA, Asps, 11/12 mars 2008, Nantes, France.
- Dabrin, A., Maneux E., S. Schmidt, J. Schäfer, G. Blanc,, 2008. The impact of an intra-estuarine dam on sedimentation, sedimentary record et potential release of metals: the case of the Charente estuary. XI International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, 2-4 April 2008, San Sebastian, Spain.
- Lanceleur, L., J. Schäfer, Ebel E., Pierron F., Baudrimont M., G. Blanc, Elie P., 2008. Silver behaviour along the salinity gradient of the Gironde Estuary: Reactivity et Bioaccumulation in Eel (*Anguilla anguilla*). XI International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, 2-4 April 2008, San Sebastian, Spain.
- Larrose, A., Meunier B., A. Coynel, Massé L., J. Schäfer, G. Blanc, 2008. Spatial distribution et sources of copper in sediments of the Gironde Estuary: a GIS-based approach. XI International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, 2-4 April 2008, San Sebastian, Spain.
- Masson, M., G. Blanc, Audry S., J. Schäfer, 2008. Establishment of a quantitative metal transport scheme at the watershed scale: application to copper in the Gironde Estuary. XI International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, 2-4 April 2008, San Sebastian, Spain.
- Strady, E., G. Blanc, J. Schäfer, A. Coynel,, 2008. Dissolved Vanadium in the Gironde estuary: behaviour et net fluxes. XI International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, 2-4 April 2008, San Sebastian, Spain.
- Grosbois, C., Courtin-Nomade A, J. Schäfer, Bril H., G. Blanc, 2008. Factors controlling the dissolved et solid transport of arsenic in a mining-influenced basin. 2nd International Congress: Arsenic in the Environment, 21-23 May 2008, Valencia, Spain.
- Castelle, S., J. Schäfer, G. Blanc, Bossy C., 2008. Seasonal variability of dissolved gaseous mercury (DGM) at the air-water interface of a macrotidal estuary (Gironde Estuary, France). 10th International Estuarine Biogeochemistry Symposium 18-21 May, Xiamen, China.
- Larrose, A., Meunier B., A. Coynel, Massé L., J. Schäfer, G. Blanc, 2008. Assessment of copper distribution in surface sediments of the Gironde Estuary. 10th International Estuarine Biogeochemistry Symposium 18-21 May, Xiamen, China.
- Schäfer, J., Lanceleur L., Ebel E., Pierron F., Baudrimont M., G. Blanc, Lavaux G., Elie P., 2008. Particulate et Dissolved Silver Distribution Along the Salinity Gradient et Accumulation in European Eels (*Anguilla anguilla*) of the Gironde Estuary, France. 10th International Estuarine Biogeochemistry Symposium 18-21 May, Xiamen, China.
- Dabrin, A., G. Blanc, Maneux E., Bertret O., S. Schmidt, J. Schäfer, 2008. The impact of an intra-estuarine dam on sedimentation, sedimentary record et potential release of metals: the case of the Charente estuary (France). 10th International Estuarine Biogeochemistry Symposium 18-21 May, Xiamen, China.
- Masson, M· J. Schäfer, G. Blanc, Dabrin A., Castelle S., Lavaux G., 2008. Behavior of arsenic et antimony in the surface freshwater reaches of a highly turbid estuary, the Gironde Estuary, France. 10th International Estuarine Biogeochemistry Symposium 18-21 May, Xiamen, China.
- Saari, H.-K., S. Schmidt, J. Schäfer, Castaing P. Sautour B., 2008. Short-lived radioisotopes (²³⁴Th, ⁷Be, ²¹⁰Pb) as tracers for particle transport in the Gironde fluvial-estuarine system (France). 10th International Estuarine Biogeochemistry Symposium 18-21 May, Xiamen, China.
- Le Coustumer, P., Galaup S., Masson, M., J. Schäfer, Huneau F., G. Blanc, 2008. Colloids fractal dimension. 5th International Conference Interfaces Against Pollution, IAP 1-4 june 2008, Kyoto, Japan.
- Huguet, L., Castelle S., Abril G., J. Schäfer, Maury-Brachet R., Reynouard C., joret F., 2008. Etude des biofilms en milieu tropical : cas de la retenue de Petit Saut et du fleuve Sinnamary (Guyane). 3ème Journée Thématique du Réseau National Biofilms, 24/25 juin 2008, Dourdan, France.
- Strady, E., Masson, M., Dabrin, A., Furusho Y., Henry J.Y., J. Schäfer, G. Blanc, 2008. Analysis of dissolved V, Co, Ni, Cu, Mo, Cd et U in saltwater by ICP-MS following solid/liquid extraction by DigiSEPR Blue SPE cartridges. Application to the Gironde Estuary, France. 14th BNASS, University of Sussex, 7-9 July, Brighton, UK.

Votre équipe et celles participant au projet, a-t-elle déjà bénéficié de financement de la Région lors des 5 dernières années ?

Nom du projet	Porteur	Année obtention	Montant Région	Coût total	Durée
Géochimie des éléments traces et géochimie isotopique appliquées à l'environnement	Claude Pujol	2003	60 000 €	1 051 000 €	1 an
Fonctionnement et dysfonctionnement des systèmes aquatiques	Florence Jude	2003	38 000 €	64 000 €	2 ans
Observations pour la recherche sur les environnements littoraux et aquatiques aquitains	Philippe Bertrand	2004	126 000 €	316 000 €	2 ans
Qualité des espaces littoraux en Aquitaine et Pays Basque espagnol : Flux de contaminants et évolution du trait de côte, fonctionnement et évolution des écosystèmes littoraux sous contraintes naturelles et anthropiques	Philippe Bertrand	2006	372 075 € + 184 935 € thèse et post'doc	620 125 € + 184 935 €	3 ans (1 an pour thème 3)

Thèses se rapportant au projet dans les équipes impliquées :

Sujet de thèse, nom de l'Etudiant et du Directeur de Thèse. Seules les thèses encadrées dans le cadre des équipes intervenant dans le projet de recherche sont à considérer.

- « Modélisation de type Green-Naghdi de la circulation induite par les vagues en milieu littoral », Marion Tissier, Dir : Philippe Bonneton (EPOC)
- « Modélisation de la propagation des ressauts oscillants – application à la dynamique du mascaret en Gironde », Benjamin Carrion, Dir : Philippe Bonneton (EPOC)
- Dynamique saisonnière des sédiments en suspension dans l'estuaire de la Gironde : modélisation opérationnelle de la réponse aux forçages hydrodynamiques, Abdelkader Benaouda, UMR EPOC (soutenue sept. 2008), Dir. P. Castaing (EPOC), Aldo Sottolichio (EPOC)

DEA se rapportant au projet uniquement :

Sujet de DEA, nom de l'Etudiant

- Inversion du signal ADCP : quantification des matières en suspension dans la Gironde, Lucile Gluard (2008)
- Rôle des stratifications sur la dynamique des sédiments fins dans l'estuaire de la Gironde. Mesures in –situ et modélisation numérique SiAM-3D, Yann Ferret (2006)
- Evolution saisonnière d'une vasière estuarienne de la Garonne à Bordeaux, Marion Mathy (2006)

↪ **Nombre de publications récentes (3 dernières années) des équipes intervenant dans le projet :**

Publications dans revues à comité de lecture	23
Communications	19
Conférences - invités	4
TOTAL	46

↪ **Liste des publications se rapportant au projet de recherche réalisées par les intervenants dans le projet (3 dernières années)**

1 - Livres ou revues

2006

- Capo, S., A. Sottolichio, I. Brenon, P. Castaing et L. Ferry, 2006. Morphology, hydrography et sediment dynamics in a mangrove estuary: The Konkoure Estuary, Guinea, *Marine Geology*, **230** (3-4), 199-215.
- Castelle, B. et P. Bonneton, 2006. Modeling of a rip current induced by waves over a ridge et runnel system on the Aquitanian Coast, France. *C.R. Geosciences*, **338** (10), 711-717.
- Castelle, B., P. Bonneton et R. Butel, 2006. Modeling of crescentic pattern development of nearshore bars: Aquitanian Coast, France. *C.R. Geosciences*, **338** (11), 795-801.
- Castelle, B., P. Bonneton, N. Sénéchal, H. Dupuis, R. Butel et D. Michel, 2006. Dynamics of wave-induced currents over a multi-barred beach on the Aquitanian coast. *Continental Shelf Res.*, **26**, 113-131.
- Cienfuegos, R., E. Barthelemy et P. Bonneton, 2006. A fourth-order compact finite volume scheme for fully nonlinear et weakly dispersive Boussinesq-type equations. Part I: Model development et analysis. *Int. J. Numer. Meth. Fluids*, **56**, 1217-1253.
- Dupuis, H., D. Michel et A. Sottolichio, 2006. Wave climate evolution in the Bay of Biscay over two decades, *Journal of Marine Systems*, **63** (3-4), 105-114.
- Idier, D., R. Pedreros, C. Oliveros, A. Sottolichio, L. Choppin et X. Bertin, 2006. Contributions respectives des courants et de la houle dans la mobilité sédimentaire d'une plate-forme interne estuarienne. Exemple : le seuil interinsulaire, au large du pertuis d'Antioche, France, *Comptes Rendus Geosciences*, **338** (10), 718-726.

