



APPEL A PROJETS 2007

Volet « RECHERCHE » 1^{ère} année (2)

Apports scientifiques face à la
problématique conchylicole du Bassin
d'Arcachon



R E G I O N



AQUITAINE

EN AQUITAINE & EN AVANCE

PRESENTATION DU PROJET EN VUE D'EXPERTISE

Apports scientifiques face à la problématique conchylicole du Bassin d'Arcachon

Notre proposition de travail consiste en une étude intégrée de l'environnement du Bassin d'Arcachon, regroupant de nombreux laboratoires dont les compétences seront amenées à s'exprimer dans différents volets de recherche. De manière à faciliter l'expertise du projet (objectifs, lisibilité des interventions des laboratoires dans les différents volets, demandes de crédits, d'allocations, etc...), nous présentons dans un premier temps :

- un **descriptif synthétique du projet** (objectifs du projet, intérêt, caractère novateur, méthodologie utilisée, justification des moyens sollicités, phasage, calendrier),
- les **informations générales** concernant les personnels et laboratoires impliqués, les moyens des laboratoires.

Etant donné la diversité des approches et de manière à faciliter une éventuelle expertise focalisée sur les différents volets de recherche nous présentons ensuite **pour chaque volet** :

- les **annexes scientifiques** se rapportant aux différents volets de recherche (objectifs, intérêt, caractère novateur, méthodologie, justification des moyens sollicités, phasage, calendrier)
- les **fiches de demandes d'allocations** demandées dans chaque volet
- les informations générales concernant les personnels et laboratoires :
 - **personnel impliqué et laboratoires** participant au volet de recherche considéré,
 - **thèses, Master 2, publications** se rapportant spécifiquement au volet de recherche
 - les **moyens obtenus** de la Région
 - les mots clés et laboratoires travaillant sur la problématique du volet considéré.

Descriptif synthétique du projet	4
Laboratoires participant et personnel	19
Moyens de recherche des laboratoires	22
Annexe 1 : Volet [Apports océaniques]	25
Annexe 2 : Volet [Apports continentaux]	44
Annexe 3 : Volet [Huître dans son environnement]	92
Annexe 4 : Volet [Observation]	119
Annexe 5 : Volet [Microcapteurs]	150

APPEL A PROJETS 2007

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.
- Phasage
- Calendrier
- 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.

Les équipes de recherche aquitaines impliquées dans la thématique du littoral se sont, depuis deux ans, constituées en un réseau régional et multidisciplinaire coordonné (P. Bertrand 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). Parmi les trois axes de recherche de ce projet, les axes I (dynamique de la côte sableuse) et II (dynamique des contaminants) ont été très bien évalués et largement soutenus. L'axe III (fonctionnement et évolution des écosystèmes, observations à long terme) a été jugé de grande importance mais nécessitant une présentation par site atelier pour une meilleure lisibilité. Des concertations approfondies avec les services du Conseil Régional, ainsi qu'un contexte socio-économique particulièrement mouvementé et porteur de questions nouvelles (problème des crises ostréicoles de 2005 et 2006) ont conduit le réseau à proposer, en réponse à l'appel d'offres 2007 du Conseil Régional, trois 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 Boët, Cemagref-Cestas)

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 quatre projets (celui de l'AO 2006 et les trois de l'AO 2007), où nous inviterons des représentants de la Région et de nos organismes, ainsi que le comité de pilotage commun de nos projets ainsi que de réunions scientifiques de travail communes. Par ailleurs un site Web est en cours de constitution (ouverture en janvier 2007) qui permettra aux différents projets de disposer d'un outil d'animation (échanges d'information). Ce site permettra 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).

Zone Atelier Bassin d'Arcachon

Apports scientifiques face à la problématique conchylicole dans le Bassin d'Arcachon

Dans la préface du rapport « Des outils et des hommes pour une gestion intégrée des zones côtières » [Hénocque, 2001], François Gérard¹ précise : « Rappeler que les zones côtières sont le lieu de toutes les pressions démographiques, économique et écologiques, n'est pas un truisme, mais une nécessité. Cet espace, objet de tous les conflits d'usage, pêche, aquaculture, industrie, transports maritimes, loisirs, est par ailleurs à la convergence de tous les impacts du changement global, niveau de la mer, évolutions climatiques, etc. ». Les zones côtières sont en effet soumises à de forts impacts anthropiques et l'importance de leur fréquentation (60% de la population mondiale à l'heure actuelle, 75% en 2015), ainsi que leur forte exploitation (biologique, touristique, industrielle...) implique une meilleure connaissance de leur évolution et des processus impliqués afin d'aboutir à une meilleure compréhension de leur fonctionnement et donc à l'acquisition d'éléments indispensables à leur gestion raisonnée. Or pour ces milieux complexes, les connaissances manquent encore cruellement aujourd'hui pour définir l'état d'un écosystème, l'état d'un peuplement et le relier à la qualité de son milieu. Pourtant, avec la mise en place de la Directive cadre européenne sur l'eau (DCEE 2000), le temps est désormais à la construction d'outils d'évaluation opérationnels et scientifiquement fondés qui vont en ce sens. Le lien entre les causes de perturbation et les effets observés sur le fonctionnement de l'écosystème n'est pas toujours non plus facilement identifiable, alors que la demande sociétale concernant les mécanismes impliqués dans ces perturbations, les projections de leur tendance dans l'avenir et l'effet à attendre de leur limitation sont fortes (e.g. problématiques liées aux effets des changements climatiques sur les écosystèmes côtiers). Cette mise en relation « pression-état-réponse » est au cœur 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 des écosystèmes littoraux à travers leurs différentes composantes et, au-delà, une meilleure compréhension du système écologique dans son ensemble, seront donc une aide précieuse pour mieux asseoir la décision publique en vue de leur gestion durable.

Ces écosystèmes situés à l'interface Océan/Continent/Atmosphère sont des **systèmes complexes** caractérisés par une très forte hétérogénéité spatiale et temporelle liée à la physique du milieu, au climat et au cycle de vie des organismes (Jouffre *et al*, 1991 ; Seuront & Lagadeuc, 2001 ; Dalpadado *et al*, 2003). Ils sont par ailleurs caractérisés par de forts gradients dans le réacteur biogéochimique conditionnés par les processus

¹ Président du Comité National Français pour la Commission Océanographique Internationale de l'UNESCO

internes et les apports allochtones : océaniques, atmosphérique et continentaux (Abril *et al*, 2007 ; Deborde *et al*, 2007 ; Etcheber *et al*, 2007). Ce projet a pour objet principal de développer un cadre de travail collectif, avec pour objectif général une meilleure connaissance générale du fonctionnement des écosystèmes littoraux axée sur un **site atelier** « le Bassin d’Arcachon » et orientée vers des questions répondant à la **demande sociétale**.

Parmi les grands écosystèmes emblématiques de la Région Aquitaine, le Bassin d’Arcachon (écosystème jusqu’à présent relativement préservé²) est une zone d’interface littorale qui subit une pression anthropique croissante, notamment due au tourisme et plus globalement à un déplacement général des zones d’habitation vers le littoral. C’est par ailleurs un écosystème très productif qui permet une exploitation de la ressource biologique, essentiellement orientée vers la conchyliculture. La préservation de cet écosystème et sa gestion concernent donc sa valeur patrimoniale et la qualité du milieu en relation avec une urbanisation croissante et son exploitation touristique et biologique.

Ce projet a pour objectif, dans la continuité des programmes en cours (régionaux, nationaux et internationaux), d’améliorer la connaissance de cet environnement. Le fonctionnement des zones d’interfaces littorales dépend de processus internes et des apports allochtones qui les influencent : nous proposons donc de nous intéresser aux caractéristiques des apports (océaniques et continentaux) et au fonctionnement proprement dit de l’écosystème. Ces objectifs sont très ambitieux, nous avons donc **ciblé** parmi **les actions** à mener sur cette problématique générale, en réponse à la demande sociétale, des aspects directement liés aux **crises conchyliques** récentes à Arcachon (2005-2006). Dans ce contexte général nous avons donc choisi de nous intéresser à « **l’Huître dans un environnement fragile : Le Bassin d’Arcachon** » et d’orienter les pistes de travail spécifiquement vers les problématiques pouvant directement impacter l’environnement de cet organisme.

Les objectifs spécifiques ont donc été déterminés dans le cadre scientifique indiqué ci-dessus en tenant compte des questions posées par la profession³ et les gestionnaires du milieu suite à ces crises et vont dans le sens d’un plus important investissement des organismes de recherche vers la problématique « exploitation de la ressource »⁴. Plus spécifiquement :

- ❖ les questions liées aux causes de mortalité des souris en 2005 et 2006 seront appréhendées dans le cadre d’un programme national (coord. AFSSA), elles ne sont donc pas directement du ressort de notre proposition ;

- ❖ dans le cadre de ce programme Régional, en liaison avec ce qui est développé au niveau national, les questions sont directement orientées vers la **gestion du milieu** : **l’huître dans son environnement, qualité de l’environnement** et meilleure **compréhension et prévision** des épisodes de crises⁵.

Le travail de réflexion a été réalisé en étroite relation avec :

- **les gestionnaires du milieu** grâce à l’interface que constitue le CSOA (Comité Scientifique Ostréicole Aquitaine) : le Conseil Général 33, le Syndicat Intercommunal du Bassin d’Arcachon, la Région Aquitaine ;

- **les professionnels**, directement impliqués dans le projet au travers de leurs représentants locaux (Section Régionale Conchylicole et Commission Environnement), ou intervenant comme conseil : Comité National Conchylicole - le projet sera en outre présenté et discuté au COSTE (Comité d’Orientation Scientifique et Technique et d’Evaluation du CNC) ;

- **les scientifiques** participant au projet.

Ces réflexions nous ont amené à cibler⁶ :

- **les apports océaniques** : les questions concernent l’origine et la **pénétration d’agents toxiques** en provenance du proche plateau continental en liaison avec l’hydrodynamisme (seule hypothèse de travail raisonnable à l’heure actuelle pour expliquer une partie des toxicités observées) ;

- **les apports continentaux** : avec une caractérisation globale de la **contamination du Bassin** prenant en compte l’ensemble des contaminants et les différents niveaux d’intégration (jusqu’aux organismes), ce qui nous permettra de caractériser **l’état préservé actuel** du Bassin, et d’identifier les pistes à suivre à moyen terme ;

- **le fonctionnement de la lagune** : avec comme cible **l’Huître** et la caractérisation de **l’hétérogénéité** de son **rôle écologique** dans cet environnement : Huîtres sauvages et Huîtres cultivées occupent des positions et

² Convention internationale de Ramsar protection des zones humides, directive européenne n°79/409/CE conservation des oiseaux sauvages, périmètres de protection 1

³ voir par exemple « L’officiel de la conchyliculture, N° 74

⁴ D.G. Pêche et Affaires Maritimes : colloque organisé par l’ASSG (www.assg.co.uk) en Ecosse (Oban, 26-27 Octobre 2006)

⁵ Il est d’ores et déjà important de noter que certains de ces objectifs ne peuvent se décliner que sur le moyen terme étant donné la complexité des processus auxquels nous sommes confrontés et nos éventuelles absences de connaissances actuelles concernant certains aspects.

⁶ En complément de cette réponse à l’OA recherche 2007 du Conseil Régional d’Aquitaine, un volet « transfert de technologie » sera déposé à la Région fin Février 2007 (projet porté par l’IFTS), concernant la mise en place de zones de sauvegarde, permettant d’isoler du milieu des organismes « sains » en période de crise de manière à pouvoir préserver (du moins pour un certain laps de temps) la vente. Projet regroupant les partenaires plus spécifiquement intéressés par cette problématique (BRGM, Direction des Services Vétérinaires 33, Conseil Général 33, Comité National Conchylicole, Syndicat Régional Conchylicole, Syndicat Intercommunal du Bassin d’Arcachon, UMR EPOC, IFREMER).

des fonctions très différentes dans l'écosystème : quelle place occupe cette hétérogénéité dans la **gestion du milieu** ?

Ces études seront sources d'acquis indispensables à la gestion. Elles doivent cependant être soutenues par des **activités récurrentes d'observation/surveillance du milieu**, dont les objectifs sont doubles et complémentaires : caractérisation (i) de l'**évolution d'agents à risques** (e.g. phytoplancton toxique, chaînes décisionnelles courtes) et (ii) de l'**évolution « naturelle »** de l'écosystème (e.g. : salinisation, hausse des températures, aide à la compréhension des modifications du système). Nous proposons donc d'appuyer les volets précédents par un volet transverse d'observation du milieu, dont les activités en cours seront amenées à s'enrichir en fonction de nouveaux besoins identifiés (e.g. suivi des communautés benthiques auxquelles appartiennent les Huîtres) et des résultats acquis dans les volets mentionnés ci-dessus (e.g. identification de nouveaux paramètres à suivre : contaminants ?). En soutien à ces activités, notamment vis-à-vis de leurs objectifs de gestion des stocks exploités, de **nouveaux outils d'observation/surveillance** seront développés (e.g. **microcapteurs**).

La variabilité des paramètres environnementaux est liée aux processus physiques qui structurent l'environnement (i.e. l'hydrologie du milieu, Suarez-Morales & Gasca, 1996, Siokou-Frangou, 1996, le climat, Dalpadado *et al*, 2003, la topographie, Kibirige & Perissinotto, 2003). La connaissance des caractéristiques spatio-temporelles des masses d'eau (courants, fronts, panaches) constitue donc la base de l'interprétation du fonctionnement des écosystèmes et des flux associés (Berasategui *et al*, 2006). A l'échelle des zones littorales le lien fort entre structuration physique des masses d'eau et productivité biologique souligne le rôle fondamental de l'hydrodynamisme sur le fonctionnement de l'écosystème en terme de répartition et de transport : de composés dissous, de particules inertes et d'organismes (Brylinski *et al*, 1991 ; Herbland *et al*, 1998 ; Breton *et al*, 2000 ; Grioche *et al*, 2001). Cette forte structuration est directement liée aux caractéristiques hydrodynamiques et physico-chimiques des apports continentaux et marins, et aux conditions hydrodynamiques et climatiques des écosystèmes.

Depuis les années 70, une augmentation du phénomène d'algues toxiques ou nuisibles est observée au niveau mondial (Anderson, 1995). Différentes hypothèses ont été formulées pour expliquer cette expansion: (1) la dispersion de ces algues par les courants, les tempêtes ou les eaux de ballast, (2) le transport des produits aquacoles, (3) la pression anthropique croissante sur le littoral menant à un enrichissement en nutriments des eaux côtières, (4) les changements climatiques à long terme (température, ensoleillement, vents), (5) une optimisation de la surveillance des eaux côtières et des produits de la mer. Le Bassin d'Arcachon est lui aussi touché par la présence de phytoplancton toxique du genre *Dinophysis*. Cette algue affecte périodiquement l'exploitation des moules depuis plus d'une dizaine d'années, les huîtres n'ont été concernées que récemment par des épisodes de toxicité (2002 et 2005). Cette algue ne permet cependant pas d'expliquer toutes les causes de toxicités observées en 2006 (agents toxiques non identifiés). Une caractéristique récurrente de la toxicité est liée à des apparitions observées dans un premier temps dans la zone externe du Bassin puis ensuite (parfois) vers l'intérieur. L'origine externe de l'agent toxique semble donc avérée.

L'hypothèse qui est faite concerne l'accumulation de ces agents toxiques dans des structures hydrodynamiques particulières (panaches fluviaux, fronts, stratifications de densité) à proximité du Bassin, comme cela a pu être observé pour certains d'entre eux (e.g. *Dinophysis*) dans d'autres écosystèmes (Delmas *et al*, 1993, Reguera *et al*, 1995, Bernardi-Aubri *et al*, 2000) avant leur transport vers les eaux littorales (Sournia *et al*, 1991 ; Durand, 1993).

La proposition faite, dans la continuité des travaux en cours depuis 1 an (IFREMER, UMR EPOC, post doctorat financé par la Région) concerne la caractérisation du lien [hydrodynamique] / [agent toxique] en prenant comme « modèle » biologique le *Dinophysis* (perspective d'application des résultats à d'éventuels autres agents ultérieurement identifiés). Les objectifs spécifiques concernent :

- ① la répartition spatio-temporelle des algues toxiques (identification) sur le proche plateau continental et leur origine (locale ou éloignée) ;
- ② la caractérisation des conditions environnementales qui y sont associées ;
- ③ les modalités de leur entrée dans le Bassin d'Arcachon en fonction des conditions de courants sur le plateau, de vent/pression et de marée (modélisation de l'hydrodynamique du plateau continental).

Ce travail est prévu grâce à une approche couplée :

- [terrain] (acquisition de données physiques et biologiques par des campagnes en mer et lâchers de flotteurs ① et ② : Bassin et proche plateau continental),
- [détection satellitaire] (caractérisation spatiale des systèmes hydrologiques : ②),
- [modélisation hydrodynamique / biologie] (simulation des concentrations et transports de *Dinophysis* devant le Bassin, conditions d'entrée : ② et ③).

L'aide demandée à la Région concerne l'acquisition de données (notamment en physique) de manière à caractériser les conditions environnementales liées aux zones d'accumulation de phytoplancton (bouées dérivantes, mouillage ADCP, sondes TS) et un accompagnement sur le travail de modélisation (thèse co-financée par IFREMER). Cette composante modélisation du projet s'articulera autour d'une thèse se déroulant à l'Université de Bordeaux 1. Le modèle hydrodynamique du Golfe de Gascogne de l'IFREMER, MARS3D, sera utilisé pour répondre aux questions suivantes :

- 1. La présence de *Dinophysis* au large est-elle due à une croissance locale ou à une croissance dans des secteurs où *Dinophysis* a déjà été identifié (Pays Basque ou estuaire de la Gironde) puis à un transport par les courants devant le Bassin ?
- 2. Existe-t-il des conditions privilégiées pour l'entrée de *Dinophysis* dans le Bassin d'Arcachon ?
- 3. Peut-on par des formulations simples simuler la croissance de *Dinophysis* dans le modèle hydrodynamique ?

L'ensemble sera réalisé en impliquant des compétences complémentaires en physique, biologie et imagerie satellite issus de différents laboratoires de l'IFREMER (Brest et Arcachon) et de l'UMR EPOC (au total 12 personnes).

Actions à mener	Coordination	Année 1		Année 2	
		Objectifs	Délivrables	Objectifs	Délivrables
Campagnes de mesure Arcachon Porche plateau	- B. Bec - B. Bec / B. Sautour	Campagnes Traitement des échantillons	- Rapport à la Région (post doctorat) - Communication orale (Conseil Régional)	Campagnes Traitement des échantillons	- Rapport à la Région (post doctorat) - Communication orale (Conseil Régional)
Modélisation :	P. Bonneton P. Lazure D. Maurer	- Etat de l'art - Mise en œuvre MARS 3D - Synthèse des mesures courants, confrontation MARS 3D	- Rapport à la Région (thèse) - Communication orale (Conseil Régional)	- hypothèses croissance/transport - essais de transport lagrangien	- Rapport à la Région (thèse) - Communication orale (Conseil Régional) - publication scientifique
Télé-détection / Modélisation				Caractérisation émergence des structures de rétention	

Une allocation de co-financement de thèse étant demandée dans le cadre de ce volet, une partie des objectifs ne sera atteinte qu'en année 3 :

Intégration dans MARS 3D d'un modèle biologique simplifié

Application modèle couplé aux situations où les algues toxiques sont observées - confrontation résultats du modèle / mesures ~~in situ~~ (campagnes et séries temporelles).