2007

- Bonneton, P., 2007 Modelling of periodic wave transformation in the inner surf zone. *Ocean Engineering*, **34**, 1459-1471.
- Bonneton, P., J-P. Lefebvre, P. Bretel, S. Ouillon et P. Douillet, 2007. Tidal modulation of wave-setup et wave-induced currents on the Aboré coral reef, New Caledonia. *J. of Coast. Res.*, **SI 50**, 762-766.
- Browne, M., B. Castelle, D. Strauss et R.B. Tomlinson, 2007. Estimating onshore break size from a global wind-wave model : An empirical approach using neural networks, *Coastal Engineering*, **54** (5), 445-460.
- Bruneau, N., P. Bonneton, R. Pedreros, F. Dumas et D. Idier, 2007. A New Morphodynamical Modeling Platform: Application to Characteristic Sety systems of the Aquitanian Coast, France. *J. of Coast. Res.*, **SI 50**, 932-936.
- Castelle, B., P. Bonneton, H. Dupuis et N. Sénéchal, 2007. Double bar beach dynamics on the high-energy meso-macrotidal French Aquitanian coast: a review. *Marine Geology*, **245**(1-4), 141-159.
- Cienfuegos, R., E. Barthelemy, et P. Bonneton, 2007. A fourth-order compact finite volume scheme for fully nonlinear et weakly dispersive Boussinesq-type equations. Part II: Boundary conditions et model validation. *Int. J. Numer. Meth. Fluids*, **53** (9), 1423-1455.
- Marche, F., P. Bonneton, P. Fabrie et N. Seguin, 2007. Evaluation of well-balanced bore-capturing schemes for 2D wetting et drying processes. *Int. J. Numer. Meth. Fluids*, **53** (5), 867-894.

2008

- Abril, G., M.V. Commarieu, A. Sottolichio, P. Bretel et F. Guerin, 2008. Turbidity limits gas exchange in a large macrotidal estuary. *Estuarine, Coastal et Shelf Science*, accepté
- Bertin X., B. Castelle, G. Anfusi et O. Ferreira 2008) Improvement of set activation depth prediction under conditions of oblique wave breaking, *Geo-Marine Letters*, **28**, 65.75.
- Bertin X., B. Castelle, E. Chaumillon, R. Butel et R. Quique, 2008. Longshore transport estimation et inter-annual variability at a high energy dissipative beach: St Trojan beach, SW Oléron Islet, France, *Continental Shelf Research*, **28**, 1316.1332.
- Bruneau, N., B. Castelle, P. Bonneton, R. Pedreros, R. Almar, N. Bonneton, P. Bretel, J.-P. Parisot et N. Sénéchal, 2008 Field observations of intense rip current on a well-developed Transverse Bar et Rip system. Accepted to *Continental Shelf Res.*
- Castelle B., Y. Le Corre et R.B. Tomlinson, 2008. Can the Gold Coast beaches withstet extreme events?, *Geo-Marine Letters*, **28**, 23-30.
- Cienfuegos, R., E. Barthelemy et P. Bonneton, 2008. A wave-breaking model for Boussinesq-type equations including mass-induced effects, accepted to *J. Waterway, Port Coastal et Ocean Engrg.*
- Garnier, R., P. Bonneton, A. Falqués, et D. Calvete, 2008 Modelling the formation et the nonlinear evolution of crescentic bars of the Aquitanian coast, *La Houille Blanche*, **3**, 33-38.

- Lannes, D. et P. Bonneton, 2008. Derivation of asymptotic two-dimensional time-dependent equations for surface water wave propagation, *Physics of Fluids*, in press.
- Marieu, V., P. Bonneton, D. L. Foster et F. Ardhuin, 2008. Modeling of vortex ripple morphodynamics. *J. Geophys. Res.*, 113, C09007, doi:10.1029/2007JC004659.

2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

2006

- Bonneton, N., P. Bonneton, N. Sénéchal et B. Castelle, 2006. Very low frequency rip current pulsations during high-energy wave conditions on a meso-macro tidal beach, *Proc. 30th Int. Conf. on Coastal Eng.*, 1, 1087-1096.
- Cienfuegos, R., E. Barthelemy, P. Bonneton et X. Gondran, 2006. Analysis of nonlinear surf zone wave properties as estimated from Boussinesq modelling: retom waves et complex bathymetries. *Proc. 30th Int. Conf. on Coastal Eng.* 1, 360-371
- Idier, D., R. Pedreros, C. Oliveros, A. Sottolichio et X. Bertin, 2006. Influences relatives des agents hydrodynamiques sur la mobilité sédimentaire des Pertuis Charentais. IXèmes Journées Nationales Génie Civil – Génie Côtier, 12-14 sept. 2006, Brest 239-247
- Marche, F. et P. Bonneton, 2006. A simple and efficient well-balanced scheme for 2D bore propagation et run-up over a sloping beach, *Proc. 30th Int. Conf. on Coastal Eng.*, 1, 998-1010.
- Marche, F. et P. Bonneton, 2006. Un nouveau modèle pour la simulation du phénomène de découverture/recouvrement sur des bathymétries complexes. 9ième Conf. de Génie Côtier, Brest, 8p.
- Le Dissez, A. et A. Sottolichio, 2006. A 2DH implicit model applied to the circulation in a real shallow tidal embayment: the Arcachon lagoon (France). *Proc. Int. Conf. In Coastal Engineering, ICCE, San Diego (USA)*, 2-8 sep. 2006

2007

- Marche, F. et P. Bonneton, 2007. Un modèle "équilibré" d'ordre élevé pour les équations de Saint-Venant et extensions au cas dispersif pour la propagation de la houle en milieu littoral. *18 ème Congrès Français de Mécanique*, 6p.
- Amouric, A., A. Sottolichio, J.-P. Parisot et R. Verney, 2007. Observation du clapot et de la dynamique sédimentaire associée sur les estrans vaseux du bassin d'Arcachon. 11ème Congrès de l'Association des Sédimentologues Français (ASF), Caen, 22-25 oct. 2007.
- Parisot, J.-P., J. Diet-Davancens, A. Sottolichio, E. Croslet, C. Drillon et R. Verney, 2007. Modélisation des agitations dans le bassin d'Arcachon. 11ème Congrès de l'Association des Sédimentologues Français (ASF), Caen, 22-25 oct. 2007.
- Sottolichio, A., D. Hurther, N. Gratiot et P. Bretel, 2007. Benthic processes in a highly turbid estuary through acoustic velocity measurements. 9th INTERCOH Conference, September 25-28, 2007, Brest-France

2008

- Bonneton, P., R. Cienfuegos, S. Ouillon, P. Bretel, J.-P. Lefevre et N. Bonneton, 2008 Wave transformation et wave-induced currents on a submerged barrier reef: Field observations et Boussinesq-type modelling. *11th International Coral Reef Symposium*.
- Bruneau, N., P. Bonneton, B. Castelle, R. Pedreros, J.-P. Parisot et N. Sénéchal, 2008. Modeling of the dynamics of a high energy rip current system during Biscarosse 2007 field experiment (Aquitainian Coast, France). *Proc. 31st Int. Conf. on Coastal Eng.*, in press.
- Sottolichio, A., A. Rambert, A. Amouric, J.-P. Parisot, R. Verney, et S. Robert, 2008. Observations of fine sediment resuspension by wind waves in the intertidal mudflats of a mesotidal lagoon (Arcachon, France). In: A. J. Souza, 14th International Conference on Physics of Estuaries et Coastal Seas (PECS), Liverpool (UK), 25-29 Aug.
- Parisot, J.-P., J. Diet-Davancens, A. Sottolichio, E. Croslet, C. Drillon et R. Verney, 2008. Modélisation des agitations dans le Bassin d'Arcachon. Xèmes Journées Nationales de Génie Côtier – Génie Civil, Sophia-Antipolis, 14-16 Oct. 2008

- Pedreras, R., S. Lecacheux, A. Sottolichio, E. Romieu, D. Idier, P. Salles et M. Delattre, 2008. Caractérisation des vagues dans les passes du bassin d'Arcachon. Xèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, 14-16 octobre 2008, Sophia Antipolis
- Salles, P., A. Sottolichio, P. Bretel, S. Bujan et R. Pedreras, 2008. Tidal distortion in the Arcachon Basin. XI Int.Symp. on Oceanography of the Bay of Biscay, San Sebastian (Espagne), 2-4 avril 2008
- Salles, P., A. Sottolichio, P. Bretel, S. Bujan et R. Pedreras, 2008. Tidal distortion in the Arcachon Basin. 14th Int. Conf. on Physics of Estuaries et Coastal Seas (PECS). Liverpool (RU), 25-29 août 2008
- Sottolichio, A., A. Amouric, J.-P. Parisot and R. Verney, 2008. Wind waves et fine sediment resuspension et deposition in the intertidal mudflats of a mesotidal lagoon (Arcachon, France). XI Int. Symp. on Oceanography of the Bay of Biscay, San Sebastian (Espagne), 2-4 avril 2008
- Sottolichio, A., A. Amouric, J.-P. Parisot et R. Verney, 2008. Observations of fine sediment resuspension by wind waves in the intertidal mudflats of a mesotidal lagoon (Arcachon, France). 14th Int. Conf. on Physics of Estuaries et Coastal Seas (PECS). Liverpool (RU), 25-29 août 2008

Votre équipe et celles participant au projet, a-t-elle déjà bénéficié de financement de la Région lors des 5 dernières années ?

Nom du projet	Porteur	Année obtention	Montant Région	Durée
Observations pour la recherche sur les environnements littoraux et aquatiques aquitains	Philippe Bertrand	2004	126 k€	2 ans
Qualité des espaces littoraux en Aquitaine et Pays Basque espagnol : flux de contaminants et évolution du trait de côte	Philippe Maron	2006	445 k€	3 ans
Apports scientifiques face à la problématique conchylicole dans le Bassin d'Arcachon	Benoît Sautour	2007	2 506,9 k€	2 ans

Thèses se rapportant au projet dans les équipes impliquées :

Sujet de thèse, nom de l'Etudiant et du Directeur de Thèse. Seules les thèses encadrées dans le cadre des équipes intervenant dans le projet de recherche sont à considérer.

- Evolution à long terme des zones côtières, forçages anthropiques vs forçages naturels. Eric Goberville (Directeur de thèse Benoît Sautour). Thèse en cours
- Variabilité spatio-temporelle du zooplancton dans l'estuaire de la Gironde et implications au sein du réseau trophique planctonique. Valérie David (Directeurs de thèse Benoît Sautour, Pirre Chardy). Soutenue en 2006

DEA se rapportant au projet uniquement :

Sujet de DEA, nom de l'Etudiant

- Cazaubon I. (2006) : Caractérisation de l'évolution récente des paramètres environnementaux de l'estuaire de la Gironde (30 dernières années).
- Goberville E. (2007). Variabilité haute fréquence des compartiments planctoniques dans une lagune semi-fermée (Bassin d'Arcachon) en période printanière.
- G. Pauillac (2007). Variabilité haute fréquence des abondances du copépode *Eurytemora affinis*/ dans un écosystème estuarien (Gironde) : implications sur le maintien de la population.

↪ **Nombre de publications récentes (3 dernières années) des équipes intervenant dans le projet :**

Publications dans revues à comité de lecture	9
Communications	
Conférences - invités	
TOTAL	9

↪ **Liste des publications se rapportant au projet de recherche réalisées par les intervenants dans le projet (3 dernières années)**

1 - Livres ou revues

2006

David, V., Chardy P., Sautour B., 2006. Fitting a predator-prey model to zooplankton time-series data in the Gironde estuary (France): Ecological significance of the parameters, *Estuarine, Coastal et Shelf Science*, 67, 605-617.

- David, V., Sautour B., Chardy P., Leconte M. (2005) Long term survey of the zooplanktonic variability in a turbid estuary :Gironde estuary (France), *Estuarine, Coastal et Shelf Science*, 64, 171-184.
- David, V., Sautour B., Galois R., Chardy P., 2006. The paradox high zooplankton biomass - low vegetal particulate organic matter in high turbidity zones: What way for energy transfer?, *Journal of Experimental Marine Biology et Ecology*, 333, 202-218.
- Sautour B., Gonthier P., Vervier P., 2006. The Gironde estuary : a relatively well-preserved, though fragile ecosystem, *In: North-Atlantic Estuaries: Problems et Perspectives, Ed. GIP Seine-Aval, J.C. Dauvin*, 13-18.

2007

- David, V., Sautour B., Chardy P., 2007. Successful colonization of the calanoid copepod *Acartia tonsa* in the oligo-mesohaline area of the Gironde estuary (SW France) - Natural or anthropogenic forcing?, *Estuarine, Coastal et Shelf Science*, 71, 429-442.
- David, V., Sautour B., Chardy P., 2007. The paradox between the long-term decrease of egg mass size of the calanoid copepod *Eurytemora affinis* et its long-term constant abundance in a highly turbid estuary (Gironde estuary, France), *Journal of Plankton Research*, 29, 377-389.
- Etcheber, H., Taillez A., Abril G., Garnier J., Servais P., Moatar F., Commarieu M.V., 2007. Particulate organic carbon in the estuarine turbidity maxima of the Gironde, Loire et Seine estuaries: origin et lability, *Hydrobiologia*, 588, 245-259.

2008

- Blanchet, H., Lavesque N., Ruellet T., Dauvin J.C. Sauriau P.G., Desroy N., Desclaux C., Leconte M., Bachelet G., Janson A.L., Bessineton C., Duhamel S., Jourde J., Mayot S., Simon S., de Montaudouin X., 2008. Use of Biotic Indices in semi-enclosed coastal ecosystems et transitional waters habitats - Implications for the implementation of the European Water Framework Directive, *Ecological indicators*, 8, 360-372.
- Deborde, J., Abril G., Mouret A., Jezequel D., Thouzeau G., Clavier J., Bachelet G., Anschutz P., 2008. Impacts of seasonal dynamics impact of a *Zostera noltii* meadow on phosphorus et iron cycles in a tidal mudflat (Arcachon Bay, France), *Marine Ecology Progress Series*, 355, 59-71.

Votre équipe et celles participant au projet, a-t-elle déjà bénéficié de financement de la Région lors des 5 dernières années ?

Nom du projet	Porteur	Année obtention	Montant Région	Coût total	Durée
Géochimie des éléments traces et géochimie isotopique appliquées à l'environnement	Claude Pujol	2003	60 000 €	1 051 000 €	1 an
Fonctionnement et dysfonctionnement des systèmes aquatiques	Florence Jude	2003	38 000 €	64 000 €	2 ans
Observations pour la recherche sur les environnements littoraux et aquatiques aquitains	Philippe Bertrand	2004	126 000 €	316 000 €	2 ans
Qualité des espaces littoraux en Aquitaine et Pays Basque espagnol : Flux de contaminants et évolution du trait de côte, fonctionnement et évolution des écosystèmes littoraux sous contraintes naturelles et anthropiques	Philippe Bertrand	2006	372 075 € + 184 935 € thèse et post'doc	620 125 € + 184 935 €	3 ans (1 an pour thème 3)
Apports scientifiques face à la problématique conchylicole dans le Bassin d'Arcachon	Benoît Sautour	2007	2 506,9 k€		2 ans

Thèses se rapportant au projet dans les équipes impliquées :

Sujet de thèse, nom de l'Etudiant et du Directeur de Thèse. Seules les thèses encadrées dans le cadre des équipes intervenant dans le projet de recherche sont à considérer.

- Pasquaud S., 2006. Les relations trophiques : éléments de structuration des peuplements ichtyologiques en milieu estuarien. Application à l'estuaire de la Gironde. *Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, 369 p* (Resp. scientifiques : P. Elie et M. Girardin)
- Beaulaton L. 2008 - Indicateurs halieutiques et diagnostic sur l'abondance des espèces amphihalines et des crustacés dans le bassin de la Gironde. Propositions d'amélioration des suivis statistiques des pêches fluvio-estuariennes françaises (Resp. scientifiques : P. Elie et G. Castelnaud)
- Lassalle G. 2008 - Évolution des aires de distribution des poissons migrateurs amphihalins sous l'effet du changement climatique (Resp scientifique : E. Rochard).

En cours

- Béguer M. - Dynamique de la population de crevettes blanches (*Palaemon longirostris* H. Milnes Edward, 1837) dans l'écosystème fluvio-estuarien de la Gironde. Caractéristiques de son fonctionnement écologique actuel et évolutions depuis 1980 (Resp. scientifiques : Ph. Boët et M. Girardin)
- Nicolas D. - Identification, caractérisation et hiérarchisation des facteurs de structuration et de dynamique des écosystèmes estuariens de la façade Atlantique. (Resp. scientifiques : Ph. Boët, M. Lepage et B. Sautour)

DEA se rapportant au projet uniquement :

Sujet de DEA, nom de l'Etudiant

- Christophe Vyns, 2006. Estuaire et dépendance : quels sont les éléments de l'environnement biotique et abiotique estuarien qui favorisent et/ou régissent l'entrée des espèces marines ? (resp. scientifique: M. Lepage)
- Christine Delpech, 2007. Évolution à long terme de la structure des communautés piscicoles estuariennes. Effet de la variabilité hydro-climatique" (resp. scientifique: Ph. Boët)

↪ **Nombre de publications récentes (3 dernières années) des équipes intervenant dans le projet :**

Publications dans revues à comité de lecture	25
Communications	28
Conférences - invités	
TOTAL	53

↵ **Liste des publications se rapportant au projet de recherche réalisées par les intervenants dans le projet (3 dernières années)**

1 - Livres ou revues

2006

- Lobry, J., Lepage, M., Girardin, M. 2006. L'échantillonnage de la diversité piscicole en estuaires : stratégie et représentativité dans le contexte de la Directive cadre européenne sur l'eau. *Ingénieries - E A T*, n°45, p. 3 - 14
- Beaulaton, L. et Castelnaud G 2006 Abundance trends of glass eels (*Anguilla anguilla*) from fisheries data, in the Gironde basin, France, 1978-1999. (soumis Novembre 2003, accepté sous réserve de modif février 2005, en cours de révision de forme mai 2005. in press November 2005 In: CASSELMAN J., CAIRNS D., International eel symposium, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.)
- Beguer, M., Beaulaton L. et E. Rochard. 2006 Distribution et richness of diadromous fish assemblages in Western Europe: large scale explanatory factors. (soumis mars 2006, accepté *Novembre 2006*, in press *Ecology of Freshwater Fish*)
- Durif, C., Dufour S., Elie P. 2006 Impact of physiological stage et environmental factors on the maturation performance of the European eel. *Marine Ecology Progress Series*.327, 171-181
- Edeline, E., Lambert P., Rigaud C., Elie P., 2006 Effects of body condition et water temperature on *Anguilla anguilla* glass eel migratory behavior. *Journal Experimental Marine Biology et Ecology*, 331, 217-225.
- Lobry, J., Lepage, M. et Rochard E.,. 2006 From seasonal patterns to a reference situation in an estuarine environment: Example of the small fish et shrimp fauna of the Gironde estuary (SW France). *Estuarine, Coastal et Shelf Sciences* 70 (1-2) 239-250.
- Pasquaud, S., Lobry J. et Elie P., 2006 Facing the necessity of describing estuarine ecosystems: a review of food web ecology study techniques. (in press *Hydrobiologia*.)
- Williot, P., Rouault T., Pelard M., Mercier D., Lepage M., Davail-Cuisset B., Kirschbaum F. et Ludwig A. 2006 Building a broodstock of the critically endangered sturgeon *Acipenser sturio* L., problems associated with the adaptation of wild-caught fish to hatchery conditions".(sous presse Cybium)

2007

- Béguer, M., Girardin M. et Boët P. - 2007 First record of the invasive oriental shrimp *Palaemon macrodactylus* Rathbun, 1902 in France (Gironde estuary). *Aquatic Invasions* 2 (2), 132-136
- Edeline, E., Beaulaton L., Le Barh R. et Elie P. - 2007. Dispersal in metamorphosing *Anguilla anguilla* juvenile eel. *Marine Ecology Progress Series* 344, 213-218
- Imbert, H., BEAULATON L., Rigaud C. et Elie P. - 2007 Evaluation of visible implant elastomer as a method for tagging small European eel. *Journal of Fish Biology* 71, 1546-1554
- Pasquaud, S., Lobry J. et Elie P. – 2007. Facing the necessity of describing estuarine ecosystems: a review of food web ecology study techniques. *Hydrobiologia* 588 (1), 159-172.
- Pierron, F., Baudrimont M., Bossy A., Bourdineaud J.-P., Brethes D., Elie P. et Massabuau J.-C. - 2007 Impairment of lipid storage by cadmium in the European Eel (*Anguilla anguilla*). *Aquatic Toxicology* 81 (3), 304-311.
- Pierron, F., Baudrimont, M., Gonzalez P., Bourdineaud, J.-P., Elie, P. et Massabuau, J.-C. - 2007 Common Pattern of Gene Expression in Response to Hypoxia or Cadmium in the Gills of the European Glass Eel (*Anguilla anguilla*). *Environmental Sciences et Technologies* 41, 3005-3011

2008

- Béguer, M., Pasquaud S., Girardin M., Noël P. et Boët P. – 2008. First description of heavy skeletal deformations in *Palaemon* shrimps populations of European estuaries: the case of the Gironde (France). *Hydrobiologia* 607, 225-229.
- Courrat, A., Lobry J., Nicolas D., Laffargue P., Lepage M., Girardin M. et Le Pape O. (sous presse). Anthropogenic disturbance on nursery function of estuarine areas for marine species. *Estuarine et Coastal Marine Science*.