Synthèse des résultats acquis au cours des différentes campagnes d'échantillonnage (2006, 2007, 2008)

Délivrables :

Identiques à ceux des années précédentes et valorisation par la rédaction de la thèse et de publications scientifiques

Les apports continentaux en contaminants impactant les zones côtières [micro-organismes, métaux et composés organométalliques, organiques (e.g. hydrocarbures, pesticides, détergents, ...) [Ko et Baker, 1995 ; Kraepiel et al., 1997 ; Yunker et al., 1999 ; Matthiessen et Law, 2002] ont des conséquences sur l'environnement marin, notamment sur les organismes et sur l'homme *in fine* (Johnson et al., 1998 ; Chapman et Wang, 2001 ; Smith et al., 2002). A cet égard, l'état préservé du Bassin d'Arcachon concentre des enjeux considérables en tant que zone humide reconnue internationalement par la diversité de ses milieux naturels⁷ qui constitue un atout majeur en terme d'exploitation biologique (e.g. conchyliculture, zone de nourrisserie de nombreuses espèces) et touristique. La pérennité de ces activités est liée à la vulnérabilité environnementale du Bassin et les enjeux qu'implique la qualité de ses eaux justifient une attention particulière quant aux risques de pollutions microbiologiques et chimiques. Notre objectif est de qualifier cet état préservé du Bassin afin de proposer un référentiel pour le futur et d'identifier des risques potentiels. Nous proposons de nous focaliser sur les apports de contaminants générés par les pressions anthropiques diverses [continentale *sensu stricto* (eaux de ruissellement), interne (nautisme), atmosphérique et océanique (émissaire de la Salie)] au travers d'une approche « multi-contaminants » la plus large possible.

L'action proposée dans le cadre de cet appel d'offre régional vise à initier une **approche intégrée** pour une meilleure **caractérisation** (tant qualitative que quantitative) des **apports anthropiques chimiques et microbiologiques** dans le Bassin d'Arcachon ainsi que pour une meilleure compréhension de la dynamique des contaminants et de leur impact toxique vis-à-vis des organismes et notamment de l'huître.

Le niveau de connaissance et d'acquis sur les différents contaminants étant très variable, une approche à plusieurs niveaux est proposée :

- ① Sels nutritifs (azote, phosphore) : les acquis historiques étant importants (Auby et al., 1994 ; Rimmelín et al., 1998), le travail entrepris⁸ consiste en une re-évaluation des estimations de flux;
- ② Contaminants bactériens : l'objectif consiste à établir un état des acquis à partir de l'existant (SIBA, REMI) de manière à mettre en évidence d'éventuels manques (micro-organismes non suivis, zones jugées plus sensibles à suivre, etc...) qui nous permettrons d'orienter le travail dans le futur ;
- ③ Contaminants chimiques : les acquis étant moins exhaustifs, les actions prévues sont plus larges.

Comme tous les milieux côtiers soumis à des pressions anthropiques, le Bassin d'Arcachon subit des contaminations liées aux activités qui s'exercent dans la Baie ou sur son bassin versant. Les activités urbaines, agricoles, industrielles et domestiques engendrent des apports de contaminants chimiques multiples et variés qui ont des conséquences sur l'environnement marin et sur l'homme (Smith et al., 2002). En conséquence, la caractérisation de la contamination chimique du Bassin sera réalisée par un screening multi-résidus le plus large possible des contaminants en se focalisant sur une approche multi-compartiments (phase dissoute, phase particulaire, sédiment et organisme modèle filtreur (huître)). L'objectif est de suivre l'évolution du transfert des contaminants de la colonne d'eau et du sédiment vers les huîtres tout en documentant leur devenir en termes de persistance et de dégradation et d'obtenir une information quantitative fiable de l'exposition des organismes à ces contaminants. Des outils d'échantillonnage et d'extraction intégratifs seront testés et appliqués de façon à caractériser au mieux la contamination de la phase dissoute (POCIS : Polar Organic Compound Integrative Sampler; SBSE : Stir Bar Sorption Extraction) En complément, dans cette optique de screening nous proposons de développer un nouveau type de démarche en raison de l'introduction continue et permanente de nouveaux contaminants dont on ne connaît ni la structure ni les effets (Oros et al., 2003) : méthodologie basée sur les concepts utilisés dans l'approche dite "*Toxicity Identification Evaluation (TIE)*" initiée par l'US EPA (*United States Environmental Protection Agency*) (Norberg-King, 1991 ; Durhan et Norberg-King, 1993 ; Mount et Norberg-King, 1993) sur des effluents.

Ces travaux sont prévus grâce à :

- ① un échantillonnage régulier (15j) de l'ensemble des sources potentielles de sels nutritifs
- ② une analyse de données existantes en microbiologie (REMI, SIBA)
- ③ échantillonnage commun aux différentes équipes travaillant sur les contaminants et leur impact sur le modèle biologique (2 années, 10 sites du Bassin, méthodes originales d'échantillonnage intégratif) ; impacts toxiques sur les organismes (Huître) documentés sur les mêmes échantillons (réponses génotoxiques, génétiques, ...), attention particulière portée aux pesticides et aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (travail initié en 2006 pour les HAP dans le cadre du projet Région 2006) identifiés comme pouvant poser des problèmes dans le Bassin.

L'équipement demandé est dédié aux étapes d'échantillonnage et de préparation de l'échantillon et devrait permettre de couvrir toute la chaîne de l'analyse du prélèvement/stockage des échantillons (centrifugeuse de

⁷ Convention internationale de Ramsar protection des zones humides, directive européenne n°79/409/CE conservation des oiseaux sauvages, périmètres de protection 1

⁸ thèse financée par la Région en 2006, travail en collaboration avec l'IFREMER et le SIBA

terrain, moteur de bateau, congélateurs), en passant par l'extraction (extracteur ASE et SBSE) pour aller jusqu'à la purification (HPLC). Pour atteindre les objectifs de l'approche TIE en milieu naturel, il est indispensable d'automatiser autant que possible la procédure de fractionnement de l'échantillon (HPLC + collecteur de fractions automatique).

Les demandes concernant le spectrophotomètre, la centrifugeuse réfrigérée et la caméra numérique visent à doter les laboratoires de moyens modernes et adaptés aux petits volumes tant pour l'analyse des sels nutritifs que pour la mise en oeuvre du test des comètes.

Il apparaît également crucial d'obtenir le financement d'un post-doctorat pour permettre la réalisation de ces démarches, notamment en ce qui concerne l'approche TIE couplée au développement des POCIS.

Enfin le domaine de l'analyse chimique des contaminants organiques et inorganiques ainsi que le domaine de l'analyse de leur impact toxique (écotoxicologie) sont consommateurs de petits consommables, de produits et réactifs chimiques et biochimiques onéreux qui justifient le montant demandé en fonctionnement.

L'ensemble sera réalisé en impliquant des compétences complémentaires en chimie, microbiologie et écotoxicologie issus de différents laboratoires : UMR LPTC, UMR EPOC, UMR LCABIE, CEMAGREF / UR REQUE.

Actions à mener	Coordination	Année 1		Année 2	
		Objectifs	Délivrables	Objectifs	Délivrables
Approche multi-résidus et impact toxique	H. Budzinski/M. Baudrimont	Campagnes et traitement des échantillons Développement des POCIS et SBSE	- Communication orale (Conseil Régional) - Rapport sur les POCIS et SBSE : étude de faisabilité - Publication scientifique	Campagnes et traitement des échantillons Application des POCIS et SBSE	- Communication orale et rapport (Conseil Régional) - Publication scientifique
Etude des pesticides	H. Budzinski / F. Delmas	Campagnes et traitement des échantillons Développement des POCIS et SBSE	- Communication orale (Conseil Régional) - Rapport sur les POCIS et SBSE : étude de faisabilité - Publication scientifique	Campagnes et traitement des échantillons Application des POCIS et SBSE	- Communication orale et rapport (Conseil Régional) - Publication scientifique
Approche TIE	H. Budzinski	Développement de l'approche TIE	- Communication orale (Conseil Régional) - Publication scientifique	Application de l'approche TIE	- Communication orale et rapport (Conseil Régional) - Publication scientifique
Etude des éléments biogènes	P. Anschutz	Campagnes et traitement des échantillons	- Communication orale (Conseil Régional)	Campagnes et traitement des échantillons	Communication orale et rapport (Conseil Régional) Publications scientifiques
Etude des apports microbiologiques	F. Jude	Bilan des données existantes	- Communication orale et rapport sur le bilan des données (Conseil Régional)	Mise en place des mesures complémentaires nécessaires identifiées suite à la première année	- Communication orale et rapport (Conseil Régional)



Volet [Fonctionnement de la lagune : l'huître dans son environnement]

(Coord. I. Auby (IFREMER) et G. Bachelet (UMR EPOC) – ~~Annexe 3~~)

En raison de l'importante biomasse de ses populations (cultivées ou sous forme de récifs naturels) et de son statut de filtreur, l'huître constitue un "ecosystem engineer", i.e. une espèce capable de structurer à elle seule un écosystème (Jones et al. 1994). Une de ses originalités concerne en outre sa position dans le milieu : sous forme de récifs d'huîtres sauvages, ou sous forme de cultures (essentiellement sur tables). Les 2 populations présentant des biomasses équivalentes dans le Bassin d'Arcachon. Alors que beaucoup de travaux ont été effectués sur la biologie et la physiologie de l'huître, peu d'approches ont été réalisées pour caractériser les différences d'interactions entre l'environnement et les écosystèmes spécifiques définis par les huîtres cultivées d'une part (mono-classes d'âge, mode de vie à plat dans des poches ostréicoles, absence de prédateurs et d'épibiontes) et les huîtres sauvages d'autre part (pluri-classes d'âge, formation de récifs, susceptibilité aux prédateurs, présence d'épibiontes). De manière plus générale, ces différences n'ont pas été caractérisées du point de vue du rôle fondamental que les bancs d'huîtres jouent pour l'étude du couplage pélagos-benthos en milieu marin (Graf 1992, Leguerrier et al. 2004). A terme ces travaux permettront d'avoir une meilleure connaissance de ces 2 populations d'huîtres et de savoir plus précisément si, en terme de gestion, les informations acquises pour l'une sont extrapolables à l'autre, tant du point de vue de la gestion globale du milieu (impact du stock global sur le fonctionnement de l'écosystème) que de la gestion de l'exploitation conchylicole.

L'objectif général du volet « L'huître dans son environnement » est donc d'acquérir une meilleure connaissance de l'écologie de l'huître creuse *Crassostrea gigas* dans son environnement naturel (le Bassin d'Arcachon), hors contaminants.

Un premier objectif spécifique de ce volet sera consacré à l'étude de l'**impact de l'environnement physico-chimique et biologique sur l'huître** et, en retour, l'**impact de l'huître sur son propre environnement**. L'originalité de cette approche sera de comparer l'écologie de populations cultivées avec celle de populations sauvages, les deux types de populations présentant des biomasses équivalentes dans le Bassin d'Arcachon (Blanchet 2004). Les travaux développés dans ce cadre bénéficient d'un financement de thèse (MENRT) et visent :

- ① la caractérisation des flux trophiques allant des différents compartiments planctoniques (zoo- et phytoplancton) vers les populations d'huîtres, et la mise en évidence d'éventuelles compétitions trophiques ;
- ② la quantification de l'impact des huîtres sur l'ensemble du pool nutritif présent dans la colonne d'eau ;
- ③ la détermination de la réponse fonctionnelle des communautés benthiques (macro- et méiofaune, microphytobenthos, bactéries totales) aux modifications sédimentaires engendrées par les apports en fèces et pseudofèces (envasement) et par les perturbations de l'hydrodynamisme.

Cette approche sera couplée au développement d'un système d'**analyse *in situ* du comportement de l'huître**, basé sur la **valvométrie**, permettant de caractériser la variabilité naturelle des rythmes biologiques chez l'huître (ouverture et fermeture des valves) en liaison avec la variabilité de son environnement (Massabau et al. 1991 ; Tran et al., 2003). Les premiers essais de ce travail en valvométrie [couplés à une acquisition fine du signal (données acquises *in situ* en continu, à très haute fréquence) et à un outil mathématique puissant] se sont avérés prometteurs. L'objectif de cette approche est donc de corrélérer les rythmes biologiques, et leurs éventuelles perturbations, avec des événements environnementaux. Les objectifs spécifiques concernent :

- ① la mise au point d'un outil quantitatif descripteur du comportement du bivalve ;
- ② le développement d'outils mathématiques puissants, pour l'analyse des mesures ;
- ③ la caractérisation du comportement « naturel » de l'huître, utilisé comme état de référence ;
- ④ la caractérisation de comportements atypiques et leur mise en relation avec les paramètres du milieu.

Enfin, un axe complémentaire en partie découplé de la problématique précédente concerne une des caractéristiques majeures du Bassin d'Arcachon : les herbiers de zostères (rôle fondamental de nurserie ou de nourricerie pour de nombreuses espèces et participation aux cycles biogéochimiques). Ces herbiers montrent dans un certain nombre de lagunes de l'Atlantique nord des signes de dépérissement qui se traduisent par des réductions de surface. Nous proposons donc de mieux caractériser les composés indicateurs de la qualité des herbiers et d'explicitier le rôle écologique de certains d'entre eux (Harrison & Chan, 1980 ; Harrison, 1982 ; Buschbaum et al., 1990)..

Les moyens demandés concernent de l'équipement permettant le travail sur les composés phénoliques des zostères et l'alimentation en énergie du système d'acquisition automatique en valvométrie. Les moyens en fonctionnement sont demandés pour permettre l'acquisition de données concernant les travaux engagés sur l'impact de l'huître sur son environnement et l'action en retour ainsi que sur les travaux concernant les zostères et leurs composés phénoliques.

Les salaires sont demandés pour le travail à effectuer en valvométrie :

- 1/2 thèse (le candidat devra être un mathématicien de formation, il travaillera en binôme avec un biologiste – post-doc demandé ; l'autre ½ thèse sera financée par l'Université de Toronto au Canada).

- 1 post-doc sur 1 an (le candidat devra être un biologiste, connaissant bien la physiologie des bivalves et coutumier de l'usage des mathématiques, il travaillera en étroite collaboration avec le thésard, mathématicien de formation).

Actions à mener	Coordination	Année 1		Année 2	
		Objectifs	Délivrables	Objectifs	Délivrables
Impact de l'huître sur son environnement	G. Bachelet	Définition de la stratégie Mise en place des expérimentations et du suivi temporel	- Communication orale (Conseil Régional)	Expérimentations Suivi temporel	- Communication orale (Conseil Régional) - Publication scientifique
Environnement / comportement Syst. acquisition autonome	JC Massabuau	Faisabilité		Acquisition in situ	Site Web / publication
Développement des codes de calcul	G. Durrieu	Paramétrisation/ modélisation	- Communication orale (Conseil Régional) Publication scientifique	Application mesures in situ	- Communication orale (Conseil Régional) Publication scientifique
Caractérisation comportement / paramètres milieu	JC Massabuau	Caractérisation pour syst. actuel	- Communication orale (Conseil Régional) Publication scientifique	Caractérisation pour syst. autonome	- Communication orale (Conseil Régional) Publication scientifique
Zostères / composés phénoliques	M. Grignon-Dubois	Suivi de la production de l'herbier Calibration : composés phénoliques / qualité herbier Test des extraits sur microphytes	- Communication orale (Conseil Régional) - Communication orale (Conseil Régional)	Protocole standardisé de suivi de qualité Test des extraits sur microphytes	- Communication orale (Conseil Régional) Publications scientifiques
Une thèse ayant débuté sur la partie Huître dans son environnement, une partie des livrables sera acquise en année 3 de la thèse (manuscrit de thèse et publications) Une partie du travail proposé en valvométrie étant liée à un financement de thèse, une partie des objectifs ne sera atteinte qu'en année 3 : Synthèse des outils disponibles pour traiter le signal Caractérisation du comportement en conditions non perturbées Premières informations sur les modifications liées à des perturbations Délivrables : Identiques à ceux des années précédentes et valorisation par la rédaction de la thèse et de publications scientifiques					





Volet [observation/surveillance du milieu]

(Coord. B. Sautour (UMR EPOC) et J.P. Dreno (IFREMER) – )

La connaissance du fonctionnement des écosystèmes, et l'utilisation d'outils permettant leur gestion, ne peuvent se faire qu'en prenant en compte différentes échelles spatio-temporelles. Les **observations récurrentes** effectuées à long terme permettent de **caractériser l'évolution de l'écosystème** à grande échelle (e.g. Beaugrand, 2000, 2001, Abramova & Tuschling, 2005, David *et al*, 2005). La prise de conscience de l'importance de ces outils dans une perspective de **développement durable** des zones littorales, amène à l'heure actuelle à une généralisation de leur mise en place à l'échelle de la planète (à l'échelle de la CEE dans le cadre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau par exemple).

Les objectifs scientifiques en lien avec les impératifs de **gestion de l'environnement** sont orientés :

- vers la **caractérisation des variations** et des « **états de référence** » nécessaires à la gestion du milieu (jeux de données par ailleurs indispensables à la **modélisation** de l'évolution des écosystèmes) en s'appuyant sur un cadre d'observation interrégional/national (différentes échelles spatiales) ;
- vers la **compréhension des causes de variations** grâce à un interfaçage avec les programmes de recherche permettant d'aller plus loin dans la compréhension des évolutions observées et des forçages impliqués et de préciser le contexte temporel et spatial des études de processus fines.

C'est dans ce cadre que l'IFREMER et l'UMR EPOC ont développé sur le Bassin depuis de nombreuses années (20 ans) des activités d'observation récurrentes, en support à la recherche fondamentale ou sur sollicitation d'agences techniques ou de collectivités territoriales. Les objectifs concernent l'évolution des caractéristiques du milieu en lien avec les problématiques liées à la productivité du milieu (notamment espèces exploitées : e.g. phytoplancton toxique, recrutement très irréguliers de larves d'huîtres, ...) et au changement global (e.g. réchauffement de la planète).

Nous proposons :

- de **poursuivre l'acquisition** actuelle⁹ en allant vers une **mutualisation des moyens** des organismes,
- d'étendre l'acquisition vers des paramètres nouveaux en liaison avec des problématiques :
 - locales (e.g. suivi du compartiment benthique auquel appartient l'Huître),
 - globales (e.g. suivi des émissions naturelles de CO₂ en liaison avec la productivité du milieu et le réchauffement de la planète).

Ces suivis se mettront en place en profitant de la plate-forme opérationnelle existante (moyens à la mer, analyses). L'année 1 sera dédiée à l'identification d'une stratégie adaptée pour l'acquisition récurrente de ces nouveaux paramètres avant une mise en place en année 2. A plus long terme ces suivis s'enrichiront d'acquis issus des volets mentionnés précédemment (nouveaux paramètres, sites à suivre, etc...).

L'extension des paramètres suivis s'orientera :

- vers le compartiment benthique pour lequel les données sont peu nombreuses en ce qui concerne le **microphytobenthos** (composant potentiellement important de l'alimentation des filtreurs benthiques) et pour lequel la **macrofaune** des invertébrés benthiques est reconnue comme un bio-critère prometteur pour l'observation et la bio-surveillance des changements naturels et anthropogéniques des milieux littoraux (Pearson & Rosenberg, 1978 ; Dauvin, 1993 ; Borja *et al.*, 2000) ;
- vers des **paramètres intégrateurs du fonctionnement** du Bassin d'Arcachon qui nous permettront de mieux caractériser son évolution sur le long terme avec le suivi :
 - des apports allochtones (marins et continentaux) au Bassin grâce aux isotopes stables de l'azote et du carbone (Gearing 1988; Savoye *et al.*, 2003), en complément d'indicateurs déjà acquis ;
 - du métabolisme du système (autotrophie/hétérotrophie, grâce à un capteur de pCO₂) en lien avec la productivité des zones littorales et leur rôle dans le cycle du carbone (puits ou sources ?).

Deux impératifs nous sont par ailleurs apparus dans ce cadre d'Observation/Outils de gestion du milieu :

- la nécessité de faire un **bilan de l'évolution** récente du Bassin à partir des données acquises depuis 20 ans de manière à replacer les modifications observées actuellement dans un contexte plus global ;
- le besoin d'aller vers la **mise en place d'outils** permettant d'une part une optimisation des suivis et d'autre part une meilleure compréhension des observations. Nous proposons donc notamment le développement d'un système automatique de reconnaissance de formes de micro-algues (moins coûteux en temps, principale limite aux stratégies de suivis) et le développement d'un module de transport sédimentaire (aide à l'interprétation des observations et processus : transports sédimentaires liés aux activités humaines, turbidité des eaux, production, transport d'organismes, ...)

- L'aide demandée à la Région concerne l'acquisition de données de manière à caractériser l'évolution des conditions environnementales du Bassin (conditionnement des échantillons (étuve), capteur de pCO₂) ou le développement d'outils (Flowcam, ADCP) et un accompagnement sur les travaux de traitement de données et de modélisation. Dans ce cadre 2 bourses post-doctorales sont demandées : l'une (12 mois) est demandée pour

⁹ fréquence actuelle d'acquisition : 8 ou 15j - jusqu'à 10 sites suivis en fonction des compartiments (16 compartiments suivis) - le renouvellement d'une partie de l'équipement nécessaire est en cours grâce à la dotation Région 2006

travailler sur l'évolution du Bassin d'Arcachon lors des 20 dernières années, l'autre (12 mois) est sollicitée pour le développement du module de transport sédimentaire.

Actions à mener		Coordination	Année 1	Année 2	Délivrables
Cadre opérationnel	Mutualisation des moyens	B. Sautour et J.P. Dreno	Intercomparaison des méthodes Comparaisons des séries de données (IFREMER / EPOC)	Mutualisation des analyses	Suivi commun
Suivi	Colonne d'eau Contaminants anthropiques Paramètres colonne d'eau Phytoplancton Zooplancton	H Budzinski G. Trut, B. Sautour D. Maurer B. Sautour	Identification Poursuite de l'acquisition Poursuite de l'acquisition Poursuite de l'acquisition	Faisabilité / outils Suivi Suivi Stratégie optimisée? Suivi	Données en Base de données
	Benthique Paramètres accompagnateurs Microphytobenthos Macrofaune Zone interne Diversité herbiers de Zostères	H. Blanchet X. Crosta H. Blanchet X. de Montaudouin	Faisabilité / Stratégie Faisabilité / Stratégie Faisabilité / Stratégie Suivi	Suivi Suivi Suivi Suivi	Stratégie en année 1 Données en Base de données en année 2
	Paramètres intégrateurs Forçages environnementaux : Isotopes Métabolisme de l'écosystème / productivité	N. Savoye G. Abril	Suivi Mise au point	Suivi Suivi	Stratégie en année 1 Données en Base de données en année 2
	Evolution à long terme de l'écosystème	D. Maurer, B. Sautour Post-doctorat	Identification des variations Etat de référence	Hypothèses sur les forçages impliqués (anthropiques, climatiques)	Publication scientifique Communication orale (Conseil Régional)
Mise en place d'outils	Identification automatique phytoplancton (Flowcam)	J.P. Dreno, D. Maurer	Création banque images	Tests in situ Interfaçage méthodes	Données en Base de données en cours d'année 2
	Transport sédimentaire	A. Sottolichio	Insertion module transport / MARS3D Sensibilité Validation	Sensibilité Validation	Publication scientifique Communication orale (Conseil Régional)
	Fiches de suivis / macro-observations	S. Latrille, H. Blanchet, B. Sautour	Création des fiches	Validation	Fiches standardisées

Une partie des objectifs n'est envisagée que pour un second volet du programme (année 3 et suivantes) :

- suivi des contaminants anthropiques : pré-recquis manquants ou incomplets à l'heure actuelle et acquis dans le Volet contaminants de ce programme
- aide au suivi des communautés phytoplanctoniques (Flowcam) : création banque d'image et interfçage des méthodes dans ce programme : suivi en année 3
- optimisation du suivi phytoplancton (stratégie, sites) : fasaibilité à détreminer dans ce programme pour une mise en place éventuelle en année 3
- fiches de macro-observations : faisabilité pour une mise en place éventuelle en année 3
- transport sédimentaire : insertion du module et validation pour une utilisation de l'outil en année 3

Le développement des outils microcapteurs fait l'objet d'un volet propre au programme.

C'est dans cette optique qu'est proposé un volet spécifique : développement de microcapteurs

➤ **Volet [Microcapteurs]** (Coord. D. Rebière (IMS) et N. Savoye (UMR EPOC) - ~~Annexe 3~~)

La surveillance actuelle des agents toxiques en milieu littoral fait appel à des méthodes souvent lourdes, plus ou moins sensibles, qui demandent un délai de réponse et nécessitent en pré requis la connaissance de l'agent toxique recherché.

Ainsi, en zones conchylicoles, des prélèvements d'eau sont régulièrement réalisés et les espèces de phytoplancton identifiées. En cas de présence d'espèces toxiques, des prélèvements (d'huîtres par exemple) sont effectués pour évaluer la présence et la quantité de toxines. Ces analyses sont faites à l'aide de bio-essais (injection de souris, test de cytotoxicité, immuno-essais, ...) et de méthodes physico-chimiques (HPLC, spectrométrie de masse, ...) souvent lourds, plus ou moins sensibles et qui demandent un délai de réponse. Des résultats va dépendre la décision d'interrompre la mise sur le marché.

Sur le plan national, l'IFREMER, dans son programme de développement des équipements de mesure, vise à optimiser la productivité des réseaux de surveillance et la réduction de leur coût de fonctionnement selon deux axes principaux : la mise au point de nouvelles techniques de mesure et d'analyse in situ des paramètres d'observation du littoral et le développement d'instruments et systèmes permettant leur mise en œuvre. A ce titre, le centre IFREMER Brest est aujourd'hui engagé avec un certain nombre de partenaires dans le développement d'un biocapteur d'algues toxiques en milieu marin (ANR Hab-Seachip 2005).

La détection de toxines présentes dans les coquillages repose sur le test-souris. Si l'efficacité de ce test n'est pas discutable, il n'apporte malheureusement, aucune information sur la ou les toxines responsables de la mortalité des animaux testés.

Notre objectif, dans le cadre ce projet, est de **détecter et identifier** non pas les micro-algues mais directement les **toxines algales** par un système biocapteur sur la base d'une **réaction immunologique** (antigène-anticorps) associée à une **plateforme de transduction à ondes acoustiques**. Notre proposons donc de montrer la faisabilité d'un immuno-capteur à ondes acoustiques dédié à la détection rapide de toxines. A terme, notre but est de réaliser un outil spécifique de contrôle, par détection et quantification de toxines cibles présentes dans une solution échantillon obtenue par prélèvement, sous la forme d'un équipement de coût réduit, d'utilisation simple, fournissant aux utilisateurs des informations explicites, directement sur les sites de surveillance. Ce système pourra offrir une alternative à la fois économique et efficace aux équipements plus lourds comme le chromatographe en phase liquide, le spectromètre de masse et les kits immunologiques. La caractéristique fondamentale de ce système sera de réaliser la détection rapide et l'identification immédiate d'une phycotoxine cible.

Les points critiques sont nombreux, ils sont liés à la méthode elle-même, à son utilisation en milieu salé, à la connaissance du composé toxique. Notre choix est de nous appuyer sur une technologie de plateforme de transduction associant des dispositifs à ondes acoustiques et des revêtements en films minces.

Un premier objectif spécifique concernera les **plateformes de transduction à ondes acoustiques** : un premier lot de dispositifs à ondes de Love actuels, comportant chacun deux lignes à retard et une couche guidante de silice (SiO_2), sera réalisé et mis rapidement après le début du projet à la disposition du consortium pour modification chimique de surface, greffage et tests de détection. Dans un deuxième temps, le Laboratoire IMS s'attachera à étudier les performances, notamment la sensibilité gravimétrique, afin d'optimiser la conception des dispositifs dédiés à l'application. Pour la réalisation de ces lignes à retard, le Laboratoire IMS s'appuiera sur la plateforme technologique du LAAS-CNRS (Toulouse) dans le cadre du Réseau Technologique de Base CNRS. Une instrumentation sera développée afin de conditionner (oscillateur), puis d'extraire et traiter les signaux issus du capteur.

Parallèlement à ces travaux, l'**approche immunologique** (immunorécepteurs) sera développée. Dans notre application, les couches sensibles permettront d'établir des réactions anticorps-antigène. La nature du complexe anticorps-antigène formé à la surface du dispositif à ondes acoustiques permet de définir précisément la sélectivité de l'immunocapteur par rapport à l'application visée. Nous proposons de cibler dans une première approche les toxines ASP. Ce choix est motivé par la structure chimique de ces composés et la disponibilité des toxines elles-mêmes. L'objectif principal sera dans un premier temps la **synthèse d'haptènes** et leur greffage sur des protéines porteuses pour l'**obtention d'anticorps des ASP** (Laboratoire ISM - manque de disponibilité d'anticorps sensibles et spécifiques de ces toxines).

Ces travaux, si la faisabilité de détection des ASP est démontrée, pourraient être étendus aux autres toxines incriminées (PSP, DSP) à l'issue des trois années.

Les moyens demandés visent à proposer un projet scientifique pluridisciplinaire ambitieux de détection de phycotoxines, dans lequel, en particulier, les moyens humains (deux allocations de thèse pour les Laboratoires IMS et ISM, et 24 mois de postdoc pour le LIP) accompagnés de ressources de fonctionnement appropriées sont des conditions indispensables au développement de cet immunocapteur à haute valeur ajoutée. Le co-financement de ce projet est acquis à travers le projet Bioalert programme PRECODD de l'ANR (notification 28-11-2006 - Détection de microorganismes dans l'eau – 3 ans).

Actions à mener	Coordination	Année 1		Année 2	
		Objectifs	Délivrables	Objectifs	Délivrables
Validation plateformes	D. Rebière	Etude et réalisation de dispositif à onde de Love Caractérisation électrique	- Rapport à la Région (thèse) - Communication orale (Conseil Régional)	Oscillateur SH-SAW Banc de laboratoire	- Rapport à la Région (post doctorat) - Communication orale (Conseil Régional)
Développement de nouveaux capteurs + logiciels	B. Bennetau	Synthèse des haptènes. Modification chimique de surfaces des capteurs. Caractérisation des surfaces	- Rapport à la Région (thèse) - Communication orale (Conseil Régional)	Synthèse des haptènes. Modification chimique de surfaces des capteurs. Caractérisation des surfaces	- Rapport à la Région (thèse) - Communication orale (Conseil Régional)
Détection toxiques	D. Moynet	Détection en eau de mer d'un toxoïde disponible commercialement	- Rapport à la Région (Post-Doc) - Communication orale (Conseil Régional)	Détection de petites molécules (peptides) de taille voisine des toxines algales	- Rapport à la Région (Post-Doc) - Communication orale (Conseil Régional)

La production d'anticorps et donc l'étude de la faisabilité de détection des ASP n'interviendra qu'en troisième année.

Délivrables :

Identiques à ceux des années précédentes et valorisation par la rédaction de la thèse et de publications scientifiques

Références Bibliographiques

- Abramova E., Tuschling K. (2005). A 12-year study of the seasonal and interannual dynamics of mesozooplankton in the Laptev Sea: significance of salinity regime and life cycle patterns. *Global Planetary Change*, 48: 141-164.
- Abril G., Commarieu M.-V and Guérin F. (2007) Enhanced methane oxidation in an estuarine turbidity maximum. *Limnology and Oceanography*. In press.
- Anderson D.M. (1995) Toxic red tides and harmful algal blooms: a practical challenge in coastal oceanography. *Rev. Geophys.* 33 suppl. 38 p.
- Auby I., Maurer F., Trut G. (1994) Etude de la prolifération des algues vertes dans le Bassin d'Arcachon. Rapport IFREMER.
- Beaugrand G., Ibanez F., Lindley J.A. (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*, 200 : 93-102.
- Beaugrand G., Ibanez F., Lindley J.A. (2001). Geographical distribution and seasonal and diel changes in the diversity of calanoid copepods in the North Atlantic and North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 219 : 189-203.
- Berasatagui A.D., Menu Marque S., Gomez-Erache M., Ramirez F.C., Mianzan H.W., Acha E.M. (2006). Copepod assemblages in a highly complex hydrographic region. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66 : 483-492.
- Bernardi-Aubry F., Berton A., Bastianni M., Bertaggia R., Baroni A., Socal G. (2000) Seasonal dynamics of *Dinophysis* in coastal waters of the NW Adriatic Sea (1990-1996). *Botanica Marina* 43:423-430.
- Borja, A., Franco, F. and Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1100-1114.
- Breton E., Brunet C., Sautour B., Brylinski J.M. (2000) – Annual variations of phytoplankton biomass in the Eastern English Channel : comparison by pigment signatures and microscopic counts. *J. Plankton Res.*, 22:1423-1440.
- Brylinski J.M., Lagadeuc Y., Gentilhomme V., Dupont J.P., Lafite R., Dupeuple P.A., Huault M.F., Auger Y., Puskaric E., Wartel M., Cabioch L. (1991). Le "Fleuve côtier": un phénomène hydrologique important en Manche orientale (exemple du Pas de Calais). *Oceanol. Acta*, 16 : 197-203.
- Buchsbaum, R.N., Short, F.T. & Cheney, D.P. (1990) *Aquat. Bot.* 37, 291.
- Chapman P.M., Wang F. (2001) Assessing sediment contamination in estuaries. *Environ. Toxicol. Chem.*, 20, 3-22.
- Dalpadado P., Ingvaldsen R., Hassel A., (2003). Zooplankton biomass variation in relation to climatic conditions in the Barents Sea. *Polar Biol.*, 23: 233-241.
- Dauvin J.-C. (1993). Le benthos : Témoin des variations de l'environnement. *Océanis* 19, 25-53.
- David V., Sautour B., Chardy P., Leconte M. (2005). Long term survey of the zooplanktonic variability in a turbid estuary: Gironde estuary (France). *Estuarine and Coastal Shelf Science* 64: 171-184.

- Deborde J., Anschutz P. Chaillou G., Etcheber H., Commarieu M.-V., Lecroart P. and Abril G. (2007) Phosphorus dynamics in turbid estuarine systems: Example of the Gironde estuary (France). *Limnology and Oceanography*. In press.
- Delmas D., Herbland A., Maestrini S. (1993) Do *Dinophysis* spp. come from the "open Sea" along the French Atlantic coast? In: Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. T.J. Smayda and Y. Shimizu (eds), 489-494.
- Durand F. (1993) Etudes des variations spatio-temporelles de concentration en phytoplancton dans le Golfe de Gascogne, à partir d'images satellites CZCS (Coastal Zone Color Scanner) du World Data Center (NASA, Goddard Space Flight Center). *J. Rech. Oceanogr.* 18:5-8.
- Durhan E.J., Norberg-King T.J. (1993) Methods for aquatic toxicity identification evaluations, phase II toxicity identification procedures for samples exhibiting acute and chronic toxicity. EPA 600/R-92/080, U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Duluth, MN, USA.
- Etcheber H., Taillez A., Abril G., Garnier J., Servais P., Moatar F. and Commarieu M.-V. (2007) Particulate organic carbon in the estuarine turbidity maxima of the Gironde, Loire and Seine estuaries: origin and lability. *Hydrobiologia*, in press.
- Graf G. (1992) Benthic-pelagic coupling: A benthic view. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 30 : 149-190
- Grioche A., Koubbi P., Harlay X., Sautour B. (2001). Sole larval distribution (*Solea solea*, L.) in the Eastern English Channel and the Southern Bight of the North Sea. *JMBA*, 18(4): 673-678.
- Harrison, P.G. & Chan, A.T. (1980) *Marine Biology* 61, 21-26.
- Harrison, P.G. (1982) *Marine Biology* 67, 225-230.
- Herbland A., Delmas D., Laborde P., Sautour B., Artigas F. (1998) - Phytoplankton spring bloom of the Gironde plume waters in the Bay of Biscay: early phosphorus limitation and food-web consequences. *Oceanol. Acta*, 21 : 279-292.
- Johnson L.L., Landahl J.T., Kubin L.A., Horness B.H., Myers M.S., Collier T.K., Stein J.E. (1998) Assessing the effects of anthropogenic stressors on Puget Sound flatfish populations. *J. Sea Res.*, 39, 125-137.
- Jones C.G., Lawton J.H. & Shachak M. (1994) Organisms as ecosystems engineers. *Oikos* 69 : 373-386
- Jouffre D., Lam Hoai T., Millet B., Amanieu M. (1991). Structuration spatiale des peuplements zooplanctoniques et fonctionnement hydrodynamique en milieu lagunaire. *Oceanol. Acta*, 14 : 489-504.
- Kibirige I., Perissinotto R., (2003). The zooplankton community of the Mpenjati Estuary, a South African temporarily open/closed system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58: 727-741.
- Ko F.C., Baker J.E. (1995) Partitioning of hydrophobic organic contaminants to resuspended sediments and plankton in the mesohaline Chesapeake Bay. *Mar. Chem.*, 49, 171-188.
- Kraepiel A.M.K., Chiffolleau J.F., Martin J.M., Morel F.M.M. (1997) Geochemistry of trace metals in the Gironde Estuary. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 61, 1421-1436.
- Leguerrier D., Niquil N., Petiau A. & Bodoy A. (2004) Modeling the impact of oyster culture on a mudflat food web in Marennes-Oléron Bay (France). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 273 : 147-162
- Massabuau J.-C., Burtin B. and Weathly M. 1991. How is O₂ consumption maintained independent of ambient oxygen in mussel *Anodonta cygnea*? *Respir. Physiol.* 83: 103-114.
- Matthiessen P., Law R. (2002) Contaminants and their effects on estuarine and coastal organisms in the United Kingdom in the late twentieth century. *Environmental pollution*, 120, 739-757.
- Mount D.I., Norberg-King T.J. (1993) Methods for aquatic toxicity identification evaluations, phase III toxicity confirmation procedures for samples exhibiting acute and chronic toxicity. EPA 600/R-92/081, U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Duluth, MN.
- Norberg-King T.J., Mount D.I. (1991) Methods for aquatic toxicity identification evaluations, phase I toxicity characterization procedures. EPA 600/6-91/003, U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Duluth, MN, USA.
- Oros D.R., Jarman W.M., Lowe T., David N., Lowe S., Davis J.A. (2003) Surveillance for previously unmonitored organic contaminants in the San Francisco Estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1102-1110.
- Pearson, J. C. and Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 16, 229-311.
- Reguera B., Bravo I., Fraga S. (1995) Autoecology and some life history stages of *Dinophysis acuta* Ehrenberg. *Journal of plankton Research* 17:999-1015.
- Rimmelin P., Dumon J.-C., Maneux E., Gonçalves A. (1998) Study of annual and seasonal dissolved inorganic nitrogen Inputs into the Arcachon Lagoon, Atlantic Coast (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47, 649-659.
- Seuront L., Lagadeuc Y. (2001). Multiscale patchiness of the calanoid copepod *Temora longicornis* in a turbulent coastal sea. *J. Plankton Res.*, 23: 1137-1145.
- Siokou-Frangou I., Papathanassiou E. (1991). Differentiation of zooplankton in a polluted area. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 76 : 41-51.
- Smith A.G., Gangolli S.D. (2002) Organochlorine chemicals in seafood: Occurrence and health concerns. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 767-779.
- Sournia A., Belin C., Berland B., Erard-Le Denn E., Gentien P., Grzebyk D., Marcaillou-Le Baut C., Lassus P. Partzensky F. (1991) Le phytoplancton nuisible des côtes de France. De la biologie à la prévention. Ifremer, 154 p.
- Suarez-Morales E., Gasca R. (1996). Planktonic copepods of Bahía de la Ascension Caribbean coast of Mexico : a seasonal survey. *Crustacea*, 69: 162-173.
- Tran, D., Ciret P., Ciutat A., Durrieu G and Massabuau J.-C. (2003). Estimation of potential and limits of bivalve closure response to detect contaminants: application to cadmium. *Envir. Tox. Chem.* 22 : 4. 22 (4): 914-920.