- Durif, C.M.F. et Elie P. – 2008. Predicting downstream migration of silver eels in a large river catchment based on commercial fishery data. *Fisheries Management et Ecology*, 15, 127–137
- Durif, C.M.F., Travade F., Rives J., Elie P. et Gosset C. – 2008. Relationship between locomotor activity, environmental factors, et timing of the spawning migration in the European eel, *Anguilla anguilla*. *Aquatic Living Resources* 21, 163–170
- Imbert, H., Arrowsmith R., Dufour P. et Elie P. – 2008. Relationships between locomotor behavior, morphometric characters et thyroid hormone levels give evidence of stage-dependent mechanisms in European eel upstream migration. *Hormones et Behavior* 53 69–81
- Lobry, J., David V., Pasquaud S., Lepage M., Sautour B. et Rochard E. – 2008. From detritus to man: diversity et stability of an estuarine trophic network. *Marine Ecology Progress Series* 358, 13-25
- Pasquaud, S., Elie P., Jeantet C., Billy I., Martinez P. et Girardin M. - A preliminary investigation of the fish food web in the Gironde estuary, France, using dietary et stable isotope analyses. *Estuarine, Coastal et Shelf Science* 78, 267-279.
- Pierron, F., Baudrimont M., Lucia M. Durrieu G., Massabuau J.-C. et Elie P. – 2008. Cadmium uptake by the European eel: Trophic transfer in field et experimental investigations. *Ecotoxicology et Environmental Safety* 70, 10-19.
- Pierron, F., Baudrimont M., Dufour S, Elie P., Bossie A, Baloché S, Mesmer-Dudon N, Gonzalez P, Bourdineaud J.P, et Massabuau J.C 2008. How Cadmium could compromise the completion of the European eel's reproductive migration. *Environmental Science et Technology* 2008, 42, 4607–4612
- Rochette, S., Lobry J., Lepage M. et Boët P. – 2009 Dealing with uncertainty in qualitative models with a semi-quantitative approach based on simulations. Application to the Gironde estuarine food web (France). In press *Ecological Modelling*, 220: 122-132.
- Selleslagh, J., Amara R., Laffargue P., Lesourd S., Lepage M. et Girardin M. (In press). Fish composition et assemblage structure in three Eastern English Channel macrotidal estuaries: A comparison with other French estuaries. *Estuarine, Coastal et Shelf Science*, In Press, Corrected Proof.

2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

2006

- BERTRAND G., PARLIER E., LEPAGE M., GIRARDIN M. & BOET P., "Développement d'un indice de pression anthropique dans les estuaires de l'Atlantique et de la Manche". Com orale, Quatrièmes journées autour de l'estuaire, Cestas octobre 2006
- GIRARDIN M. & LEPAGE M., Indicateurs 'Poisons'. Séminaire indicateurs estuarien, Programme Seine-aval, Maison de l'Université, Rouen 19-20 juin 2006.
- GIRARD P. & ÉLIE P. Anatomical and pathological fish injuries as a tool for estuaries ecological status assessment. "ECSA 41st International Conference "Measuring and managing changes in estuaries and lagoons"", Venice, 15-20 October 2006.
- GIRARDIN M., Etude de la faune aquatique présente sur les zones de dragage et de dépôt de sédiments, dans l'estuaire de la Gironde. Poster, Journée Thématique du CETMEF/MEDD, Paris, mai 2006
- GONTHIER P., GIRARDIN M., CASTELNAUD G., BEAULATON L. Le dispositif de surveillance de la macrofaune estuarienne girondine : état, évolution du système et suivi des ressources exploitées. Com orale, 2ème Journée de restitution des travaux - GIS ECOBAG, Toulouse, Mai 2006
- GONTHIER P., GIRARDIN M., ROCHARD E., SAUTOUR B.. Première caractérisation de la faune présente dans les zones de dragage et de rejet de l'estuaire de la Gironde, en vue d'une évaluation de leurs effets. Com orale, 3ème Journée de restitution des travaux - GIS ECOBAG, Bordeaux, Juillet 2006
- IMBERT H., BEAULATON L., RIGAUD C. & ELIE P., Impact du marquage individuel au Visible Implant Elastomer sur la survie, la croissance et le comportement de jeunes anguilles *A. anguilla*. Poster, 1er prix, Symposium RIF 2006 Paris, Mars 2006.
- LAMAISON G., DAVERAT F., BEAULATON L., IMBERT H., RIGAUD C. & ELIE P., 2006. Facteurs influant sur la croissance de l'anguille européenne *A. anguilla* (L., 1758) en zone aval du bassin Gironde-Garonne-Dordogne. Com. Orale, Séminaire "Biologie, Ecologie et Gestion des Anguilles" (Grisam), Perpignan, Avril 2006

- LEPAGE M., GIRARDIN M., PARLIER E. & BOËT P. Development of a fish-based index for transitional water in France. "ECSA 41st International Conference "Measuring and managing changes in estuaries and lagoons"", Venice, 15-20 October 2006.
- LOBRY J., LEPAGE M. & ROCHARD É. From seasonal patterns to a reference situation in estuarine environment: example of the small fish and shrimp fauna of the Gironde Estuary (SW France). "ECSA 41st International Conference "Measuring and managing changes in estuaries and lagoons"", Venice, 15-20 October 2006.
- LUCIA M., PIERRON F., BAUDRIMONT M. & ELIE P. Les anguilles européennes en déclin: évaluation du niveau de contamination par les métaux. Com. Orale, Séminaire "Biologie, Ecologie et Gestion des Anguilles" (Grisam), Perpignan, Avril 2006
- MARCHAL J., BAGLINIERE J.L., OMBREDANE D., ROCHARD E. & BOET P. Premiers développements d'un outil d'aide à la décision pour la restauration d'un peuplement de poissons migrateurs amphihalins. Poster, Symposium RIF 2006 Paris, Mars 2006
- MARCHAL J., ROCHARD E., PELLEGRINI P., BEGUER M., OMBREDANE D., BAGLINIERE J.L. La reconquête du bassin de la Seine : Identification par l'approche éco-anthropologique d'espèces migratrices sentinelles. Poster, Colloque Interactions Nature-Société, analyse et modèles. UMR6554 LETG, La Baule, Mai 2006
- MARTIN A.S., BOET P. & LEPAGE M. Inventaire et cartographie des pressions anthropiques subies par le système fluvio-estuarien de la Gironde. Com orale, Quatrièmes journées autour de l'estuaire, Cestas octobre 2006
- PARLIER E., LEPAGE M., GIRARDIN M., BOET P. & GUIBERT A. Développement d'un indicateur multimétrique de la qualité des estuaires basé sur les peuplements de poissons. Com orale, Quatrièmes journées autour de l'estuaire, Cestas octobre 2006
- PASQUAUD S., ELIE P. & GIRARDIN M. Définition de nouvelles guildes trophiques pour l'ichtyofaune permettant d'accéder à la structure et au fonctionnement des milieux d'interface. Com orale, Quatrièmes journées autour de l'estuaire, Cestas octobre 2006
- PASQUAUD S., ELIE P. & GIRARDIN M. Ecologie et dynamique alimentaires des juvéniles du maigre, *Argyrosomus regius* (Asso 1801) dans l'estuaire de la Gironde. Com. orale Symposium RIF 2006 Paris, Mars 2006
- PASQUAUD S., GIRARDIN M. & ELIE P. Caractérisation des relations trophiques des poissons estuariens : rôle des échanges sur la structure et la variabilité des communautés piscicoles. Com orale, 1ère Journée de restitution des travaux - GIS ECOBAG, Bordeaux, Mars 2006
- PIERRON F., BAUDRIMONT M., GONZALEZ P., BOURDINEAUD J.P., ELIE P. ET MASSABUAU J.C. Effet de l'hypoxie sur la bioaccumulation et la toxicité du cadmium chez la civelle (*Anguilla anguilla*): approche physiologique et génétique. Com. Orale, Séminaire "Biologie, Ecologie et Gestion des Anguilles" (Grisam), Perpignan, Avril 2006
- ROCHARD E., MARCHAL J., PELLEGRINI P., BEGUER M., OMBREDANE D., GAZEAU C. & BAGLINIERE J. L. Identification éco-anthropologique d'espèces migratrices, emblématiques de la reconquête d'un milieu fortement anthropisé, la Seine. Com orale, Séminaire de restitution des travaux Seine aval, Rouen septembre 2006

2007

- Béguer M., Martin J., Chevassu P., Girardin M. & Boët P. (2007). Recent Invasion of European estuaries by the Asian shrimp *Palaemon macrodactylus*: the case of the Gironde (France). 15th International Conference on Aquatic Invasive Species, Nijmegen, Netherland, 24-27 septembre 2007.
- Girardin M., Lepage M., Boët P., Girard P., Élie P., Guibert A., Durozoi B. & Parlier E. (2007). Développement d'un indicateur poisson pour les estuaires français. Séminaire scientifique de restitution des travaux Seine-Aval, Rouen, 5-6 septembre 2007.
- Rochette S., Lobry J., Lepage M. & Boët P. (2007). Inverse matrix: an alternative of Ecopath with Ecosim to test interactions between species in the Gironde estuary (France). p. 439, Proceedings of the 6th European Conference on Ecological Modelling - ECEM07 - Challenges for ecological modelling in a changing world: Global Changes, Sustainability and Ecosystem Based Management, ICTP, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste, It, november 27-30, 2007.