Yunker M.B., MacDonald R.W., Goyette D., Paton D.W., Fowler, D.R., Sullivan B.R., Boyd J. (1999) Natural and anthropogenic inputs of hydrocarbons to the strait of Georgia. *The Science of The Total Environment*, 225, 181-209.

APPEL A PROJETS 2007

COMPETENCES DES EQUIPES INTERVENANT DANS LE PROJET DE RECHERCHE

➤ I – Personnels impliqués dans le projet par laboratoire

Il vous est demandé de fournir le nom, la qualification (enseignant-chercheur, chercheur, doctorant, ingénieur, technicien, administratif,...), et le courrier électronique de chaque membre prenant part au projet de recherche, en classant par laboratoires et équipes de recherche, ainsi que le taux de participation de chaque laboratoire partenaire.

LABORATOIRES	%
<u>Cemagref, U.R. REQE</u> (Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux) - Coste M, Chercheur (DR), michel.coste@cemagref.fr (2ème année) 15 - Delest B, AJT laboratoire, brigitte.delest@cemagref.fr 15 - Delmas F, Chercheur (ICGREF), francois.delmas@cemagref.fr 20 - Mazzella N, Chercheur (CR), nicolas.mazzella@cemagref.fr 25 - Mechin B, Assistant-Ingénieur, brigitte.mechin@cemagref.fr 20 - Montel MH, Secrétaire, marie-helene.montel@cemagref.fr 5 - Tison J, Chercheur (CR), juliette.tison@cemagref.fr (2ème année) 20	
EPOC : Unité Mixte de Recherche CNRS-Université Bordeaux 1 « Environnements et Paléoenvironnements Océaniques » - UMR 5805 <i>Plusieurs équipes de cette UMR participent au projet avec les chercheurs suivants (ne figurent dans cette liste que les personnels participant au projet). Les adresses électroniques sont obtenues suivant le mode r.dupont@epoc.u-bordeaux.fr</i> ➤ ECOBIOC (Station Marine d'Arcachon et Talence) –écologie et biogéochimie marine - Abril Gwenaël, Chargé de Recherche CNRS, biogéochimie 15 - Anschutz Pierre, Professeur, biogéochimie 35 - Bachelet Guy, Directeur de Recherche CNRS, écologie benthique 25 - Baudrimont M (MC), Ecotoxicologie 10 - Blanchet Hugues, Maître de Conférence, écologie benthique 10 - Bourrasseau Line, Technicienne EN, écologie marine, observations 10 - Canton M (Doctorant), Ecotoxicologie 100 - De Montaudouin Xavier, Maître de Conférence, écologie benthique 5 - Del Amo Yolanda, Maître de Conférence, écologie pélagique, production primaire 15 - Gonzalez (CR), <u>Ecotoxicologie</u> Génétique 15 - Jude Florence, Maître de Conférence, Ecologie microbienne 15 - Lebleu Pascal, Technicien EN, logistique terrain, observations 30 - Legeay (MC), <u>Ecophysiologie</u> 10 - Maury-Brachet (IR), <u>Ecotoxicologie</u> 10 - Parra René, Technicien EN, écologie marine 15 - Poirier D (Tech), biogéochimie 30 - Raymond N (MC), Ecologie microbienne	

• Salvo Flora, doctorante, Ecologie benthique	10
• Sautour Benoît, Maître de Conférence, écologie pélagique, zooplancton	100
• Savoye Nicolas, chercheur CNAP, biogéochimie, observations	30
• Post Doctorat demandé (Bilan évolution récente du Bassin)	10
• Post Doctorat (Ecologie du phytoplancton toxique)	100
➤ METHYS (Talence) – hydrodynamique et morphodynamique littorale	100
• Bonneton Natalie - Maître de Conférences - hydrodynamique tourbillonnaire	
• Bonneton Philippe - Directeur de Recherche CNRS - modélisation hydrodynamique	20
• Patrice Bretel, Ingénieur d'étude, <u>Hydrodynamique</u>	20
• Froidefond Jean-Marie, Chargé de Recherche CNRS, télédétection	15
• Parisot Jean-Paul - Professeur - modélisation hydrodynamique	20
• Sottolichio Aldo, Maître de Conférence, dynamique sédimentaire	5
• Thèse demandée (hydrodynamique / phytoplancton)	25
• Post doctorat demandé (modélisation transport sédimentaire)	100
➤ GEMA (Station Marine d'Arcachon et Talence) – géochimie	100
• Ciret Pierre, Ingénieur d'étude CNRS, Electronique	
• Derriennic Hervé, Technicien EN, analyses élémentaires, terrain	10
• Durrieu Gilles, Maître de Conférence, Mathématiques	5
• Etcheber Henri, Chargé de Recherche CNRS, biogéochimie	10
• Etcheveria Bruno, Technicien EN, analyses chimiques	5
• Legeay Alexia, Maître de Conférence, Ecophysiologie	5
• Massabau Jean-Charles, Directeur de Recherche CNRS, Ecophysiologie	10
• Post doctorat demandé	20
• Thèse demandée	100
➤ ISOPAL (Talence) – radionucléides	100
• Billy Isabelle, Technicienne EN, isotopes stables et radionucléides	
• Crosta Xavier, CR CNRS, paléo-océanographie	10
➤ Services communs de l'UMR EPOC	5
• Caillou Arnaud, Ingénieur d'Etude CNRS, développement bases de données	
• Escalier Jean-Michel, Ingénieur d'étude CNRS (réseau informatique)	10
	5
<u>Ifremer LER</u> - Arcachon	
• AUBY Isabelle – Chercheur – iauby@ifremer.fr	10
• D'Amico Florence – Technicienne – fdamico@ifremer.fr	20
• Dreno Jean Paul – Chercheur – jean.paul.dreno@ifremer.fr	5
• MAURER Danièle – Chercheur – dmaurer@ifremer.fr	20
• NEAUD-MASSON Nadine – Technicienne – nadine.masson@ifremer.fr	20
• Plus Martin, chercheur, mplus@ifremer.fr - modélisation hydrodynamique MARS	5
• RUMEBE Myriam – Technicienne – mrumebe@ifremer.fr	20
• Trut Gilles – Chercheur – gtrut@ifremer.fr	20
<u>Ifremer DYNECO/Physique Sédimentaire</u> - Brest	
• Cayocca Florence, chercheur, fcayocca@ifremer.fr -modélisation morphodynamique	10

- Gentien Patrick, chercheur, Patrick.Gentien@ifremer.fr - Lazure Pascal, chercheur, Pascal.Lazure@ifremer.fr - Le Hir Pierre, chercheur, plehir@ifremer.fr - modélisation hydrosédimentaire - Sourisseau Marc, chercheur, Marc.Sourisseau@ifremer.fr	15
	15
	10
	30
IMS - Laboratoire d'Intégration du Matériau au Système - UMR 5218 (CNRS / Univ. Bx 1)	
Dominique REBIERE, Professeur, dominique.rebiere@ims-bordeaux.fr	20
Corinne DEJOURS, Maître de Conférences, corinne.dejous@ims-bordeaux.fr	30
Céline ZIMMERMANN, Maître de Conférences, celine.zimmermann@ims-bordeaux.fr	20
Jacques PISTRE, Professeur, jacques.pistre.@ims-bordeaux.fr	10
Jean-luc LACHAUD, Assistant Ingénieur CNRS, jean-luc.lachaud@ims-bordeaux.fr	30
Serge DESTOR, Technicien, serge.destor@ims-bordeaux.fr	10
Thèse demandée	100
ISM, Institut des Sciences Moléculaires - UMR 5255 (CNRS / Univ. Bx 1)	
Bennetau Bernard, Directeur de recherche CNRS, b.bennetau@ism.u-bordeaux1.fr	20
Degueil Marie, Chargé de recherches CNRS, m.degueil@ism.u-bordeaux1.fr	20
Vellutini Luc, Maître de conférences Univ. Bx1, l.vellutini@ism.u-bordeaux1.fr	30
Pillot Jean-Paul, Ingénieur de recherche CNRS, j-p.pillot@ism.u-bordeaux1.fr	20
Thomas Laurent, technicien, l.thomas@ism.u-bordeaux1.fr	20
Thèse demandée	100
Institute for Marine Biosciences , National Research Council, Halifax, Canada	
Bricelj Monica, monica.bricelj@nrc.ca	5
Laboratoire Chimie Analytique Bioinorganique et Environnement / IPREM (Univ. Pau)	
Authier L (MC), laurent.authier@univ-pau.fr	40
Donard O (DR CNRS), olivier.donard@univ-pau.fr	10
Potin M (PR), martine.potin@univ-pau.fr	10
Tessier E (Post-doctorant ORQUE), emmanuel.tessier@univ-pau.fr	100
Laboratoire Physico et Toxico-Chimie des systèmes naturels (LPTC/IMS) (Univ. Bx 1)	
Augagneur S. (IE), s.augagneur@lptc.u-bordeaux1.fr	20
Budzinski H (DR), h.budzinski@lptc.u-bordeaux1.fr	15
Crespo A. (Etudiante en thèse), a.crespo@lptc.u-bordeaux1.fr	15
Daubèze M (IE), m.daubeze@lptc.u-bordeaux1.fr	10
Davail B (MC), b.davail@lptc.u-bordeaux1.fr	10
Devier M. H. (MC), mh.devier@lptc.u-bordeaux1.fr	30
Garnier C. (MC), c.garnier@lptc.u-bordeaux1.fr	20
Le Ménach K. (AI), k.lemenach@lptc.u-bordeaux1.fr	20
Morin B (MC), b.morin@lptc.u-bordeaux1.fr	10
Narbonne JF (PR), jf.narbonne@lptc.u-bordeaux1.fr	5
Parlanti E (CR), e.parlanti@lptc.u-bordeaux1.fr	10
Peluhet L. (TCN), l.peluhet@lptc.u-bordeaux1.fr	25
Relexans S. (AJTP), s.relexans@lptc.u-bordeaux1.fr	20
Post-doctorant Région demandé	

	100
<u>LIP - Laboratoire d'Immunologie et Parasitologie</u> (EA 3677-Université Bx 2) - Daniel Moynet, Maître de Conférences, daniel.moynet@immol.u-bordeaux2.fr - Djavad Mossalayi, Professeur, djavad.mossalayi@imparph.u-bordeaux2.fr - Post doc demandé	40 10 100
<u>Phytochimie et Valorisation de la Biomasse</u> (PhyValBio), Université Bordeaux 1 - Grignon-Dubois Micheline, DR CNRS, chimiste, m.grignon-dubois@phyvalbio.u-bordeaux1.fr - Rezzonico Bernadette, TE CE (EN), chimiste, b.rezzonico@phyvalbio.u-bordeaux1.fr	10 10
<u>Prosserman Centre for Health Research</u> , Samuel Lunenfeld Research Institute, Mount Sinai Hospital, Toronto, Canada Briollais Laurent, laurent@mshri.on.ca	10
<u>Ultra Trace Analyse Aquitaine</u> (Université Pau) - Benoit C, christelle.benoit@univ-pau.fr - Plaa D., damien.plaa@univ-pau.fr - Seby F., fabienne.seby@univ-pau.fr	50 50 20

🔗 Moyens de recherche des équipes participantes

EQUIPEMENTS	EQUIPE RESPONSABLE
CEMAGREF, U.R. REQE (Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux)	
Matériel de chimie conventionnelle (chimie des eaux, des sédiments et des effluents)	
COT-mètre	
spectromètre à émission – absorption	
chromatographes GPG et HPLC couplés spectromètres de masse	
Matériel de prélèvement automatique de terrain, de mesure hydrométrique et physico-chimique de terrain	
2 embarcations (rivières, lacs)	
Chaînes microscopiques équipées pour capture et traitement d'image (diatomées, phytoplancton), chaîne à épifluorescence (compartiment bactérien)	
Hall technique expérimental, canaux dynamiques périphyton, pilotes de dénitrification bactérienne	
UMR EPOC	
4 Véhicules de terrain	Services communs
ADCP	EPOC/DYNECO
Analyse C,S particulière	GEMA
Analyse Corg dissous	GEMA
analyse élémentaire ICPMS	GEMA
analyse élémentaire par Absorption At.	GEMA
Analyseur CHN	ECOBIOC
Analyseur de gaz LICOR 7000	EPOC
Autoanalyseur sels nutritifs	ECOBIOC
Autoclaves	ECOBIOC
Biochimie moléculaire	GEMA
Bouée de houle hte fréquence Triaxis (large Truc Vert)	METHYS
Bouée houlographe S4 DW	METHYS
Calcimètre automatique	Sédimentologie
Capteurs physiques terrain	METHYS + ECOBIOC
carottiers	Services communs

Chromato gaz	ECOBIOC et ISO
Centrifugeur BR 311	ECOBIOC
Centrifugeuse réfrigérée	ECOBIOC
Compteur beta	ISOPAL
Compteur de particules	ECOBIOC
Courantomètre-profileur acoustique	METHYS
Cryoconservateur (-80°C)	ECOBIOC
Distillateur	ECOBIOC
Doppler AWAC (Nortek)	METHYS
Etuves (dont 4 microbiologie)	ECOBIOC
Filets plancton	ECOBIOC
Granulométrie laser	Sédimentologie
Hottes Aura	ECOBIOC
Houlographe et accessoires	METHYS
HPLC	ECOBIOC
Modèle 2DH SURF_SVWB	METHYS
Modèle SWAN de simulation des vagues	METHYS
Moyens d'observation optiques classiques (loupes, microscopes, microscopes inversés, contraste de phase, épifluorescence, vidéo)	ECOBIOC et ISOPAL
Moyens de calcul : stations dédiées, accès aux moyens lourds Bx1	Toutes équipes
Navire de la Station Marine d'Arcachon	ECOBIOC
5 pH mètres terrain	ECOBIOC
Plate-forme analytique (microscopes DM600 et Axio Imager A1)	ISOPAL - Sédimentologie
PCR	ECOBIOC
Potentiométrie, spectro UV-Vis	GEMA
Radioscopie de carottes et analyse d'images	Sédimentologie et Géologie Marines (Sédim)
Respirométrie	GEMA
Scintillateur	ECOBIOC
Sondes multi paramétrique YSI / SEABIRD	EPOC
Sonicateur	ECOBIOC
Spectrophotomètre	ECOBIOC
Spectromètre alpha	Partage ISOPAL et CENBG
Spectromètre gamma	Partage ISOPAL et CENBG
Spectromètre isotopes lourds TIMS	ISOPAL, Toulouse en partage
Spectromètre masse isotopes stables O,C,N, H (eaux, carbonates)	ISOPAL
Spectrométrie masse isotopes stables C, N (matière organique), couplé CHN	ISOPAL
3 stations de mesures automatiques hte fréquence sur le complexe estuarien Garonne-Dordogne-Gironde MES, O2, pH, S‰, T°C	UMR EPOC maître d'œuvre, Mise en place en 2004 (convention Agence de l'Eau/Région/SMIDDEST, SMEAG, EPIDOR, CUB, PAB, EDF, Bordeaux1)
Super-calculateur du pôle M3PEC	METHYS
Turbidimètres optiques OBS	METHYS
Vélocimètres acoustiques ADV	METHYS
IFREMER (LER Arcachon et DYNECO BREST)	
Altimètres à ultra-sons ALTUS	EPOC, DYNECO-PHYSED
Bouées dérivantes	DYNECO
Fluorimètre de paillasse	LER Arcachon
Modèle MARS-2D	LER Arcachon
Modèle MARS-3D	DYNECO
Sonde température-salinité	LER Arcachon
Sondes TS Recopesca	DYNECO
Spectrophotomètre de paillasse	LER Arcachon
IXL/IMS - Laboratoire d'Intégration du Matériau au Système	
Centrale de technologies hybrides couches épaisses	IMS
Chaîne pilote de montage en surface	IMS
Plateforme d'analyse technologique de composants	IMS
Banc de test sans contact par faisceau laser	IMS

Stations de pulvérisation cathodique et d'évaporation	IMS
4 Bancs de caractérisation électrique RF et HF	IMS
1 Banc d'extraction de paramètres électriques sous pointe	IMS
Equipements microtechnologies	IMS
1 Générateur de vapeurs contrôlées par tubes à perméation	IMS
Générateur de vapeurs contrôlées	IMS
ISM, Institut des Sciences Moléculaires	
RMN, Multi Noyaux (200-250-400 MHz)	ISM
Spectroscopie Infra-Rouge (films minces, surfaces)	ISM
GC, GC-MS, MS, HPLC (analytique et semi-préparative)	ISM
Ellipsomètre	ISM
Cartographie Raman	ISM
Spectromètre de fluorescence	ISM
Microscopie à force atomique (AFM)	ISM
Laboratoire Chimie Analytique Bioinorganique et Environnement / IPREM	
GC ICP/MS	
Potentiostat	
Système de préparation de l'échantillon	
LPCT/ISM Laboratoire Physico et Toxico-Chimie des systèmes naturels	
Couplage chromatographie en phase liquide / spectrométrie de masse quadripolaire (Agilent Technologies)	
Couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse en tandem triple quadripôle (Waters)	
Couplage chromatographie en phase liquide / spectrométrie de masse en tandem triple quadripôle (Waters et Agilent Technologies)	
Couplages chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse (Hewlett Packard et Agilent Technologies)	
Extracteurs Soxhlet et extracteurs à reflux, bains à ultrasons, centrifugeuses et extracteurs micro-ondes	
Extracteur ASE (sous pression) (Dionex)	
Matériel de préparation de l'échantillon : lyophilisateur, broyeur, ...	
Matériel d'extraction en phase solide (SPE et SPME) automatique	
Microscope Olympus à épifluorescence	
Salle d'histologie (Microtome Leica RM2145, Cryostat Microm HM 500Zeis, Microscope Leica DME)	
Salle de culture (hottes à flux laminaire horizontal et vertical, étuves, étuve CO ₂ , incubateur 20°C)	
Evaporateur Speedvap	
Lecteur de microplaque Bio-Tek et logiciel KC4 v3.0	
Lecteur de microplaque ELISA	
Spectrophotomètre 932 Kontron	
Fluorimètre Shimadzu	
Ultracentrifugeuse LE90	
Congélateur à - 80°C	
Autoclave	
Matériel de prélèvement de terrain, véhicule mission et embarcation nautique motorisée	
LIP - Laboratoire d'Immunologie et Parasitologie	
Autoclave	LIP
6 Postes de sécurité (3 microbiologie, 2 cellules, 1 parasites)	LIP
4 Incubateurs bactéries	LIP
3 Congélateurs -80°C	LIP
2 Incubateurs agités	LIP
Incubateurs cellules	LIP
PCR Quantitative	LIP
Cytomètre en Flux (FACS)	LIP
Analyseur d'images	LIP
Photo microscopes	LIP
Centrifugeuses haute vitesse	LIP
Centrifugeuses basse vitesse	LIP
Spectrophotomètre UV/Visible	LIP
Lecteur ELISA	LIP

Annexe 1 : Apports continentaux : Liens physique / phytoplancton

Coordination D. Maurer (IFREMER) – P. Bonneton (UMR EPOC)

La variabilité des paramètres environnementaux est liée aux processus physiques qui structurent l'environnement (i.e. l'hydrologie du milieu, Suarez-Morales & Gasca, 1996, Siokou-Frangou, 1996, le climat, Dalpadado et al, 2003, la topographie, Kibirige & Perissinotto, 2003). La connaissance des caractéristiques spatio-temporelles des masses d'eau (courants, fronts, panaches) constitue donc la base de l'interprétation du fonctionnement des écosystèmes et des flux associés (Berasategui et al, 2006). A l'échelle des zones littorales le lien fort entre structuration physique des masses d'eau et productivité biologique souligne le rôle fondamental de l'hydrodynamique sur le fonctionnement de l'écosystème en terme de répartition et de transport : de composés dissous, de particules inertes et d'organismes (Brylinski et al, 1991 ; Herbland et al, 1998 ; Breton et al, 2000 ; Grioche et al, 2001). Cette forte structuration est directement liée aux caractéristiques hydrodynamiques et physico-chimiques des apports continentaux et marins, et aux conditions hydrodynamiques et climatiques des écosystèmes.

C'est dans ce cadre général que nous proposons de nous focaliser sur le lien entre la physique du milieu et les efflorescences toxiques ainsi que sur les conséquences en milieu littoral.

1. Problématique scientifique des efflorescences d'algues toxiques	25
2. Projet de recherche	27
2.1. Objectifs	27
2.2. Stratégie d'observation et campagnes de mesures.....	28
2.2.1 Campagnes d'échantillonnage sur le proche plateau continental	28
2.2.2. Campagnes d'échantillonnage dans et devant le Bassin d'Arcachon.....	30
2.3. Télédétection.....	30
2.4. Modélisation hydrodynamique	31
3 – Laboratoires participant	32
4 – Calendrier et livrables.....	33
5 – Moyens demandés	33

1. Problématique scientifique des efflorescences d'algues toxiques

Depuis les années 70, une augmentation du phénomène d'algues toxiques ou nuisibles est observée au niveau mondial (Anderson, 1995). Différentes hypothèses ont été formulées pour expliquer cette expansion: (1) la dispersion de ces algues par les courants, les tempêtes ou les eaux de ballast, (2) le transport des produits aquacoles, (3) la pression anthropique croissante sur le littoral menant à un enrichissement en nutriments des eaux côtières, (4) les changements climatiques à long terme (température, ensoleillement, vents), (5) une surveillance accrue des eaux côtières et des produits de la mer ainsi qu'une amélioration des méthodes de détections des toxines.

Dans le Bassin d'Arcachon, la présence de phytoplancton toxique du genre *Dinophysis* (producteur de toxines diarrhéiques, DSP) affecte périodiquement l'exploitation des moules depuis plus d'une dizaine d'années. Les huîtres n'ont été concernées que récemment par des épisodes de toxicité, en 2002 et en 2005.

L'Ifremer assure, dans le cadre du réseau REPHY (REseau de surveillance du PHYtoplancton et des phytotoxines), la surveillance de la toxicité des coquillages. La stratégie du REPHY est basée à la fois sur la détection des espèces phytoplanctoniques toxiques dans l'eau et sur des analyses de toxicité des coquillages selon le protocole suivant (Rapport Ifremer 2006, téléchargeable à l'adresse http://www.ifremer.fr/delar/faits_2006.htm):

- Quatre stations (Teychan, depuis 1987, Bouée 7, depuis 1995, Jacquets et Comprian, depuis 2003) sont échantillonnées à une fréquence hebdomadaire pour rechercher le phytoplancton toxique (Fig. 1). Lorsque les abondances de *Dinophysis* spp dépassent 500 cellules/L, des analyses de toxicité des coquillages sont mises en œuvre. Si le dépassement du seuil d'alerte ne concerne que la station Bouée 7, seuls les mollusques du Banc d'Arguin sont testés (Fig. 1). Si ce dépassement est observé dans d'autres stations (Teychan, Jacquets et/ou Comprian), les mollusques de toutes les stations sont testés.

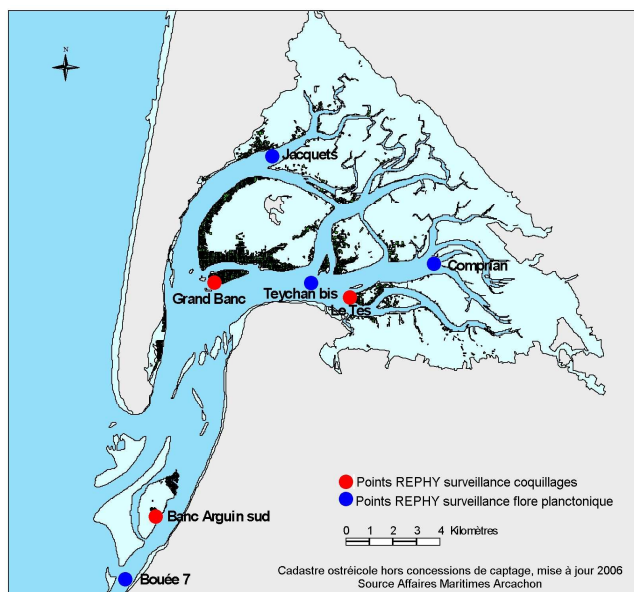


Figure 1. Points de surveillance des espèces phytoplanctoniques toxiques et de la toxicité des coquillages suivis par le LER Ifremer-Arcachon

- Lors de la période d'avril à août, définie comme période à risque, des tests de toxicité des huîtres et des moules d'Arguin sont réalisés chaque semaine. Si l'un des deux tests est positif, tous les sites sont alors analysés.

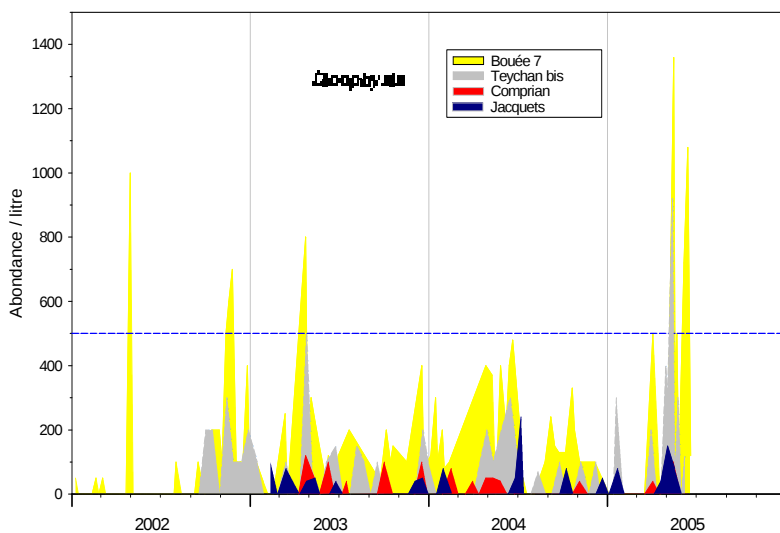


Figure 2. Evolution des abondances du genre *Dinophysis* aux 4 stations suivies dans le cadre du REPHY dans le Bassin d'Arcachon.

L'analyse des données collectées dans le cadre du REPHY montre que :

- la contamination des huîtres apparaît généralement moins importante à la station la plus orientale du Bassin et se manifeste avec un décalage dans le temps de quelques jours par rapport aux premiers sites atteints situés à l'entrée de la lagune ;
- les abondances du genre *Dinophysis* sont maximales à l'entrée du Bassin et diminuent au fur et à mesure de leur pénétration dans la lagune (Fig. 2).

L'ensemble de ces observations conduit à penser que les microalgues responsables de la toxicité dans le Bassin d'Arcachon sont d'origine océanique. Ainsi, le phytoplancton toxique, ayant pour

origine les eaux du plateau continental, pénétrerait dans le Bassin selon les conditions de vent et de marée et ne s'y développerait pas.

En Europe, le genre *Dinophysis* est présent dans tous les pays de la façade atlantique (Sournia *et al.* 1991). Dans les eaux côtières françaises, sa répartition correspond clairement aux panaches de dilution des grands fleuves comme la Seine, la Loire ou le Rhin (Ménèsquen, 2001). Dans ces zones de panaches fluviaux, les fronts halins et la stratification de densité sont des sites favorables au développement des dinoflagellés. De façon générale, des conditions hydrodynamiques particulières, telles que la présence de fronts ou de stratification thermiques (thermoclines estivales) ou halines confèrent au milieu une stabilité verticale des masses d'eau propice au développement des dinoflagellés tels que *Dinophysis* (Delmas *et al.* 1993, Reguera *et al.* 1995, Bernardi-Aubri *et al.* 2000). Dans le Golfe de Gascogne, la stratification thermique s'établissant au large, *Dinophysis*, comme d'autres espèces phytoplanctoniques, se multiplie dans les eaux du large avant d'atteindre les eaux côtières françaises (Sournia *et al.* 1991, Delmas *et al.* 1993, Durand 1993).

Des observations *in situ* ont mis en évidence une accumulation préférentielle de *Dinophysis* dans des couches d'eau à fort gradient vertical de densité appelées pycnoclines (Koukaras et Nikolaidis 2004, Gentien *et al.*, 2005, Lunven *et al.* 2005, Moita *et al.* 2006). Une étude récente menée en Baie de Vilaine (Bretagne Sud) a montré que *Dinophysis* spp. tend à se concentrer dans des couches de la pycnocline associées à des structures tourbillonnaires temporaires de petite taille (environ une dizaine de kilomètres), sous le panache de la Loire (Xie *et al.* 2006). A l'inverse d'autres dinoflagellés toxiques, le genre *Dinophysis* n'est jamais associé à des phénomènes d'eaux colorées car sa concentration cellulaire ne dépasse que très rarement 100 000 cellules par litre (Sournia *et al.* 1991). La formation de ces fines couches associées à ces structures de rétention permettrait de faciliter la rencontre des gamètes durant la reproduction sexuée (Moita *et al.* 2006, Xie *et al.* 2006).

Par conséquent, la croissance de ces populations de dinoflagellés est étroitement liée à des structures hydrodynamiques dépendant elles-mêmes des conditions météorologiques (régimes de vents, stratification et apports en eau douce).

Depuis plusieurs années, des programmes de recherche (GEOHAB, HABIT, FINAL,...) sur les algues toxiques sont menés afin : (1) d'améliorer les connaissances sur le cycle de vie de certaines algues (*Dinophysis*, *Alexandrium*, *Pseudo-nitzschia*) en fonction des conditions environnementales, météorologiques et hydrodynamiques ; (2) d'identifier des indicateurs environnementaux d'initiation et de développement des algues toxiques à partir de données *in situ* et de modélisation (hydrodynamique et biologique); (3) d'établir des stratégies d'alerte précoce vis-à-vis des efflorescences d'algues toxiques.

2. Projet de recherche

2.1. Objectifs

Compte tenu du caractère récent des contaminations des huîtres, une étude approfondie de l'origine des algues toxiques et de leur pénétration dans le Bassin d'Arcachon n'avait jamais été menée au niveau local. Cependant, l'importance des épisodes de toxicité des coquillages (2002, 2005 et 2006) et les répercussions économiques graves pour les professionnels ont mené à l'intégration de cette problématique dans les programmes de recherche régionaux.

Il apparaît essentiel d'acquérir des connaissances concernant :

- la répartition spatio-temporelle des algues toxiques sur le proche plateau continental et leur origine (locale ou éloignée),
- la caractérisation des conditions environnementales qui y sont associées,
- les modalités de leur entrée dans le Bassin d'Arcachon en fonction des conditions de courants sur le plateau, de vent/pression et de marée.

Dès 2006, la Région Aquitaine a financé un contrat de travail de 12 mois pour un chercheur post-doctorant. Ce travail vise à déterminer la répartition spatio-temporelle des populations

phytoplanctoniques dans le Bassin d’Arcachon et sur le proche plateau continental en liaison avec les caractéristiques environnementales, en se centrant sur la période à risque de toxicité. Des campagnes d’échantillonnage ont été effectuées à une fréquence bimensuelle de juin à septembre 2006 en complément de la surveillance du REPHY. Elles ont comporté des prélèvements, à différentes profondeurs, de phytoplancton (chlorophylle et analyse de la flore) et des mesures caractérisant les masses d’eau (salinité, température, turbidité). Près de 400 échantillons ont ainsi été collectés et sont en cours d’exploitation. Durant la campagne d’échantillonnage, les coquillages ont été contaminés par un mélange de toxines entraînant des périodes de fermeture de leur commercialisation. Cette crise ostréicole a été qualifiée d’atypique dans la mesure où les espèces toxiques n’ont que peu ou pas été répertoriées dans le cadre du REPHY. En plus des objectifs initiaux de ce post-doctorat, un effort particulier est entrepris pour identifier la ou les espèces phytoplanctoniques pouvant être responsables de cette toxicité.

Dans le cadre de ce nouveau projet, deux axes de recherches complémentaires sont proposés :

- la poursuite de l’identification des espèces toxiques, de leur répartition spatio-temporelle et de la caractérisation des paramètres environnementaux associés ;
- la modélisation de l’hydrodynamique du plateau continental aquitain pour déterminer l’origine des espèces toxiques présentes devant le Bassin d’Arcachon et tenter de prévoir leur apparition. Le genre *Dinophysis* sera utilisé comme modèle biologique pour répondre à ces questions, sachant que les résultats obtenus seront applicables ultérieurement à d’autres espèces de Dinoflagellés.

2.2. Stratégie d’observation et campagnes de mesures

L’objectif principal est l’acquisition de données qui permettront de déterminer la répartition et la variabilité spatio-temporelle du phytoplancton et plus particulièrement de *Dinophysis* et/ou d’autres espèces toxiques, dans le Bassin d’Arcachon et à l’extérieur, sur le proche plateau continental, et de caractériser les conditions environnementales qui y sont associées.

2.2.1 Campagnes d’échantillonnage sur le proche plateau continental

(Benoît Sautour, Béatrice Bec)

La stratégie d’échantillonnage consiste en une acquisition à une fréquence mensuelle, avec une emprise spatiale plus importante qu’en 2006 (limitée en partie au panache externe des eaux du Bassin) grâce aux moyens nautiques du CIRMAT (campagne de mesure ARCADINO). L’échantillonnage est prévu en 2007 et 2008 au cours des périodes à risque de toxicité des coquillages soit d’avril à août (5 mois), sur une zone du proche plateau (Fig. 3).

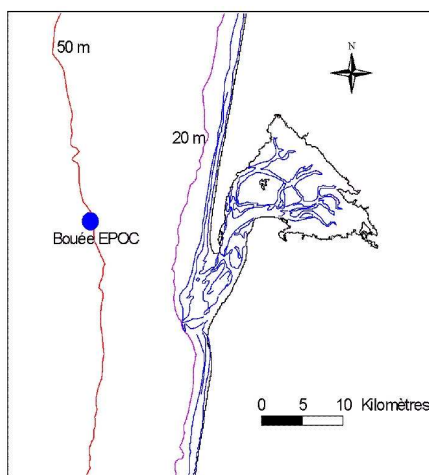


Figure 3. La zone d’échantillonnage couvre la partie extérieure du Bassin d’Arcachon sur le proche Plateau continental.

Pour chaque mission, il est prévu d’échantillonner au plus une trentaine de stations sur 2 journées. L’emprise, la position et le nombre total de points de mesure seront déterminés en s’appuyant sur

l'analyse d'images satellitaires (SPOT 5 et MODIS), puis à partir de 2008 sur les sorties du modèle MARS 3D (cf. section suivant).

Pour chaque station, une analyse de la structure verticale de la colonne d'eau sera réalisée grâce à :

- un profileur de courants ADCP (Acoustic Doppler Current Profilers)
- des profils verticaux des paramètres caractérisant les conditions environnementales: température, salinité, turbidité, PAR (Photosynthetically Active Radiation) et fluorescence.
- trois prélèvements d'eau à l'aide de bouteilles NISKIN effectués en surface, au fond et au niveau du maximum de fluorescence déterminé à partir des profils verticaux.
- un prélèvement spécifique pour la détection de *Dinophysis* et *Alexandrium* (2 L) effectué dans la zone d'accumulation de matière organique colloïdale (déterminée à l'aide d'un transmissiomètre installé sur une sonde SeaBird). Les zones d'accumulation de ces genres phytoplanctoniques ne coïncident pas obligatoirement avec le pic de chlorophylle.

Il apparaît nécessaire de caractériser le compartiment phytoplanctonique et les conditions environnementales associées. Certaines espèces de microalgues toxiques dites mixotrophes sont capables d'exercer à la fois une activité photosynthétique et une activité hétérotrophe par l'ingestion de composés organiques dissous et/ou particulaires (Granéli *et al.* 1999). Cette capacité mixotrophique a été démontrée pour *Dinophysis* spp. par la présence de vacuoles digestives à l'intérieur de ses cellules, sa co-occurrence temporelle avec des proies potentielles telles que de petites cryptophytes (Nishitani *et al.* 2005) et très récemment la réussite de la mise en culture de *Dinophysis acuminata* en présence de ciliés (Park *et al.* 2006). Dans un premier temps (campagnes 2007 et 2008), les prélèvements d'eau effectués permettront donc de caractériser :

(1) le compartiment phytoplanctonique :

- Biomasse phytoplanctonique (dosage de chlorophylle par fluorimétrie)
- Déterminations spécifiques (microscope inversé, méthode d'Utermohl, 1958) L'identification et le dénombrement des espèces phytoplanctoniques se limitent aux espèces dont la taille est supérieure à 20 μm .
- Dénombrements des organismes autotrophes de plus petite taille (cytométrie en flux) : pico- (<3 μm , avec une distinction entre les piceucaryotes et les picocyanobactéries) et nano-phytoplancton (3-20 μm)
- Activité photosynthétique (PhytoPAM)

(2) l'environnement nutritif associé :

- Dosage des sels nutritifs,
- Dosage du carbone et azote organiques dissous et particulaires, matières en suspension,
- Dosage de la matière organique dissoute.