2008

Béguer M., Larrieu M., Feuillassier L., Girardin M., Boët P., Élie P., Legeay A. & Maury-Brachet R. (2008). Les micropolluants sont-ils responsables des déformations observées chez les crevettes blanches de l'estuaire de la Gironde ? Description du phénomène et recherches en cours. Colloque "Impact des organismes pathogènes et des micropolluants sur l'état de santé des poissons, mollusques et crustacés des milieux naturels : de l'individu au peuplement", Nantes, 11-12 mars 2008.

Courrat A., Lobry J., Laffargue P., Lepage M., Girardin M., Nicolas D. & Le Pape O. (2008). Identification d'indicateurs ichthyologiques pour le suivi de la fonctionnalité de nourricerie des masses d'eau de transition dans le cadre de la DCE. Colloque ASPS, Impact des organismes pathogènes et des micropolluants sur l'état de santé des poissons, mollusques et crustacés des milieux naturels de l'individu au peuplement, Nantes, 11 et 12 mars 2008.

Nicolas D., Lobry J., Lepage M., Sautour B., Le Pape O., Cabral H., Borja Á. & Boët P. (2008). Toward a macroscopic analysis of European tidal estuaries fish assemblages patterns. Science and Management of Estuaries and Coasts, A Tale of two Hemispheres, ECSA 44, Bahía Blanca, Argentina, September 29 - October 3, 2008.

Votre équipe et celles participant au projet, a-t-elle déjà bénéficié de financement de la Région lors des 5 dernières années ?

Nom du projet	Porteur	Année obtention	Montant Région	Coût total HT	Durée
Études expérimentales des processus de dispersion et de sédentarisation chez les jeunes stades de poissons amphihalins : cas de l'anguille, du saumon Atlantique et de la grete Alose	P. Lambert	2004	31 750 €	64 000 €	2 ans
		2005	66 000 €	132 000 €	
Étude de l'effet des paramètres de milieu, de densité et d'habitat sur le comportement et la maturation des poissons migrateurs amphihalins	T. Rouault	2005	74 000 €	74 000 €	1 an
Qualité des espaces littoraux en Aquitaine et Pays Basque espagnol : Flux de contaminants et évolution du trait de côte (réseau Littoral) Thème 3 : Fonctionnement et évolution des systèmes littoraux sous contraintes naturelles et anthropiques	P. Gonthier	2006	54 793 €	109 586 €	1 an
		2006 (thèse)	44 040 €	88 080 €	3 ans

TREFLE

Thèses se rapportant au projet dans les équipes impliquées :

Sujet de thèse, nom de l'Etudiant et du Directeur de Thèse. Seules les thèses encadrées dans le cadre des équipes intervenant dans le projet de recherche sont à considérer.

DEA se rapportant au projet uniquement :

Sujet de DEA, nom de l'Etudiant

↪ Nombre de publications récentes (3 dernières années) des équipes intervenant dans le projet :

Publications dans revues à comité de lecture	12
Communications	13
Conférences - invités	
TOTAL	25

↪ Liste des publications se rapportant au projet de recherche réalisées par les intervenants dans le projet (3 dernières années)

1 - Livres ou revues

2006

Lubin, P., S. Vincent, S. Abadie, J.P. Caltagirone. Three-dimensional Large Eddy Simulation of air entrainment under plunging breaking waves. Coastal Engineering, 53 (8), pp 631-655, 2006.

2007

Trevethan, M., H. Chanson et M. Takeuchi. "Continuous High-Frequency Turbulence et Sediment Concentration Measurements in an Upper Estuary." Estuarine Coastal et Shelf Science, Vol. 73, No. 1-2, pp. 341-350, 2007.

2008

Abadie, S., Morichon D., Grilli S., Glockner S., VOF/Navier-Stokes numerical modeling of surface waves generated by subaerial letslices. La Houille Blanche, 1, pp 21-26, 2008.

Abadie, S., Morichon D., Grilli S., Glockner S., A three-fluid model to simulate waves generated by subaerial letslices coastal engineering. submitted to Coastal Engineering.

- Chanson, H., "Field Observations in a Small Subtropical Estuary during et after a Rainstorm Event." Estuarine Coastal et Shelf Science, Vol. 80, No. 1, pp. 114-120, 2008.
- Chanson, H., Trevethan M. et Aoki S., "Acoustic Doppler Velocimetry (ADV) in Small Estuary : Field Experience et Signal Post-Processing." Flow Measurement et Instrumentation, Vol. 19, No. 5, pp. 307-313, 2008.
- Chanson, H., Takeuchi M. et Trevethan M., "Using Turbidity et Acoustic Backscatter Intensity as Surrogate Measures of Suspended Sediment Concentration in a Small Sub-Tropical Estuary." Journal of Environmental Management, Vol. 88, No. 4, Sept., pp. 1406-1416 2008.
- Koch, C. et Chanson H., "Turbulent Mixing beneath an Undular Bore Front." Journal of Coastal Research, Vol. 24, No. 4, pp. 999-1007, 2008.
- Kucukali, S. et Chanson H., "Turbulence Measurements in Hydraulic Jumps with Partially-Developed Inflow Conditions." Experimental Thermal et Fluid Science, Vol. 33, No. 1, pp. 41-53, 2008.
- Lubin, P., Caltagirone J.-P., Chapter 16: Large Eddy Simulation of hydrodynamics generated by breaking waves. In Advances in Numerical Simulation of Nonlinear Water Waves (ISBN: 978-981-283-649-6 or 978-981-283-649-7), edited by Q.W. Ma, in the series of Advances in Coastal et Ocean Engineering, Vol. 11, to be published in Spring 2009 by The World Scientific Publishing Co.
- Trevethan, M., Chanson H. et R. Brown, "Turbulent Measurements in a Small Subtropical Estuary with Semi-Diurnal Tides." Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 134, No. 11, pp. 1665-1670, 2008.
- Trevethan, M., Chanson H. et R. Brown, "Turbulence Characteristics of a Small Subtropical Estuary during et after some Moderate Rainfall." Estuarine Coastal et Shelf Science, Vol. 79, No. 4, pp. 661-670, 2008.

2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

2006

- Abadie, S., Grilli S., Glockner S., A coupled numerical model for tsunamis generated by subaerial et submarine mass failures. In Proc. ASCE 30th International Conference on Coastal Engineering, World Scientific, vol. 2, pp 1420-1430, 2006.
- Chanson, H. et Trevethan M., "Turbulence in Small Sub-tropical Estuary with Semi-Diurnal Tides." Proceedings of 2nd International Conference on Estuaries et Coasts (ICEC-2006), Guangzhou, Guangdong Province, China, November 28-30, Invited paper, Guangdong Economy Publ., Vol. I, pp. 140-151, 2006.
- Koch, C. et Chanson H., "Unsteady Turbulence Characteristics in an Undular Bore." Proc. Intl Conf. Fluvial Hydraulics River Flow 2006, Lisbon, Portugal, 6-8 Sept., Topic A1, R.M.L. FERREIRA, E.C.T.L. ALVES, J.G.A.B. LEAL, et A.H. CARDOSO Eds., Balkema Publ., Taylor & Francis Group, London, Vol. 1, pp. 79-88, 2006.
- Lubin, P., Branger, H., Kimmoun, O., Large Eddy Simulation of regular waves breaking over a sloping beach. In Proc. ASCE 30th International Conference on Coastal Engineering, World Scientific, vol. 1, pp 238-250, 2006.

2007

- Ali, H., Lubin P., Kimmoun O., Branger H., Simulation des Gretes Echelles de l'hydrodynamique générée par le déferlement d'une houle régulière. Congrès Français de Mécanique, 2007.
- Chanson, H., "Hydraulic Jumps: Bubbles et Bores." Proceedings of 16th Australasian Fluid Mechanics Conference AFMC, Gold Coast, Australia, 2-7 December, P. JACOBS, T. McINTYRE, M. CLEARY, D. BUTTSWORTH, D. MEE, R. CLEMENTS, R. MORGAN, C. LEMCKERT Eds., Plenary Address, pp. 39-53, 2007.
- Chanson, H., M. Takeuchi et M. Trevethan, "High-Frequency Suspended Sediment Flux Measurements in a Small Estuary." Proc. 6th International Conference on Multiphase Flow ICMF 2007, Leipzig, Germany, July 9-13, M. SOMMERFIELD Editor, Session 7, Paper No. S7_Mon_C_S7_Mon_C_5, 12 pages (CD-ROM) 2007.
- Chanson, H., Trevethan M. et Takeuchi M., "High-Frequency Turbulence et Sediment Flux Measurements in an Upper Estuarine Zone." Proceedings of the 32nd IAHR Biennial Congress, Venice, Italy, G. DI SILVIO et S. LANZONI Editors, Topic D1.b, 10 pages (CD-ROM), 2007.

Lubin, P., Kimmoun O., Branger H., Simulation de l'hydrodynamique générée par le déferlement d'une houle régulière. Groupe de Travail "Modélisation et Analyse Mathématique et Numérique en Océanographie", Bordeaux, 2007.

Mauriet, S., Abadie S., Mory M., Lubin P., Modélisation numérique 2D du jet de rive. Congrès Français de Mécanique, 2007.

2008

Furuyama, S. et Chanson H., "A Numerical Study of Tidal Bore et Dam-break Flows Using CIP Method." Proc. 27th Japanese Symposium on Multiphase Flow JSMP08, Japanese Society for Multiphase Flow, Aizuwakamatsu City, Japan, 8-10 Aug., S. TSUNOYAMA et S. KANEMOTO Eds., 2 pages (CD-ROM) (in Japanese), 2008.

Lubin, P., Glockner S., Chanson H., Numerical simulation of turbulence generated by a tidal bore. Abstract submitted to Conference on Turbulence et Interactions TI2009, 2009.

Mauriet, S., Abadie S., Mory M., Lubin P., Simulation numérique du jet de rive généré par un front d'onde turbulent. 10èmes Journées Nationales du Génie Civil - Génie Côtier, 2008.

Votre équipe et celles participant au projet, a-t-elle déjà bénéficié de financement de la Région lors des 5 dernières années ?

Nom du projet	Porteur	année d'obtention	Montant	Durée
Simulations numériques appliquées à la rentrée atmosphérique des engins spatiaux et aux écoulements turbulents diphasiques industriels et environnementaux	Pr. Azaiez M	2005	213 k€	1 an
RESEAU DE RECHERCHE LITTORALE Qualité des espaces littoraux en Aquitaine et Pays Basque espagnol : Flux de contaminants et évolution du trait de côte	Dr. Maron P.	2006	1 187 k€	3 ans

Thèses se rapportant au projet dans les équipes impliquées :

Sujet de thèse, nom de l'Etudiant et du Directeur de Thèse. Seules les thèses encadrées dans le cadre des équipes intervenant dans le projet de recherche sont à considérer.

- Nathalie Tapie : Etude des relations entre persistance, bioaccumulation et effets à long terme des contaminants chimiques en milieu marin (directeur de thèse, H. Budzinski) – Soutenue en 2006 (Chercheur Post-Doctoral LPTC)
- Anne Togola : Etude de la contamination des milieux aquatiques par les substances pharmaceutiques : application aux estuaires de la Gironde, de l'Adour et de la Seine (directeur de thèse, H. Budzinski) – Soutenue en 2006 (Chercheur CDI BRGM)
- Kevin Cailleaud : Bioaccumulation et effets de contaminants présents en estuaire de Seine sur le comportement natatoire et le potentiel reproducteur d'Eurytemora affinis (Copépode Crustacé) (co-directeurs de thèse, H. Budzinski, J. Forget, S. Souissi) – Soutenue en 2006 (Cadre Scientifique CDI Total Petrochemicals)
- Sophie Lardy : Etude des perturbateurs endocriniens dans les systèmes aquatiques – (directeur de thèse, H. Budzinski) – Soutenue en 2008 (Chercheur Post-Doctoral LNE)
- Marie Le Du : Etude des phénomènes de bioaccumulation / biotransformation des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) par les organismes aquatiques ; Relation exposition-génotoxicité (directeur de thèse, H. Budzinski) – Soutenue en 2008 (Chargé d'Etudes Analytiques, CDI Pierre Fabre)
- Alexia Crespo : Etude des sources, du devenir et de l'impact des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques en milieu aquatique (directeur de thèse, H. Budzinski) – En cours
- Marion Justine Capdeville : Etude des cycles biogéochimiques des contaminants organiques dits émergents en milieu aquatique (co-directeurs de thèse, H. Budzinski et H. Etcheber) – En cours

DEA se rapportant au projet uniquement :

Sujet de DEA, nom de l'Etudiant

- Chloe De PERRE (2006) Étude des interactions Matière Organique Colloïdale / Contaminants Organiques dans l'environnement aquatique. MASTER SCIENCES ET TECHNOLOGIES MENTION CHIMIE - Université Bordeaux 1
- Marion Justine CAPDEVILLE (2006) Etude des perturbateurs endocriniens dans les systèmes aquatiques. MASTER 2 RECHERCHE « SCIENCES ET TECHNOLOGIES » MENTION « SYSTEMES ECOLOGIQUES » - Université Bordeaux 1
- Frédéric MURCIA 2007 : Etude des phénomènes de transfert sol/plante des contaminants organiques tels que les PCB, PBDE et HAP. MASTER SCIENCES ET TECHNOLOGIES MENTION CHIMIE - Université Bordeaux 1. Encadrement H. Budzinski (50%), L. DFenaix (50%)

↪ **Nombre de publications récentes (3 dernières années) des équipes intervenant dans le projet :**

Publications dans revues à comité de lecture	18
Communications	30

Conférences - invités	
TOTAL	48

↪ **Liste des publications se rapportant au projet de recherche réalisées par les intervenants dans le projet (3 dernières années)**

1 - Livres ou revues

2006

- Budzinski, H., M. H. Devier, P. Labadie, A. Togola, 2006. Analysis of hormonal steroids in fish plasma et bile by coupling solid-phase extraction to GC/MS. *Anal. Bioanal. Chem.*, 386, 1429–1439.
- Cachot, J., O. Geffard, S. Augagneur, S. Lacroix, K. Le Menach, L. Peluhet, M. H. Devier, J. Couteau, D. Pottier, H. Budzinski, 2006. Evidence of genotoxicity associated to high PAH content of sediments in the upper part of the Seine estuary (Normety, France). *Aquatic Tox.*, 79, 257–267.
- Labadie, P., H. Budzinski, 2006. Alteration of steroid hormone balance in juvenile turbot (psetta maxima) exposed to nonylphenol, bisphenol A, BDE 47, diallylphtalate, oil et oil+alkylphenol industrial mixture. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 50, 552–561, 2006.
- Labadie, P., H. Budzinski, 2006. Alteration of steroid hormone profile in juvenile turbot (Psetta maxima) as a consequence of short-term exposure to 17 α -ethynylestradiol. *Chemosphere*, 64, 1274–1286.
- Le Goff, J., J. Gallois, L. Peluhet, M. H. Devier, H. Budzinski, D. Pottier, V. Etre, J. Cachot, 2006. DNA adduct measurement in Zebra mussel, *Dreissena polymorpha* Pallas. Potential use for genotoxicant biomonitoring of fresh water ecosystems. *Aquatic Tox.*, 79, 55–64.
- Rabiet, M., A. Togola, F. Brissaud, J.L. Seidel, H. Budzinski, F. Elbaz-Poulichet, 2006. Consequence of wastewater disposal on the contamination of the water resource by pharmaceuticals in a Mediterranean basin. *Environmental Science et Technology*, 40, 5282–5288.
- Rocher, B., J. Le Goff, M. Briet, H. Metuzio, L. Peluhet, J. Gallois, M.H. Devier, L. Gricourt, S. Augagneur, H. Budzinski, D. Pottier, V. Etrée, P. Lebailly, J. Cachot, 2006. Genotoxicant accumulation et cellular defence activation in bivalves chronically exposed to waterborne contaminants from the Seine River. *Aquatic Tox.*, 79, 65–77.

2007

- Cachot, J., M. Law, D. Pottier, L. Peluhet, M., H. Budzinski, R. Winn, 2007. Characterization of toxic Effects of Sediment-Associated Norris Organic Pollutants Using the λ Transgenic Medaka. *Environ. Sci. Technol.* 41, 7830-7836.
- Cailleaud, K., J. Forget-Leray, S. Souissi, D. Hilde, K. LeMenach, H. Budzinski, 2007. Seasonal variations of hydrophobic organic contaminant concentrations in the water-column of the Seine Estuary et their transfert to a planktonic species *Eurytemora affinis* (Calanoïda, copepoda). Part 1: PCBs et PAHs. *Chemosphere* 70, 270-280
- Cailleaud, K., J. Forget-Leray, S. Souissi, S. Lardy, S. Augagneur, H. Budzinski, 2007. Seasonal variation of hydrophobic organic contaminant concentrations in the water-column of the seine Estuary et their transfert to a planktonic species *Eurytemora affinis* (Calanoïd, copepod). Part 2: Alkylphenol-polyethoxylates. *Chemosphere* 70, 281-287
- Cailleaud, K., G. Maillat, H. Budzinski, S. Souissi, J. Forget-Leray, 2007. Effects of salinity et temperature on the expression of enzymatic biomarkers in *Eurytemora affinis* (calanoïda, Copepoda). *Comparative Biochemistry et Physiology, Part A*, 147, 841-849.
- Durou, C., L. Poirier, J.C. Amiard, H. Budzinski, M. Gnassia-Barelli, K. Le Menach, L. Peluhet, C. Mouneyrac, M. Roméo, C. Amiard-Triquet, 2007. Biomonitoring in a clean et a multi-contaminated estuary based on biomarkers et chemical analyses in the endobenthic worm *Nereis diversicolor*. *Environmental Pollution* 148, 445-458.

Quiniou, F., G. Damiens, M. Gnassia-Barelli, A. Geffard, C. Mouneyrac, H. Budzinski, M. Roméo, 2007. Marine water quality assessment using transplanted oyster larva. *Environment international*, 33, 27-33.

Togola, A., H. Budzinski, 2007. Analytical development for analysis of pharmaceuticals in water samples by SPE et GC-MS. *Anal. Bioanal. Chem.* 388, 627-635.

2008

Alonso, E., N. Tapie, H. Budzinski, K. Le Menach, L. Peluhet, J.V. Tarazona, 2008. A model for estimating the potential biomagnification of chemicals in a generic food web: Preliminary development. *Environ. Sci. et Poll. Research.*, 15, 31-40.