Dans un second temps (second volet du programme : campagnes 2009), nous nous intéresserons aux processus de contrôle par les ressources (contrôle "bottom-up") et par la prédation (contrôle "top-down") du compartiment phytoplanctonique. Des approches expérimentales seront effectuées sur des populations naturelles *in situ* afin d'estimer simultanément la croissance et la pression de prédation exercée sur le plancton toxique par des expériences de dilution (Landry et Hassett 1982). L'identification et le dénombrement du zooplancton seront effectués.

Lors des campagnes ARCADINO 2007 et 2008, des lâchers de flotteurs seront effectués devant le Bassin. Les flotteurs sont positionnés par GPS et transmettent leur position par Argos. Ils comportent une ancre flottante qui permet au flotteur de surface de marquer le déplacement induit par les courants à l'immersion de l'ancre. On se propose de larguer durant la période d'intérêt, un ensemble de 4 flotteurs : des flotteurs drogués à 15 m sur les isobathes 30, 50 et 100 m et un flotteur drogué à 50 m sur l'isobathe 100 m. Leur durée de vie théorique étant de 1,5 an, il sera possible de récupérer certaines de ces flotteurs en mer lors des campagnes suivantes.

Alors que les flotteurs explorent la variabilité spatiale des courants, les mesures par mouillage au point fixe permettent de décrire la variabilité temporelle. Le positionnement d'un profileur de courant

ADCP permettra d'étudier cette variabilité. L'ADCP sera mouillé à une profondeur de 54 m au niveau de la bouée EPOC (Fig. 3), afin d'acquérir en continu d'avril à août les conditions hydrodynamiques en face du Bassin d'Arcachon.

Les campagnes en mer permettront de décrire les structures hydrologiques présentes devant le Bassin ; elles mettront notamment en évidence la présence, ou non, des grands panaches fluviaux (Adour ou Gironde) devant le Bassin. Ces résultats seront confrontés à la climatologie fine du Golfe de Gascogne qui sera disponible au début de l'année 2007.

L'acquisition de sondes TS, spécialement développées pour le programme RECOPESCA, permettra l'installation sur des engins de pêche de capteurs T et S. Ces données d'opportunité sont récoltées lors du retour des pêcheurs au port. Elles permettront de compléter les réseaux effectués lors des campagnes ARCADINO.

2.2.2. Campagnes d'échantillonnage dans et devant le Bassin d'Arcachon

(Béatrice Bec)

L'analyse des données récoltées dans le cadre du REPHY de 2002 à 2005 montre que le développement des dinoflagellés *Dinophysis* et *Alexandrium ostenfeldii*, producteurs respectivement de toxines diarrhéiques et de spirolides, débute entre la fin mars et le début du mois d'avril. Les campagnes réalisées en 2006 ayant débuté mi-mai, il apparaît nécessaire de les compléter par des prélèvements effectués de mars à mai. La stratégie d'échantillonnage consiste, comme en 2006, en une acquisition à un pas de temps court (bimensuel) mais limitée dans l'espace à l'entrée du Bassin d'Arcachon (Bouées 7 et 13) et au très proche plateau continental (en partie dans le panache externe des eaux du Bassin). Cette campagne sera assurée à l'aide des moyens nautiques de l'Ifremer et/ou de l'UMR EPOC pour les prélèvements dans le Bassin et des moyens nautiques des Affaires Maritimes pour les prélèvements à l'extérieur du Bassin. Les paramètres environnementaux (température, salinité et turbidité) seront analysés ainsi que les paramètres biologiques permettant de caractériser le compartiment phytoplanctonique (chlorophylle et déterminations spécifiques).

Dans le cadre de ces campagnes d'échantillonnages, une prolongation (12 mois) du contrat du post-doctorant est indispensable. En effet, son travail comportera une participation aux campagnes de prélèvements et consistera en l'acquisition et l'exploitation des données permettant la caractérisation du compartiment phytoplanctonique (détermination des concentrations en chlorophylle, identification et dénombrement des espèces phytoplanctoniques, dont les espèces toxiques, cytométrie en flux).

2.3. Télédétection

(Jean-Marie Froidefond)

On rassemblera les données satellitaires existantes de la zone, afin de caractériser les systèmes hydrologiques (upwelling, structures de rétention ou advection privilégiées) en fonction des conditions météorologiques. On s'appuiera en particulier sur l'analyse d'images MODIS (résolution : 250 m) pour déceler les structures de rétention (5 à 10 images par mois). De plus, des images SPOT prises récemment montrent la présence de structures tourbillonnaires à la sortie des Passes du Bassin d'Arcachon (images satellites du 9 septembre 2006 et du 8 octobre 2006, cf. figure 4). Ces tourbillons ont un diamètre de 2 à 3 km et semblent se développer au cours du jusan. Ils sont probablement plus importants et plus structurés en période de vives eaux. Nous proposons une analyse d'images SPOT (résolution 10 m), à la fréquence d'une par mois, à titre de recherche, dans le cadre du site KALIDEOS-Bassin d'Arcachon du CNES.

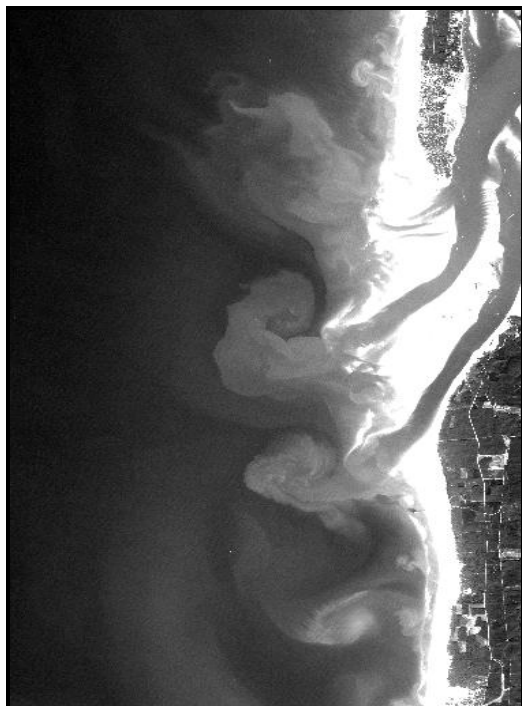


Figure 4 : Passes du Bassin d’Arcachon. SPOT @CNES 8 octobre 2006. 11h10 TU. Fin de jasant, coefficient : 114

On rassemblera les données SST et couleur de l’eau disponibles (Seawifs et Modis) lors de grands épisodes à *Dinophysis* passés pour mettre en évidence les structures présentes devant le Bassin et le long de la côtes des Landes. On s’attachera à décrire la présence (ou non d’anomalies) de température durant ces épisodes.

2.4. Modélisation hydrodynamique

(Philippe Bonneton)

Cette composante du projet s’articulera autour d’un stage de recherche MASTER 2, réalisé à IFREMER Brest, puis d’une thèse co-financée par l’IFREMER et la Région, se déroulant à l’Université de Bordeaux 1.

L’utilisation du modèle hydrodynamique du Golfe de Gascogne de l’IFREMER, MARS3D, vise à répondre aux questions suivantes :

- 1. La présence de *Dinophysis* au large est-elle due à une croissance locale ou à une croissance dans des secteurs où *Dinophysis* a déjà été identifié (Pays Basque ou estuaire de la Gironde) puis à un transport par les courants devant le Bassin ?
- 2. Existe-t-il des conditions privilégiées pour l’entrée de *Dinophysis* dans le Bassin d’Arcachon ?
- 3. Peut-on par des formulations simples simuler la croissance de *Dinophysis* dans le modèle hydrodynamique ?

1. La première étape du projet correspond à la mise en œuvre du modèle de l’IFREMER MARS 3D pour la modélisation de l’hydrodynamique du plateau continental aquitain. Un modèle de résolution spatiale de 1 km permettant de reproduire les processus de meso ou submeso échelles, qui jouent un rôle important dans le développement des efflorescences de phytoplancton, sera utilisé.

Dans un premier temps, on simulera séparément les effets des différents processus physiques qui contrôlent les courants dans cette région : le vent (à la fois sur la circulation générale et sur la formation des upwelling), les panaches fluviaux et la circulation à grande échelle. Une attention particulière sera portée à la formation de structures tourbillonnaires potentiellement favorables à la croissance de *Dinophysis*.

Un second modèle à maille plus grossière (4 km) sera utilisé pour caractériser les conditions hydrodynamiques régnant dans la région durant les derniers grands épisodes à *Dinophysis* observés. Il est attendu que cette tâche puisse répondre à la question d'une croissance locale de *Dinophysis* ou de son transport par les courants devant le Bassin.

2. Les conditions d'entrée de *Dinophysis* seront étudiées en fonction des conditions de courants sur le plateau, des conditions de vent/pression et de marée. Le modèle 2D à haute résolution utilisé par le LER Ifremer Arcachon sera utilisé pour cette tâche. Ces travaux s'appuieront sur les résultats de l'étude des temps de résidence dans le Bassin effectuée par le LER (Plus *et al.*, 2006) dans le cadre du PNEC. Les situations de 2002, 2005 et 2006 pourront être rejouées en intégrant les données acquises *in situ* et les résultats issus de la modélisation du Golfe de Gascogne. Ces travaux seront réalisés en étroite interaction avec les développements en modélisation du sous-thème « transport et dispersion des particules dans le domaine lagunaire ».

3. L'implémentation d'une modélisation biologique de *Dinophysis* dans MARS 3D est la troisième étape qui se fera en deux temps.

Les cellules de *Dinophysis* seront tout d'abord représentées par des particules inertes sans croissance. Cette étape sera donc un prolongement direct du travail de validation physique. Des transports de particules à partir de zones de présence connues de *Dinophysis* vont ainsi tester les hypothèses émanant des résultats du travail physique et des analyses des séries temporelles menées par B. Bec (Post-doctorant EPOC). Un travail bibliographique préliminaire sera fait durant l'année 2007 pour déterminer l'ensemble de ces zones. Le module de transport Lagrangien sera utilisé et mise en place sur le modèle à 4 km de résolution à partir de l'été 2008. Ce travail va permettre de réduire considérablement le nombre de sources potentielles de *Dinophysis* avant de passer à la dernière étape.

Dans un second temps, si les conditions environnementales sont favorables à un développement des cellules algales, un taux de croissance constant sera ajouté dans le modèle. Ce modèle simplifié sera développé durant l'année 2009. Les limites des fenêtres de croissance de *Dinophysis* seront fixées à partir des conclusions des analyses de séries temporelles de B. Bec. La température et la stratification verticale devraient être les principaux facteurs utilisés comme régulateur de croissance aux regards des connaissances de l'écophysiologie de *Dinophysis* (Maestrini, 1998 ; Delmas *et al.* 1992). Dans le cas d'une présence de *Dinophysis* durant les campagnes ARCADINO, une confrontation des résultats avec les simulations pourra également être réalisée. Selon les résultats, des améliorations du modèle biologique seront alors envisagées, notamment au niveau du taux de mortalité ou du comportement des cellules algales.

3 – Laboratoires participant

(Liste complète du personnel impliqué dans les documents complémentaires)

Les participants à ce volet du programme sont issus de différents laboratoires et sont spécialistes de différentes disciplines (essentiellement physique et biologie) et appartiennent à plusieurs organismes :

- IFREMER Brest (DYNECO)
- IFREMER Arcachon (LER)
- Université Bordeaux 1 / CNRS (UMR EPOC).

4 – Calendrier et livrables

Actions à mener	Coordination	Année 1		Année 2	
		Objectifs	Délivrables	Objectifs	Délivrables
Campagnes de mesure Arcachon Proche plateau	- B. Bec - B. Bec / B. Sautour	Campagnes : Ifremer/EPOC ARCADINO1 : CIRMAT	- Rapport à la Région (post doctorat) - Communication orale (Conseil Régional)	Campagnes Ifremer/EPOC ARCADINO2 : demande CIRMAT à faire	- Rapport à la Région (post doctorat) - Communication orale (Conseil Régional) - Publication scientifique
Traitement des échantillons	- B. Bec	Traitement		Traitement	
Modélisation :	P. Bonneton P. Lazure D. Maurer	- Etat de l'art - Mise en œuvre MARS 3D - Synthèse des mesures courants, confrontation MARS 3D	- Rapport à la Région (thèse) - Communication orale (Conseil Régional)	- hypothèses croissance/transport - essais de transport lagrangien	- Rapport à la Région (thèse) - Communication orale (Conseil Régional) - Publication scientifique
Télé-détection / Modélisation	JM. Froidefond			Caractérisation émergence des structures de rétention	
Une allocation de co-financement de thèse étant demandée dans le cadre de ce volet, une partie des objectifs ne sera atteinte qu'en année 3 : Intégration dans MARS 3D d'un modèle biologique simplifié Application modèle couplé aux situations où les algues toxiques sont observées - confrontation résultats du modèle / mesures in situ (campagnes et séries temporelles). Synthèse des résultats acquis au cours des différentes campagnes d'échantillonnage (2006, 2007, 2008) Délivrables : Identiques à ceux des années précédentes et valorisation par la rédaction de la thèse et de publications scientifiques					

5 – Moyens demandés

(Le détail du financement demandé ainsi que la justification sont donnés dans les documents complémentaires)

L'aide demandée à la Région concerne l'acquisition de données (notamment en physique) de manière à caractériser les conditions environnementales liées aux zones d'accumulation de phytoplancton (bouées dérivantes, mouillage ADCP, sondes TS) et un accompagnement sur le travail de modélisation (thèse co-financée par l'IFREMER).

Allocations de recherche :

- Une ½ bourse de thèse, sur l'étude des liens entre l'hydrodynamique du plateau continental du Golfe de Gascogne et la présence d'espèces phytoplanctoniques toxiques devant le Bassin d'Arcachon, qui sera cofinancée par l'IFREMER,
- Une bourse post-doctorale sur 12 mois pendant la première année du projet, sur l'étude des populations phytoplanctoniques du proche plateau continental.

Equipements :

- Serveur de calcul
- Ordinateur portable pour acquisition de terrain
- Logiciel MATLAB (3 licences)
- Logiciel de télé-détection ENVI et disque de stockage
- Structure pour mouillage ADCP
- Bouées dérivantes 5 jeux de 4 bouées (3 bouées à 15m + 1 à 50m)
- Sondes TS Recopesca

Fonctionnement

- Frais pour analyses et campagnes

Références bibliographiques

- Anderson D.M. (1995) Toxic red tides and harmful algal blooms: a practical challenge in coastal oceanography. *Rev. Geophys.* 33 suppl. 38 p.
- Berasatagui A.D., Menu Marque S., Gomez-Erache M., Ramirez F.C., Mianzan H.W., Acha E.M. (2006). Copepod assemblages in a highly complex hydrographic region. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 66: 483-492.
- Bernardi-Aubry F., Berton A., Bastianni M., Bertaggia R., Baroni A., Socal G. (2000) Seasonal dynamics of *Dinophysis* in coastal waters of the NW Adriatic Sea (1990-1996). *Bot. Mar.* 43:423-430.
- Breton E., Brunet C., Sautour B., Brylinski J.M. (2000) – Annual variations of phytoplankton biomass in the Eastern English Channel: comparison by pigment signatures and microscopic counts. *J. Plankton Res.* 22:1423-1440.
- Brylinski J.M., Lagadeuc Y., Gentilhomme V., Dupont J.P., Lafite R., Dupeuple P.A., Huault M.F., Auger Y., Puskaric E., Wartel M., Cabioch L. (1991). Le “Fleuve côtier”: un phénomène hydrologique important en Manche orientale (exemple su Pas de Calais). *Oceanol. Acta* 16: 197-203.
- Dalpadado P., Ingvaldsen R., Hassel A., (2003). Zooplankton biomass variation in relation to climatic conditions in the Barents Sea. *Polar Biol.* 23: 233-241.
- Delmas D., Herbland A., Maestrini S. (1993) Do *Dinophysis* spp. come from the “open Sea” along the French Atlantic coast? In: Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea. T.J. Smayda and Y. Shimizu (eds), 489-494.
- Delmas, D., A. Herbland and S. Y. Maestrini. (1992). Environmental conditions which lead to increase in cell density of the toxic dinoflagellates *Dinophysis* spp. in nutrient-rich and nutrient-poor waters of the French Atlantic coast. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 89: 253-261.
- Durand F. (1993) Etudes des variations spatio-temporelles de concentration en phytoplancton dans le Golfe de Gascogne, à partir d’images satellites CZCS (Coastal Zone Color Scanner) du World Data Center (NASA, Goddard Space Flight Center). *J. Rech. Oceanogr.* 18:5-8.
- Gentien P., Donaghay P., Yamazaki H., Raine R., Reguera B., Osborn T. (2005) Harmful algal blooms in stratified environments. *Oceanography* 18:172-183.
- Granéli E., Carlsson P., Legrand C. (1999) The role of C, N and P in dissolved and particulate matter as a nutrient source for phytoplankton growth including toxic species. *Aquat. Ecol.* 33:17-27
- Grioche A., Koubbi P., Harlay X., Sautour B. (2001). Sole larval distribution (*Solea solea*, L.) in the Eastern English Channel and the Southern Bight of the North Sea. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 18(4): 673-678.
- Grosjean Ph., Picheral M., Warembourg C., Gorsky G. (2004) Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the Zooscan digital imaging system. *ICES J. Mar. Sci.* 61:518-525.
- IFREMER – LER/ARCACHON (2006). Phytoplankton et phycotoxines. Bilan des connaissances générales. La surveillance dans le Bassin d’Arcachon. Rapport Interne, 13 p.
- Kibirige I., Perissinotto R. (2003). The zooplankton community of the Mpenjati Estuary, a South African temporarily open/closed system. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 58: 727-741.
- Koukaras K., Nikolaidis G. (2004) *Dinophysis* blooms in Greek coastal waters (Thermaikos Gulf, NW Aegean Sea). *J. Plankton Res.* 26:445-457.
- Landry M.R., Hassett R.P. (1982) Estimating the grazing impact of marine micro-zooplankton. *Mar. Biol.* 67: 283-288.
- Lunven M., Guillaud J.-F., Youénou A., Crassous M.P., Berric R., Le Gall E., Bérrouel R. Labry C., Aminot A. (2005) Nutrient and phytoplankton distribution in the Loire river plume (Bay of Biscay, France) resolved by a new Fine Scale Sampler. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 65:94-108.
- Maestrini, S. Y. (1998). Bloom dynamics and ecophysiology of *Dinophysis* spp. In: (D. M. Anderson, A. D. Cembella and G. M. Hallegraeff, eds) *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. NATO ASI Series, Vol. G. 41. pp. 243-265.
- Ménesguen A. (2001) L’eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. Rapport Ifremer pour la Commission Européenne, 59 p.
- Moita M.T., Sobrinho-Gonçalves L., Oliveira P.B., Palma S., Falcao M. (2006) A bloom of *Dinophysis acuta* in a thin layer off North-West Portugal. *Afr. J. Mar. Sci.* 28(2):265-269
- Nishitani G., Yamaguchi M., Ishikawa A., Yanagiya S., Mitsuya T., Imai I. (2005) Relationships between occurrences of toxic *Dinophysis* species (Dinophyceae) and small phytoplankton in Japanese coastal waters. *Harmful Algae* 4:755-762
- Park M.G., Kim S., Kim H.S., Myung G., Kang Y. G., Yih W. (2006) First successful culture of *Dinophysis acuminata*. *Aquat. Microb. Ecol.* 45:101-106.
- Plus M., Maurer D., Stanisières J.Y., Dumas F. (2006). Caractérisation des composantes hydrodynamiques d’une lagune mésotidale, le Bassin d’Arcachon. Rapport Interne Ifremer RST/LER/AR/06.007, 56 p.
- Reguera B., Bravo I., Fraga S. (1995) Autoecology and some life history stages of *Dinophysis acuta* Ehrenberg. *J. Plankton Res.* 17:999-1015.
- Siokou-Frangou I., Papathanassiou E. (1991). Differentiation of zooplankton in a polluted area. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 76 : 41-51.
- Sournia A., Belin C., Berland B., Erard-Le Denn E., Gentien P., Grzebyk D., Marcaillou-Le Baut C., Lassus P. Partzensky F. (1991) Le phytoplancton nuisible des côtes de France. De la biologie à la prévention. Ifremer, 154 p.
- Suarez-Morales E., Gasca R. (1996). Planktonic copepods of Bahia de la Ascension Caribbean coast of Mexico: a seasonal survey. *Crustacea* 69: 162-173.
- Utermohl H. (1958) Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. - *Mitt. int. Ver. theor. angew. Limnol.* 9, 1-38.
- Xie H., Lazure P., Gentien P. (2006) Small scale retentive structures and *Dinophysis*. *J. Marine Syst.* Sous-presse.