Muller, M., F. Rabenoelina, P. Balaguer, D. Patureau, K. Le Menach, H. Budzinski, D. Barcelo, M.L. De Alda, M. Kuster, J.P. Delgenes, G. Hernetz-Raquet, 2008. Chemical et biological analysis of endocrine-disrupting hormones et estrogenic activity in an advanced sewage treatment plant. *Env. Toxicol. Chem.*, 27, 1649-1658.

Tapie, N., H. Budzinski, K. Le Menach, 2008. Fast et efficient extraction methods for the analysis of polychlorinated biphenyls et polybrominated diphenyl ethers in biological matrices. *Anal. Bioanal. Chem.*, 391, 2169-2177.

Togola, A., H. Budzinski, 2008. Multi-residue analysis of pharmaceutical compounds in aqueous samples. *J. Chromatogr. A*, 1177, 150-158.

2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

Voir ci-dessus

2006

Togola, A., H. Budzinski. Development of Polar Organic Compounds Integrative Sampler (POCIS) for study of pharmaceuticals. 2nd International Passive Sampling Workshop et Symposium (IPSW 2006), Bratislava, Slovaquie, 3-6 Mai 2006 (COI)

Lardy, S., H. Budzinski. A comparative study of the state of contamination of three french macrotidal estuaries by the biodegradation metabolites of nonylphenol-polyethoxylates. 16th Society of Environmental Toxicology et Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, La Haye, Pays-Bas, 7-11 Mai 2006 (CAI)

Togola, A., H. Budzinski. Development of Polar Organic Compounds Integrative Sampler for study of pharmaceuticals. 16th Society of Environmental Toxicology et Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, La Haye, Pays-Bas, 7-11 Mai 2006 (CAI)

Togola, A., H. Budzinski. Study of pharmaceuticals in the Seine estuary: Sources, behaviour et fate in aquatic environments. 16th Society of Environmental Toxicology et Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, La Haye, Pays-Bas, 7-11 Mai 2006 (CAI)

Le Dù, M., H. Budzinski, B. Morin, F. Akcha, T. Burgeot. Exposure of marine organisms to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): use of PAH metabolites in monitoring programs for a better understating of PAH contamination. SETAC EUROPE 16th Annual Conference, La Haye, Pays Bas 7-11 Mai 2006 (CAI).

Budzinski, H., K. Le Ménach, T. Bacquart, O. Geffard. Development of new enzymatic tool in mytilus sp to detect PAH contamination : analytical developments et field study on french coast. SETAC Europe, 16th Annual Meeting, La Haye Pays Bas, 7-11 mai 2006 (CAI)

Cachot, J., M. Law, M. Pottier, M. Norris, K. Le Ménach, H. Budzinski, R. Winn. The use of embryos of the lambda c//transgenic medaka for environmental risk assessment. Application to sediments of the Seine estuary (France). 36th Conf. of the European Env. Mutagen Soc., EEMS, Prague, République Tchèque, 2-6 Juillet 2006 (COI)

Togola, A., H. Budzinski. Study of Pharmaceuticals on aquatic compartments : sources, behaviour et fate. 1st European Chemistry Congress, Budapest, Hongrie 27-31 Août 2006 (COI).

Sekula, J., M. Le Dù-Lacoste, K. Le Menach, H. Budzinski Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) metabolites by GC-MS/MS. 1st European Chemistry Congress, 10th FECS Conference, Budapest, Hongrie, 27-31 Août 2006 (CAI)

Huguet, A., C. Innocent, H. Roux De Balman, E. Parlanti. Concentration of Marine Organic Matter by Reverse Osmosis et Electrodialysis. 13th Meeting of the International Humic Substances Society, Karlsruhe, Germany, Août 2006.

Parlanti, E., J.L. Giraudel, A. Roumaillac, A. Banik, A. Huguet, L. Vacher, Fluorescence et PARAFAC Analysis: New Criteria for the Characterization of Dissolved Organic Matter in aquatic

- Environments. 13th Meeting of the International Humic Substances Society, Karlsruhe, Germany, Août 2006.
- Budzinski, H. Pharmaceutical Substances: Emergent Contaminants of the Aquatic Systems. 1st thematic workshop of the EU project NORMAN - Chemical Analysis Of Emerging Pollutants ; 27-28 Novembre 2006, Maó, Menorca (Balearic islet) Espagne (COI)
- Tapie, N., H. Budzinski PCBs et PBDEs in French Estuaries: Analytical methodology et Environmental results. 1st European Chemistry Congress, Budapest, Hongrie, Août 2006 (COI)
- Tapie, N., H. Budzinski Kinetics of bioaccumulation of PCBs, PBDEs et PAHs. 16th SETAC Europe Meeting, 16th, La Haye Pays Bas, 7-11 mai 2006 (CAI)
- Tapie N., H. Budzinski Bioaccumulation of POPs in pelagic food web of the Gironde estuary (France). 16th Annual Meeting, La Haye Pays Bas, 7-11 mai 2006 (CAI)
- Amiard-Triquet, C., C. Durou, J.C. Amiard, T. Berthe, G. Billon, H. Budzinski, G. Damiens, J.P. Debenay, J. Deloffre, F. Denis, L. Denis, T. Ferrero, P. Gillet, M. Gnassia-Barelli, H. Hummel, C. Mouneyrac, B. Ouddane, F. Petit, L. Poirier, L. Quillet, M. Roméo, B. Smith, F. Sylvestre, G. Thoumelin. Sediments: a key compartment for the assessment of interactions between chemicals et biota in estuaries. Benthic Ecology Meeting (BEM), mars 2006 (CAI)
- 2007
- Lardy-Fontan, S., S. Coulon, K. Le Menach, S. Martin Ruel, J.M. Choubert, M. Coquery, H. Budzinski Wastewater treatment plant faced to detergents et pharmaceutical substances. What processes to succeed in the decrease of their load to aquatic systems? Congrès EMEC, Inverness, RU, Décembre 2007 (COI)
- Le Dû-Lacoste, M., H. Budzinski, B. Morin, F. Akcha, T. Burgeot. Biliary polycyclic aromatics hydrocarbons (PAHs) metabolites: A diagnostic tool for exposure of aquatic organisms to PAHs. Relation between exposure et genotoxicity. 21th International Symposium on Polynuclear Aromatic Compounds, Trondheim, Norvège, du 5 au 10 août 2007 (CAI)
- Budzinski, H., A. Togola, S. Lardy-Fontan POCIS as a new water monitoring tool A first approach for pharmaceuticals et detergents. Workshop SWIFT, Lille, Avril 2007 (CAI)
- De Perre, C., H. Budzinski, E. Parlanti Application of Solid-Phase Microextraction (SPME) to the study of interactions between Dissolved Organic Matter (DOM) et organic contaminants in aquatic environment, IMOG 2007, Torquay (Angleterre) septembre 2007 (CAI)
- Cachot, J., C. Minier, M. Law, D. Pottier, J. Schleis, L. Peluhet, M. Norris, H. Budzinski, R. Winn The use of embryos of the Lambda cII transgenic Medaka to assess short et long term effects of sediment-sorbed pollutants: Application to sediments of the Seine estuary (Normety, France). PRIMO 14, Florianopolis Mai 6-9 2007 (COI)
- Budzinski, H., A. Togola, S. Lardy, K. Le Menach Pharmaceutical substances : emergent contaminants of the aquatic systems ; CIESM 38th congress, Istanbul, Turquie, 8-12 avril 2007 (COI)
- Cailleaud, K., S. Souissi, S. Augagneur, S. Lardy, H. Budzinski, J. Forget-Leray. Experimental study of the transfer et the effects of potentially endocrine disrupting substances using *Eurytemora affinis* as test organism. PRIMO14, 6-9 May 2007, Florianopolis, Brésil (CAI)
- Wessel, N., Akcha F., Le Dû-Lacoste M., Burgeot T., H. Budzinski, Cravedi JP. Bioactivation of benzo[a]pyrene et fluoranthene by *Solea solea* microsomes: implication in terms of genotoxicity 34th Aquatic Toxicity Workshop octobre 2007 Halifax, Nova Scotia, Canada (COI)
- Amiard-Triquet, C., C. Durou, J.C. Amiard, T. Berthe, G. Billon, H. Budzinski, A. Créach, M. Roméo, J.P. Debenay, J. Deloffre, F. Denis, L. Denis, T. Ferrero, P. Gillet, P. Hummel, C. Mouneyrac, B. Ouddane, F. Petit, L. Poirier, L. Quillet, B. Smith, F. Sylvestre. A comprehensive methodology for the assessment of the health status of estuarine ecosystems ICES meeting, Helsinki, Finlet, 17 -21 September 2007 (COI)
- Lehtonen, K., H. Budzinski, R. Turja, M. Leivuori, M.H. Devier. Deployment of caged mussels (*Mytilus* spp.) as a method to study chemical pollution in the Baltic Sea: a case study in the Archipelago Sea (SW Finlet) ICES meeting, Helsinki, Finlet, 17 -21 September 2007 (COI)
- Huguet, A., F. Ibalot, H. Roux-De Balmann, E. Casademont, C. De Perre, E. Parlanti. Membrane processes applied to the characterization of marine organic matter. 23rd International Meeting on Organic Geochemistry, Torquay, United Kingdom, Septembre 2007.
- De Perre, C., H. Budzinski, E. Parlanti. Application of solid-phase microextraction to the study of interactions between dissolved organic matter et organic contaminants in aquatic environment. 23rd International Meeting on Organic Geochemistry, Torquay, United Kingdom, Septembre 2007.

2008

De Perre, C., K. Le Menach, H. Budzinski, E. Parlanti. Application of Solid-Phase Microextraction to interactions between Dissolved Organic Matter et organic contaminants in aquatic environment. 18th Annual Meeting of the Society of Environmental Toxicology et Chemistry (SETAC) Europe, Varsovie, Pologne, Mai 2008.

De Perre, C., K. Le Menach, F. Ibalot, H. Budzinski, E. Parlanti. Interactions between Dissolved Organic Matter et Organic Contaminants in aquatic environment. 14th International Meeting of the International Humic Substances Society (IHSS), Moscou – Saint Petersburg, Russie, 2008.

Votre équipe et celles participant au projet, a-t-elle déjà bénéficié de financement de la Région lors des 5 dernières années ?

Nom du projet	porteur	Année d'obtention	montant	durée
Etude du devenir des hydrocarbures aromatiques polycycliques (ou HAP) dans l'environnement : phénomènes d'oxydation biotiques et abiotiques	H. Budzinski / E. Villenave	2004	136 K€ HT	1 an
Qualité des espaces littoraux en Aquitaine et Pays Basque espagnol : Flux de contaminants et évolution du trait de côte	P. Maron	2006	48 K€ HT	3 ans
Sécurité des aliments en Aquitaine – Sous projet contaminants chimiques	J. M. Olivier	2006	70 K€ HT	3 ans
Apports scientifiques face à la problématique conchylicole du Bassin d'Arcachon	B. Sautour	2007	95 K€ HT	2 ans
Analyse de la toxicité et identification des polluants chimiques à risque dans le compartiment sédimentaire de divers écosystèmes aquatiques aquitains (AquiTox)	J. Cachot	2008	86 K€ HT	3 ans

Thèses se rapportant au projet dans les équipes impliquées :

Sujet de thèse, nom de l'Etudiant et du Directeur de Thèse. Seules les thèses encadrées dans le cadre des équipes intervenant dans le projet de recherche sont à considérer.

- Approche économique de la qualité des eaux de baignade. Jean Yves GODARD, Patrick POINT
- Analyse économique des implications spatiales de la réglementation du littoral., Monique DANTAS, Patrick POINT

DEA se rapportant au projet uniquement :

Sujet de DEA, nom de l'Etudiant

- Analyse quantifiée des évaluations économiques des fonctionnalités des zones humides. Bruno PENISSON

↪ **Nombre de publications récentes (3 dernières années) des équipes intervenant dans le projet :**

Publications dans revues à comité de lecture	15
Communications	21
Conférences - invités	
TOTAL	36

↪ **Liste des publications se rapportant au projet de recherche réalisées par les intervenants dans le projet (3 dernières années)**

1 - Livres ou revues

2006

Dalgaard T., Ferrari S., M. Rambonilaza, 2006. Features of environmental sustainability in agriculture: some conceptual et operational issues. *International Journal of Agricultural Resources, Governance et Ecology*, Vol. 5, Nos. 2/3, pp. 107-115.

Rambonilaza, M., 2006. "Labelling an efficient marketing tool for environmentally friendly tourism product? The case of the recreational-housing rental market in rural destinations", *Tourism Economics*, September, 21pages.(Résumé)

Mollard, A., M. Rambonilaza, D. Vollet,, 2006. « Aménités environnementales et rente territoriale sur un marché de services différenciés : le cas du marché des gîtes ruraux labellisés en France », *Revue d'économie politique*, mars-avril, 33pages.

2007

- Bournot, A., P. Point et J.J. Malfait. 2007 "Acteurs et perceptions des impacts subis par l'estuaire de la Gironde" Actes du colloque ORIANE 2007.
- Madureira, L., M. Rambonilaza, I. Kaprinski, 2007., "Review of methods et evidence for economic valuation of agricultural non-commodity outputs et suggestions to facilitate its application to broader decisional contexts", *Agriculture, Ecosystems et Environment*, *Volume 120, Issue 1, Pages 5-20*.
- Mollard, A., M. Rambonilaza, D. Vollet, 2007., "Market structure, environmental amenities et benefit estimates: an application of hedonic method to analyse firms behaviour in rural tourism market", *Let Use Policy*, *Volume 24, Issue 2, Pages 484-493*.
- Rambonilaza, M., J. Dachary-Bernard, 2007., "Let-use planning et public preferences: What can we learn from choice experiments method?", *Landscape et Urban Planning*, 83, pp. 318-326.
- Rambonilaza, M., P. Point, J. Dachary-Bernard., 2007. Stability of the WTP measurements with successive use of choice experiments method et multiple programmes method. *Revue d'Economie Politique*, 117 (5), 721-737.
- Rulleau, B., J. Dehez, P. Point, 2007. Valuing forest recreation in a multidimensional environment: the contribution of the Multi-Program Valuation Method in *Integrative Science for Integrative Management*. Actes du symposium IUFRO Division VI. Saariselkä Finlete.

2008

- Ferrari, S., M. Rambonilaza, 2008. Agricultural multifunctionality promoting policies et the safeguarding of rural letscales: how to evaluate the link?, *Landscape Research*, Special Issue, June 2008.
- Ferrari, S., 2008. « Espaces littoraux et capital naturel critique : la ressource en eau en milieu insulaire. Une application à La Réunion et à La Guadeloupe », in BRETON J-M. (Dir) Gestion des ressources en eau et développement durable local, Février 2008.
- Hirczak, M., M. Moalla, A. Mollard, B. Pecqueur, M. Rambonilaza, D. Vollet, 2008., « Le modèle du panier de biens : quelle généralisation ? Concepts, méthodes, grille d'analyse », *Economie rurale*, (forthcoming), 14pages.
- Rambonilaza, M., J. Gadaud, P. Point, 2008. Contractualiser l'ouverture des forêts privées au public ?, *Revue Française d'Économie*, n°1, XXIII, 25 pages.
- Zeter, P., A. Knierim, W. A.H. Rossing, M. Rambonilaza, L. Madureira, J. C.J. Groot, I. Karpinski, E. Josien, B. Meyer, 2008., "Models, techniques et tools to explain et assess multifunctionality of agriculture", *International Journal of Agricultural Resource Governance et Ecology*, June, 24 pages.
- Hirczak, M., M. Moalla A. Mollard, B. Pecqueur, M. Rambonilaza, D. Vollet, 2008., "From the basket of goods to a more general model of territorialized complex goods: concepts, analysis grid et questions", *Canadian Journal of Regional Studies*, volume 2, 25pages.

2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

2006

- Cetau, J., P. Deuffic, S. Ferrari, N. Lewis, M. Rambonilaza. « Multifonctionnalité de l'agriculture et principes d'équité ». *Colloque de l'ACFAS*, Montréal, Canada, Université McGill, 16-17 mai 2006.
- Ferrari, S., B. Gagnon, N. Lewis, « L'environnement et les générations futures, une question d'éthique ou de justice ? Une lecture critique de J. Rawls et d'H. Jonas. ». *Association Charles Gide pour l'Histoire de la Pensée Economique*, Journées d'Etude « La justice sociale : histoire et théories », Aix-en-Provence, 7-8 décembre 2006.

2007

- Bournot, A., P. Point "Sharing a renewable resource: migratory fish stock". *21st Annual Conference, The Irish Economic Association*, Bunclody, 27-29 Avril 2007
- Bournot, A., P. Point « Cooperative et non cooperative strategies: effects of reversible or non reversible impact on Allis shad's commercial fishery on Gironde estuary". *8^e Forum Halieumétrie*, La Rochelle, 19-21 Juin 2007

Bournot, A., P. Point. "Impact of human activities on a multifunctional territory, Gironde Estuary : a bioeconomic approach." *Colloque Integrated coastal zone management et valuation of socio-economic impacts, Venise, 12-13 mars 2007.*

Ferrari, S., B. Gagnon et N. Lewis. « Ethique et justice environnementales : quels enjeux pour la protection des ressources naturelles ? ». *Colloque de l'ACFAS « Ressources naturelles et culturelles : enjeux de modélisation interdisciplinaire, d'évaluation et de gouvernance territoriale »*, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada, 8-9 mai 2007.

Rambonilaza, M., P. Point, J. Bernard. « WTP stability measurement with successive use of choice experiments method et of multi-programmes method ». *Workshop "Contingent evaluation". Paris 1 Sorbonne. 15 mars 2007.*

Rulleau, B., J. Dehez, P. Point « Economic valuation of multidimensionnal non-market forest services : an application of the multi-program method to recreation. *Symposium on building insights of managerial economics et accounting toward sustainable forest management. Lviv (Ukraine) 16-19 mai 2007*

Rulleau, B., J. Dehez, S. Lyser, P. Point « A study of individual preferences in a multifunctional area : an application of the multi-program valuation method to forest recreation" *Colloque "Advances in Tourism Economics", Vila Nova de Sto Etré (Portugal) 6-7 avril 2007*

2008

Ferrari, S., K. Mayumi, A. Tsuchida. "Toward partial reorientation of let management for sustainability in view of material circulation: biophysical et historical analysis". *10th Annual Conference of the Association for Heterodox Economics, Anglia Ruskin University, Cambridge, 3-6 July 2008.*

Rambonilaza, M., J. Gadaud, « Consentement à recevoir et choix contractuels dans le cadre d'un modèle empirique d'utilité espérée subjective : l'accueil récréatif en forêts privées ». *Journées de l'AFSE, Ecole d'Economie de Toulouse, 9, 10 et 11 juin 2008.*

Votre équipe et celles participant au projet, a-t-elle déjà bénéficié de financement de la Région lors des 5 dernières années ?

Financement de thèses (50% ou 100%)	Période	Responsable
Approche économique des fonctionnalités d'un actif multifonctions : l'exemple de la Gironde.	2004-	P. Point
"Approche économique de la chasse au gret gibier et de sa régulation. Application au massif forestier des letes de Gascogne "	2004-	
"La valeur économique des services récréatifs en forêts publiques. Application aux forêts domaniales de Gironde"	2004-	P. Point
"Impacts économiques d'une politique de réductions des GES"	2005-	P. Point
Projets de recherche CRDT	Période	Responsable
Durabilité du système de production forêt-bois d'Aquitaine 27k€ en Investissement sur 3 ans 139 k€ en Fonctionnement	2005- 2007	JJ. Malfait
Valorisation marchete des aménités environnementales et leur contribution au développement durable des territoires	2008-	M. Rambonilaza