<u>Allocations :</u> ☒ de thèse		
<u>Financement :</u> ☒ Financement 50% Région Aquitaine - Cofinancement Région Aquitaine – EPST – EPIC si oui, lequel : 50% IFREMER - Cofinancement Région Aquitaine – entreprise si oui, laquelle :		
<u>Etablissement d'accueil :</u> Université Bordeaux 1 Nom du tuteur : Bonneton Philippe (EPOC) (co-encadrant : Patrick Gentien (IFREMER Brest)) Nom et adresse du laboratoire d'accueil : UMR EPOC, avenue des Facultés, domaine universitaire Bordeaux 1, 33405 TALENCE Nom du Directeur du laboratoire : BERTRAND Philippe Téléphone : 05 40 00 29 65 Fax : 05 56 84 08 48 Email : p.bonneton@epoc.u-bordeaux1.fr		
Titre du sujet : Modélisation de l'hydrodynamique du plateau continental aquitain et couplage avec un modèle biologique, afin de comprendre la présence d'espèces phytoplanctoniques toxiques devant le Bassin d'Arcachon		
Descriptif synthétique (maximum 10 lignes) : L'objectif de cette thèse est d'étudier les liens entre l'hydrodynamique du plateau continental du Golfe de Gascogne et la présence d'espèces phytoplanctoniques toxiques devant le Bassin d'Arcachon. Plus spécifiquement, la présence de Dinophysis au large d'Arcachon est-elle due à une croissance locale (favorisée par la présence d'éventuelles structures de rétention) ou à une croissance dans des secteurs où <i>Dinophysis</i> a déjà été identifié (Pays Basque ou estuaire de la Gironde) puis à un transport par les courants devant le Bassin ? Pour répondre à ces questions l'étudiant développera une approche de modélisation de l'hydrodynamique basée sur le code MARS 3D de l'IFREMER, puis il implémentera une modélisation biologique « simplifiée » de Dinophysis. Le modèle couplé sera finalement appliqué aux situations où les algues toxiques sont observées et la validité du modèle sera confrontée aux mesures in situ (campagnes ARCADINO) et aux données satellitaires.		
Projet demandé au titre des priorités régionales	Oui	☒ Non ☐
→ Projet en lien avec le développement économique et social :	Oui	☐ Non ☐
→ Grand projet :	Oui	☒ Non ☐
Si oui, nom du Grand Projet : Eau et développement durable		
→ Equipe ayant obtenu la coordination d'un contrat européen :	Oui	☐ Non ☒
Si oui, lequel :		
→ Chercheurs nouvellement installés en Aquitaine :	Oui	☐ Non ☒

Allocations : ☐ de thèse ☒ post-doctorale			
Financement : ☐ Financement% Région Aquitaine - Cofinancement Région Aquitaine – EPST – EPIC si oui, lequel : - Cofinancement Région Aquitaine – entreprise si oui, laquelle :			
Etablissement d'accueil : Université Bordeaux 1, avenue des facultés, Talence, 33405 Nom du tuteur : Benoit Sautour Nom et adresse du laboratoire d'accueil : Station Marine d'Arcachon, UMR 5805- EPOC, 2 rue du Professeur Jolyet, 33120 Arcachon Nom du Directeur du laboratoire : Pierre Chardy Téléphone : 05.56.22.39.06 Fax : 05.56.83.51.04 Email : p.chardy@epoc.u-bordeaux1.fr			
Titre du sujet : Identification et répartition spatio-temporelle du phytoplancton potentiellement toxique dans le Bassin d'Arcachon et sur le proche plateau continental			
Descriptif synthétique (maximum 10 lignes) : Depuis une dizaine d'année, le Bassin d'Arcachon est soumis périodiquement au développement de microalgues toxiques pouvant affecter l'exploitation des coquillages. L'analyse des données historiques et des épisodes de toxicité des coquillages survenus en 2002, 2005 et 2006 indique la provenance océanique de l'agent toxique incriminé, sans que celui-ci soit clairement identifié. Dans le cas du phytoplancton toxique, ce dernier tendrait à s'accumuler dans des structures hydrodynamiques se formant sur le plateau continental aquitain puis pénétrerait dans le Bassin en fonction des conditions de courants et de marées. Dans la continuité des travaux menés depuis un an, les objectifs de cette seconde année post-doctorale sont la poursuite de l'identification des espèces potentiellement toxiques et l'analyse de leur répartition spatio-temporelle et des conditions environnementales qui y sont associées, dans le Bassin et le secteur océanique proche. Des campagnes de prélèvements permettant l'acquisition de données physiques et biologiques seront réalisées dans le Bassin et sur le proche plateau continental au cours du printemps et de l'été 2007. L'ensemble des données collectées contribuera à l'implémentation d'une modélisation biologique de <i>Dinophysis</i> (dinoflagellé toxique) dans le modèle hydrodynamique du Golfe de Gascogne (MARS 3D) dont les travaux proposés sont présentés dans le § 2.4.			
Collaboration : Ifremer LER-Arcachon (identification algues toxiques), Ifremer Brest (modélisation)			
Projet demandé au titre des priorités régionales	Oui	X	Non ☐
→ Projet en lien avec le développement économique et social :	Oui	X	Non ☐
→ Grand projet :	Oui	X	Non ☐
Si oui, nom du Grand Projet : Eau et développement durable			
→ Equipe ayant obtenu la coordination d'un contrat européen :	Oui	☐	Non ☐
Si oui, lequel :			
→ Chercheurs nouvellement installés en Aquitaine :	Oui	☐	Non ☐

APPEL A PROJETS 2007

COMPETENCES DES EQUIPES INTERVENANT DANS LE PROJET DE RECHERCHE

➤ I – Personnels impliqués dans le projet par laboratoire

Il vous est demandé de fournir le nom, la qualification (enseignant-chercheur, chercheur, doctorant, ingénieur, technicien, administratif,...), et le courrier électronique de chaque membre prenant part au projet de recherche, en classant par laboratoires et équipes de recherche, ainsi que le taux de participation de chaque laboratoire partenaire.

VOLET [Apports océaniques]	
Unité Mixte de Recherche CNRS-Université Bordeaux 1 « Environnements et Paléoenvironnements Océaniques (EPOC) » - UMR 5805 <i>Plusieurs équipes de ce laboratoire participent au projet avec les chercheurs suivants (ne figurent dans cette liste que les personnels participant au projet). Les adresses électroniques sont obtenues suivant le mode r.dupont@epoc.u-bordeaux.fr</i> • Doctorant EPOC-IFREMER (demande de co-financement Région) 100 • Béatrice Bec, Post-doc Région, Ecologie phytoplancton 100 • Natalie Bonneton, Maître de Conférences, Hydrodynamique 15 • Philippe Bonneton, DR CNRS, Hydrodynamique 15 • Patrice Bretel, Ingénieur d'étude, Hydrodynamique 15 • Jean-Marie Froidefond, CR CNRS, Imagerie satellitaire 15 • Benoît Sautour, Maître de Conférences, Ecologie plancton 10	
IFREMER - DYNECO – Brest • Patrick Gentien, chercheur, Patrick.Gentien@ifremer.fr : 2 mois par an 15 • Pascal Lazure, chercheur, Pascal.Lazure@ifremer.fr : 2 mois par an 15 • Marc Sourisseau, chercheur, Marc.Sourisseau@ifremer.fr : 4 mois par an 30	
Ifremer LER - Arcachon • MAURER Danièle – Chercheur – dmaurer@ifremer.fr 10 • AUBY Isabelle – Chercheur – iauby@ifremer.fr 5 • NEAUD-MASSON Nadine – Technicienne – nadine.masson@ifremer.fr 20 • RUMEBE Myriam – Technicienne – mrumebe@ifremer.fr 20	

Moyens de recherche des équipes participantes

(liste du matériel lourd en propre ou en commun)

EQUIPEMENTS	EQUIPE RESPONSABLE
UMR EPOC	
4 Véhicules de terrain	Services communs
ADCP	EPOC/DYNECO
Analyse C,S particulaire	GEMA
Analyse Corg dissous	GEMA
analyse élémentaire ICPMS	GEMA
analyse élémentaire par Absorption At.	GEMA
Analyseur CHN	ECOBIOC
Analyseur de gaz LICOR 7000	EPOC
Autoanalyseur sels nutritifs	ECOBIOC
Autoclaves	ECOBIOC
Biochimie moléculaire	GEMA
Bouée de houle hte fréquence Triaxis (large Truc Vert)	METHYS
Bouée houlographe S4 DW	METHYS
Calcimètre automatique	Sédimentologie
Capteurs physiques terrain	METHYS + ECOBIOC
Carottiers	Services communs
Chromato gaz	ECOBIOC et ISO
Centrifugeur BR 311	ECOBIOC
Centrifugeuse réfrigérée	ECOBIOC
Compteur beta	ISOPAL
Compteur de particules	ECOBIOC
Courantomètre-profileur acoustique	METHYS
Cryoconservateur (-80°C)	ECOBIOC
Distillateur	ECOBIOC
Doppler AWAC (Nortek)	METHYS
Etuves (dont 4 microbiologie)	ECOBIOC
Filets plancton	ECOBIOC
Granulométrie laser	Sédimentologie
Hottes Aura	ECOBIOC
Houlographe et accessoires	METHYS
HPLC	ECOBIOC
Modèle 2DH SURF_SVWB	METHYS
Modèle SWAN de simulation des vagues	METHYS
Moyens d'observation optiques classiques (loupes, microscopes, microscopes inversés, contraste de phase, épifluorescence, vidéo)	ECOBIOC et ISOPAL
Moyens de calcul : stations dédiées, accès aux moyens lourds Bx1	Toutes équipes
Navire de la Station Marine d'Arcachon	ECOBIOC
5 pH mètres terrain	ECOBIOC
Plate-forme analytique (microscopes DM600 et Axio Imager A1)	ISOPAL - Sédimentologie
PCR	ECOBIOC
Potentiométrie, spectro UV-Vis	GEMA
Radioscopie de carottes et analyse d'images	Sédimentologie et Géologie Marines (Sédim)
Respirométrie	GEMA
Scintillateur	ECOBIOC
Sondes multi paramétrique YSI / SEABIRD	EPOC
Sonicateur	ECOBIOC
Spectrophotomètre	ECOBIOC
Spectromètre alpha	Partage ISOPAL et CENBG
Spectromètre gamma	Partage ISOPAL et CENBG
Spectromètre isotopes lourds TIMS	ISOPAL, Toulouse en partage

Spectromètre masse isotopes stables O,C,N, H (eaux, carbonates)	ISOPAL
Spectrométrie masse isotopes stables C, N (matière organique), couplé CHN	ISOPAL
4 stations de mesures automatiques hte fréquence sur le complexe estuarien Garonne-Dordogne-Gironde MES, O2, pH, S%, T°C	UMR EPOC maître d'œuvre, Mise en place en 2004 (convention Agence de l'Eau/Région/SMIDDEST, SMEAG, EPIDOR, CUB, PAB, EDF, Bordeaux1)
Super-calculateur du pôle M3PEC	METHYS
Turbidimètres optiques OBS	METHYS
Vélocimètres acoustiques ADV	METHYS
IFREMER	
Altimètres à ultra-sons ALTUS	EPOC, DYNECO-PHYSED
Bouées dérivantes	DYNECO
Fluorimètre de paillasse	LER Arcachon
Modèle MARS-2D	LER Arcachon
Modèle MARS-3D	DYNECO
Sonde température-salinité	LER Arcachon
Sondes TS Recopesca	DYNECO
Spectrophotomètre de paillasse	LER Arcachon

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

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.

- « Structures hydrodynamiques de rétention et *Dinophysis* : Application au bassin d'Arcachon »

Demande de cofinancement de thèse auprès du Conseil régional et de l'Ifremer (en cours)

Tuteur : Dr. Philippe Bonneton (U-Bordeaux I) / Co-tuteur : Dr. Patrick Gentien (Ifremer)

DEA se rapportant au projet uniquement :

Sujet de DEA, nom de l'Etudiant

- Master II : « Validation du modèle hydrodynamique MARS-3D sur le plateau des Landes » à réaliser à Ifremer – Brest à partir de Février 2007 – Encadrement P. Lazure / P. Gentien

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

Publications dans revues à comité de lecture	15
Communications	4
Conférences - invités	4
TOTAL	19

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

1 - Livres ou revues

Auteurs, titres, références de publications, année (Prière de souligner ou de mettre en gras les auteurs participant au projet de recherche)

1. Arzul G., **Gentien P.**, 2006. Allelopathic Interactions among marine algae in "Algal cultures analogues of Blooms and applications" D.V. Subba Rao ed., Science Publishers, Plymouth, UK, ISBN 1-57808-393-1, pp131-163.
2. **Bonneton, N.**, Sous, D., **Bonneton, P.** and Sommeria, J. 2004 Dynamics of large-scale vortices in the near shore. *J. of Coast. Res.*, SI 39, 682-686.

3. Bruneau, N.; **Bonneton, P.**; Pedreros, R.; Dumas, F. and Idier, D. 2007 A New Morphodynamical Modeling Platform: Application to Characteristic Sandy systems of the Aquitanian Coast, France. Submitted to *J. of Coast. Res.*, SI 50.
4. Castelle, B., **Bonneton, P.**, Sénéchal, N., Dupuis, H., Butel, R. and Michel, D. 2006 Dynamics of wave-induced currents over a multi-barred beach on the Aquitanian coast. *Continental Shelf Res.*, **26**, 113-131.
5. Castelle, B. and **Bonneton, P.** 2006 Modeling of a rip current induced by waves over a ridge and runnel system on the Aquitanian Coast, France. *C.R. Geosciences*, **338** (10), 711-717.
6. Doxaran D., **Froidefond J.M.**, and P. Castaing (2003). Remote sensing reflectance of turbid sediment-dominated waters. Reduction of sediment type variations and changing illumination conditions effect by use of reflectance ratios. *Applied Optics*. (42) 15. 2623-2634.
7. **Froidefond J.M.** et D. Doxaran (2004). Télédétection optique appliquée à l'étude des eaux côtières. *Télédétection*, 4(2) 579-596
8. **Gentien, P.** Lunven, M. Lazure P., A. Youenou and M.P. Crassous, 2007. Motility and autotoxicity in *Karenia mikimotoi* (Dinophyceae). Phil. Trans. Royal Soc. (in press, Février 2007)
9. **Lazure P.**, Jegou AM, Kerdreux M, 2006. Analysis of salinity measurements near islands on the French continental shelf of the Bay of Biscay. *Scient. Mar.*, 70: 7-14 Suppl.
10. Petitgas P, Magri S, **Lazure P.**, 2006. One-dimensional biophysical modellif of fish eggs vertical distributions I shelf seas. *Fish. Oceanogr.* 15 (5): 413-428
11. Planque B, **Lazure P.**, Jegou AM, 2006 . Typology of hydrological structures modelled and observed over the Bay of Biscay shelf. *Scient. Mar.*, 70: 43-50 Suppl.
12. Planque B, **Lazure P.**, Jegou AM, 2004. Detecting hydrological landscapes over the Bay of Biscay continental shelf in spring. *Climate Res.* 28(1): 41-52
13. Puillat I, **Lazure P.**, Jegou AM, et al., 2006. Mesoscale hydrological variability induced by northwesterly wind on the French continental shelf of the Bya of Biscay. *Scient. Mar.*, 70: 15-26 Suppl.
14. Puillat I, **Lazure P.**, Jegou AM, et al., 2004. hydrographic variability on the French continental shelf of the Bay of Biscay, during the 1990s. *cont. Shelf Res.* 24(10): 1149-1163
15. Xie H., **Lazure P.**, **Gentien P.**, 2007. Small scale retentive structures and Dinophysis . *J. Mar. Sys.*, 641, 173-188.

2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

Conférences invitées de P. Gentien

- Gordon Research Conference on Coastal modelling : "Physical-biological interactions in phytoplanktonic species "
- PICES 2006, Yokohama : " The rare marine protist Dinophysis"
- Hong Kong Conf. on Contrasting marine Environment : ""Allelopathy in *Karenia mikimotoi*"
- IOC-SCOR GEOHAB Open Science Meeting on Stratified Environments (Convener)

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

Thèses
UMR EPOC
• Sabine Castelle : comportement géochimique du cadmium et du mercure dans les gradients de densité, redox et de salinité du système fluvio-estuarien girondin, Gérard Blanc, <u>financement : bourse Région Aquitaine</u> • Marc-Vincent Commarieu : processus biogéochimiques dans l'estuaire de la Gironde : impact des oscillations redox, Henri Etcheber, Gwénaél Abril, <u>financement : bourse Région</u> • Cécile Dang : dynamique des populations de palourdes sur le Bassin d'Arcachon, Aquitaine et estuaire de Munnaka (Euskadi) : conséquences sur la gestion des populations exploitées,

Xavier de Montaudouin, financement : bourse Région Aquitaine - Euskadi

- **Valérie David** : réseau tropique planctonique dans l'estuaire de la Gironde, Pierre Chardy, Benoît Sautour, financement : bourse Région
- **Ika Paul-Pont** : Sensibilité et réponse adaptative des populations de bivalves (coques, palourdes) soumis à un stress multiple: infestation parasitaire, contamination bactérienne, pollution métallique, Xavier de Montaudouin, Magalie Baudrimont, financement : bourse Région Aquitaine
- **Matthieu Canton** : Suivi des apports continentaux en composés biogènes dans le Bassin d'Arcachon, transformation aux embouchures des cours d'eau, impact sur le métabolisme, Pierre Anschutz, financement : bourse Région Aquitaine

Projets	Porteurs	Années	Montants	Durées
UMR EPOC				
Erosion côtière par télédétection (ecotel)	Jean-Marie Froidefond	2002		1 an
Mesure de la production primaire, et de l'impact génomique de stress oxydant et métallique dans les écosystèmes aquatiques	Yolanda del Amo et Jean-Paul Bourdineaud	2002	114,2 k€	1 an
La recherche océanographique sur le littoral aquitain	Pierre Chardy	2002		2 ans
Géochimie des éléments traces et géochimie isotopique appliquées à l'environnement	Claude Pujol	2003	1 051 k€	1 an
Fonctionnement et dysfonctionnement des systèmes aquatiques	Florence Jude	2003	64 k€	2 ans
Observations pour la recherche sur les environnements littoraux et aquatiques aquitains	Philippe Bertrand	2004	316 k€	2 ans
Analyse automatisée par fluorescence X de la composition chimiques des dépôts sédimentaires	Philippe Martinez	2005	275 k€	2 ans

Volet Apports océaniques

A. MOTS CLES (Tout ce qui peut aider à préciser le domaine de recherche du projet présenté)

Hydrodynamique / Phytoplancton / Phytoplancton toxique / Zones d'accumulation / Panaches estuariens

B. EQUIPES FRANCAISES TRAVAILLANT SUR LE SUJET OU SUR DES THEMATIQUES SEMBLABLES.

Donner au moins deux noms avec adresse, téléphone, courrier électronique, etc. Ceci afin de pouvoir contacter ces personnes pour une aide éventuelle à la désignation d'experts.

Etablissement	Intitulé de l'équipe	Nom, prénom et coordonnées
IRD Nouméa , BP A5 98848 Nouméa, Nouvelle Calédonie		Sylvain Ouillon Tél. : *687 26 07 29 e-mail : sylvain.ouillon@noumea.ird.nc
Universite du Sud Toulon Var BP 20132 F-83957 La Garde cedex	Laboratoire de Sondages Electromagnétiques de l'Environnement Terrestre UMR CNRS 6017	Philippe Fraunié Tel : 04 94 14 20 86 Fax : 04 94 14 24 17 fraunie@lseet.univ-tln.fr
IFREMER BP 2059 98846 Nouméa Cedex Nouvelle Calédonie	Laboratoire Aquacole de Calédonie (LAC Saint Vincent)	Alain Herbland Tel. (687) 35 48 87 Fax. (687) 35 11 77 e-mail aherblan@ifremer.fr

Annexe 2 : Apports continentaux

Coordination : H. Budzinski (UMR ISM/LPTC) – P. Anschutz (UMR EPOC)

Les apports continentaux en contaminants chimiques et biologiques impactant les zones côtières ont des conséquences sur l'environnement marin, notamment sur les organismes et sur l'homme in fine (Johnson et al., 1998 ; Chapman et Wang, 2001 ; Smith et al., 2002). A cet égard, l'état préservé du Bassin d'Arcachon concentre des enjeux considérables en tant que zone humide reconnue internationalement par la diversité de ses milieux naturels qui constitue un atout majeur tant en terme de préservation patrimoniale (zone de stationnement et parfois de nidification-nourricerie d'oiseaux migrateurs), qu'en terme d'exploitation biologique (e.g. conchyliculture, zone de nourricerie de nombreuses espèces aquatiques marines) et touristique. La pérennité de ces fonctions et activités est liée à la vulnérabilité environnementale du Bassin et les enjeux qu'implique la qualité de ses eaux justifient une attention particulière quant aux risques de pollutions microbiologiques et chimiques. L'objectif de ce projet est de qualifier cet état préservé du Bassin afin de proposer un référentiel pour le futur et d'identifier des risques potentiels. Nous proposons de nous focaliser sur les apports de contaminants générés par les pressions anthropiques diverses [continentale sensu stricto (eaux de ruissellement), interne (nautisme), atmosphérique et océanique (émissaire de la Salie)] au travers d'une approche « multi-contaminants » la plus large possible.

C'est dans ce contexte que l'action proposée dans le cadre de cet appel d'offre régional vise à initier une approche intégrée pour une meilleure caractérisation (tant qualitative que quantitative) des apports anthropiques chimiques et microbiologiques dans le Bassin d'Arcachon.

1. Contexte et objectifs.....	44
2. Etude de la contamination chimique	45
2.1- Approche multi-résidus (Resp. H. Budzinski et M. Baudrimont)	45
2.1.1. Problématique.....	45
2.1.2. Nature des opérations.....	48
2.2. Développement d'une méthode "Toxicity Identification valuation (TIE)"(Resp. H. Budzinski) .	50
2.2.1. Problématique.....	50
2.2.2. Nature des opérations.....	51
2.3. Etude des pesticides et mise en relation de la contamination du compartiment hydrobiologique et de l'huître (Resp. H. Budzinski et F. Delmas)	51
2.3.1. Problématique.....	51
2.3.2. Nature des opérations.....	53
3. Etude des éléments biogènes (Resp. P. Anschutz).....	54
3.1. Problématique.....	54
3.2. Nature des Opérations	55
4. Etude des apports microbiologiques (Resp. F. Jude)	55
4.1. Problématique.....	55
4.2. Nature des opérations.....	58
5. Laboratoires participant.....	58
6. Calendrier et livrables.....	59
7. Moyens demandés et justification	59

1. Contexte et objectifs

Les zones côtières sont des milieux d'interface affectés par de nombreux apports continentaux notamment en contaminants chimiques (Ko et Baker, 1995 ; Kraepiel et al., 1997 ; Yunker et al., 1999 ; Matthiessen et Law, 2002). L'importance de la pollution des zones côtières et estuariennes est avérée (Chapman et Wang, 2001) et son implication dans la dégradation de ces biotopes sensibles prouvée (Johnson et al., 1998). Dans ce contexte général le Bassin d'Arcachon concentre des enjeux

considérables. En effet, du point de vue écologique, il représente une zone humide reconnue internationalement de par son originalité (il est la seule discontinuité de la côte aquitaine) et la diversité de ses milieux naturels : il répond aux critères de la convention internationale de Ramsar pour la protection des zones humides, de la directive européenne n°79/409/CE concernant la conservation des oiseaux sauvages, et présente également un certain nombre de périmètres de protection 1. Il est également un site à forts enjeux sur le plan socio-économique: l'essentiel des activités ostréicoles en Aquitaine est centré sur le Bassin d'Arcachon, dont les facteurs naturels ont favorisé le développement. La pérennité de cette activité est étroitement liée à la qualité environnementale des eaux du Bassin. Cet écosystème littoral est aussi un site de recrutement et/ou de nourricerie important pour des juvéniles de nombreuses espèces de poissons. C'est également une zone particulièrement prisée pour le développement de nautisme de loisir. En effet la richesse environnementale et la diversité de ses paysages en font une destination touristique particulièrement convoitée. Le Bassin d'Arcachon est donc le siège de nombreuses pressions anthropiques de par le développement tant économique que touristique de la région. Ces pressions sont de différents types : touristique avec notamment le nautisme, domestique avec l'augmentation de l'urbanisation, rurales avec les activités forestières et agricoles de son bassin versant, et industrielle. Les apports de contaminants générés potentiellement par ces activités peuvent être à la fois d'origine continentale (eaux de ruissellement, tributaires), interne (nautisme), atmosphérique et même océanique (émissaire de la Salie). La vulnérabilité environnementale du Bassin d'Arcachon et les enjeux qu'implique la qualité de ses eaux justifient une attention particulière quant aux risques de pollution tant microbiologiques que chimiques, notamment par les pesticides, les hydrocarbures, les éléments biogènes ou encore les métaux traces et les composés organométalliques. En effet, l'ensemble de ces contaminants va se retrouver dans la colonne d'eau associé à la phase dissoute ou particulaire, avant d'être accumulé dans les tissus des organismes dont les huîtres, contrôlant donc ainsi directement la qualité de la ressource ostréicole. ***L'action proposée dans le cadre de cet appel d'offre régional vise à initier un programme de recherche intégré pour une meilleure caractérisation (tant qualitative que quantitative) des apports anthropiques chimiques et microbiologiques dans le Bassin d'Arcachon ainsi que pour une meilleure compréhension de la dynamique des contaminants et de leur impact toxique vis-à-vis des organismes et notamment de l'huître.***

2. Etude de la contamination chimique

2.1- Approche multi-résidus (Resp. H. Budzinski et M. Baudrimont)

2.1.1. Problématique

Comme tous les milieux côtiers soumis à des impacts anthropiques, le Bassin d'Arcachon subit des contaminations liées aux activités qui s'exercent dans la Baie elle-même ou sur son bassin versant. Les différentes activités anthropiques urbaines, agricoles, industrielles et domestiques engendrent des apports de contaminants chimiques multiples et variés (métaux et composés organométalliques, composés organiques dont les hydrocarbures, les pesticides, les retardateurs de flamme, les détergents, les plastifiants, ...) qui ne sont pas sans conséquence sur l'environnement marin tant sur les cycles biogéochimiques naturels que sur les organismes eux-mêmes et sur l'homme *in fine* par transfert dans la chaîne alimentaire (Smith et al., 2002). En conséquence, la caractérisation de la contamination chimique du Bassin sera réalisée par un screening multi-résidus le plus large possible des contaminants organiques, organométalliques et inorganiques en se focalisant sur une approche multi-compartiments (phase dissoute, phase particulaire, sédiment et organisme modèle filtreur (huître)).

L'un des objectifs de ce travail est de suivre l'évolution de l'entrée des contaminants dans la colonne d'eau et d'étudier la répercussion de ces entrées et leur variabilité dans les huîtres d'Arcachon. Une attention particulière sera portée sur la phase particulaire qui n'a été que très peu étudiée dans le cadre du Bassin d'Arcachon en relation avec les contaminants mais qui cependant pourrait se révéler une source d'entrée primaire importante pour la contamination du compartiment biologique dont les huîtres (Baumard et al., 1998). Afin de renseigner sur la variabilité de qualité de la colonne d'eau et de

généraliser des échantillonnages représentatifs suffisants pour réaliser les divers types d'analyses nécessaires (composés organiques, organométalliques et inorganiques), il sera nécessaire de prélever et centrifuger de très large volume d'eau afin d'obtenir plusieurs grammes de matières en suspension pour l'ensemble des analyses. Dans le cas de la phase dissoute, des développements porteront sur l'utilisation de nouvelles méthodes d'échantillonnage intégratif qui sont prometteurs dans le domaine de l'analyse des composés organiques, organométalliques et inorganiques dissous (Alvarez et al., 2004 ; Togola, 2006) : implantation *in situ* de capteurs passifs (POCIS, Polar Organic Chemical Integrative Sampler) sur les sites d'étude et extraction *in situ* ou *ex situ* des contaminants organiques par absorption sur agitateur magnétique (SBSE, Stir Bar Sorption Extraction).

L'évaluation de l'état écologique des hydrosystèmes imposée par la mise en application actuelle de la DCE nécessite d'établir le lien entre l'ambiance chimique et les effets sur le compartiment biologique, considéré comme « juge de paix » du « bon état écologique ». Afin d'établir ce lien, nous devons obtenir une estimation quantitative fiable de l'exposition *in situ* aux contaminants organiques. Dans cette optique, l'implantation de capteurs POCIS dans le milieu semble appropriée puisqu'elle permettra de rendre compte de l'ambiance toxique intégrée *in situ*. En effet, cette technique intégrative d'échantillonnage permet de déceler les pics de pollution et de concentrer les polluants, contribuant ainsi à l'amélioration de leur détection, mais également de mesurer les fractions biodisponibles des polluants organiques (fractions traversant les membranes biologiques et donc accumulables par les organismes aquatiques) (Alvarez et al., 2004). Ces capteurs, assimilés à des organismes synthétiques, sont immergés dans les milieux aquatiques étudiés où ils accumulent les contaminants organiques (comme les pesticides, les produits pharmaceutiques, ...), donnant ainsi accès à une estimation des concentrations intégrées après avoir calibré la réponse et déterminé leur domaine d'application en laboratoire. Ils sont constitués d'adsorbants solides contenus dans des membranes de polyéthersulfone microporeuses et montés dans un boîtier en acier inoxydable. Il existe deux systèmes commerciaux POCIS (un dédié aux substances pharmaceutiques, l'autre aux pesticides), mais il est souhaitable à terme d'élaborer ses propres systèmes, plus adaptés aux campagnes environnementales. Ces capteurs passifs sont encore peu employés et peu de données sont actuellement disponibles sur leur utilisation *in situ*. L'expérience du LPTC dans ce domaine a montré qu'une bien meilleure représentativité des résultats d'analyses de substances pharmaceutiques captées par ces dispositifs pouvait être obtenue par rapport à des échantillonnages ponctuels censés caractériser l'exposition *in situ* (Togola, 2006). L'utilisation de systèmes POCIS a également permis la détection de pesticides tels que l'atrazine, le diazinon, le diuron et l'isoproturon dans des rivières du New Jersey (Alvarez et al., 2005).

Contrairement aux systèmes POCIS, la SBSE est une technique d'échantillonnage ponctuel et non intégratif. Cette technique entièrement automatisée basée sur des barreaux magnétiques recouverts d'un film de polydiméthylsiloxane (PDMS) permet un fort enrichissement en contaminants organiques des échantillons d'eaux, et par là même, facilite, au même titre que les capteurs passifs, la détection de composés présents dans l'eau à des concentrations inférieures aux seuils de détection des techniques analytiques classiques (Baltussen et al., 2002). Comparativement à une autre méthode miniaturisée et simple qu'est la micro-extraction en phase solide (SPME), la SBSE présente de nombreux avantages, notamment un facteur d'enrichissement plus de cinq cent fois plus élevé, ainsi que de meilleures performances analytiques en terme de sensibilité, rendements, répétabilité et limites de détection (Popp et al., 2003). Cette méthode d'extraction par sorption a été appliquée avec succès à la détermination des pesticides dans des eaux (douces, uniquement) par SBSE-TD-GC-MS avec des limites de détection de l'ordre du ng/L au sub-ng/L (Baltussen et al., 2002 ; Serôdio et Nogueira, 2004 ; Ochiai et al., 2005 ; Nakamura et al., 2005 ; Leon et al., 2006), ainsi qu'à la détection de PCB, HAP et de perturbateurs endocriniens (Popp et al., 2003 ; Serôdio et Nogueira, 2004). L'extraction peut-être réalisée en immersion et permet ainsi d'éviter les prélèvements d'eau et les risques d'altération des échantillons avant analyse. De plus, l'automatisation permet d'envisager des séries temporelles d'extraction et/ou des déclenchements sur alarme (Roy et al., 2005). A terme, cette technique pourra donc être appliquée *in situ* par les réseaux de surveillance à l'analyse des contaminants organiques hydrophobes en milieu marin ; elle pourrait ainsi devenir également un outil d'échantillonnage intégratif.

En parallèle à cette approche chimique, les impacts toxiques sur les organismes doivent être étudiés de façon à caractériser le risque chimique associé à la présence des contaminants. En effet Il est désormais convenu que l'évaluation du risque induit par la présence de contaminants chimiques dans les écosystèmes ne peut être basée uniquement sur l'analyse chimique de ces polluants. Le dosage seul des contaminants et la caractérisation de leur distribution dans le milieu aquatique sont insuffisants pour évaluer le risque chimique. Il est donc important de développer des approches pluridisciplinaires couplant chimie-biologie permettant de faire le lien entre présence des contaminants et impact toxique (Van Der Oost et al., 2003). Pour cela, le recours à des indicateurs précoces, représentatifs des effets biologiques des contaminants sur les organismes ou biomarqueurs, s'est beaucoup développé ces dix dernières années. En effet, les effets à des niveaux hiérarchiques élevés sont toujours précédés de changements précoces à des niveaux d'organisation biologique inférieurs (Van Der Oost et al., 2003).

L'enjeu de cette proposition est ainsi de comprendre à l'échelle des individus (populations d'huîtres exploitées) quels sont les impacts toxiques générés au niveau moléculaire, cellulaire et physiologique, suite à la présence de polluants toxiques. Les bivalves présentent notamment de fortes capacités de bioaccumulation des éléments traces métalliques et contaminants organiques hydrophobes (tels que les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), pesticides chlorés, ...) à l'origine de leur utilisation dans les réseaux de biosurveillance (Réseau National d'Observation, RNO) et se révèlent donc de bons organismes sentinelles.

Parallèlement à des analyses de bioaccumulation, nous appréhenderons différents types de réponses biologiques (notamment de type dommages ou défense). Les métallothionéines (MTs), protéines de défense seront étudiées ; elles sont capables de séquestrer d'importantes quantités d'ions métalliques au niveau intra-cellulaire afin de diminuer la toxicité de ces éléments vis à vis d'autres cibles cellulaires (Baudrimont et al., 1999 ; Legeay et al., 2005 ; Marie et al., 2006a, b). Ces protéines, répondant à de nombreux autres stress chimiques, physiques ou physiologiques (Kägi et al., 1991; Baudrimont et al., 1997 ; 2006), sont de plus en plus à l'heure actuelle considérées comme le témoin d'une réponse globale au « stress » (Amiard et al., 2006).

De nombreux composés naturels ou de synthèse sont des cancérogènes potentiels ou avérés (IARC ; ex : HAP) qui peuvent avec ou sans bioactivation préalable endommager l'ADN en formant des adduits, des cassures, des pontages, ou encore en s'intercalant. De tels effets à une large échelle peuvent produire à terme une réduction de l'abondance et à une modification de la structure des populations (Depledge, 1998).

Les cassures de brins de l'ADN sont des lésions mutagènes non spécifiques d'un contaminant mais la simplicité de mesure sur des échantillons de terrain permet un diagnostic rapide des altérations primaires de l'ADN. Le test des Comètes utilisé comme un biomarqueur de génotoxicité exprimé au niveau de la structure même de l'ADN, mesure les cassures de brins d'ADN qui représentent une des lésions à forte probabilité d'apparition après exposition aux agents mutagènes. Les cassures de brins de l'ADN ont été très mesurées grâce au test des comètes chez les poissons et les bivalves (Mitchelmore et Chipman, 1998). Le caractère génotoxique du benzo[a]pyrène (B[a]P), HAP modèle pour les études de cancérogenèse chimique, a ainsi été démontré *in vitro* sur des hématocytes et hépatocytes de moule (Mitchelmore et al., 1998). *In vivo*, l'exposition, par voie sédimentaire, trophique ou dissoute, d'huîtres à du B[a]P ou à l'atrazine a confirmé la formation de cassures de brins de l'ADN (Nacci et al., 1996, Christi et al, 2004). *In situ*, l'application du test des Comètes a permis chez la moule de discriminer des sites d'échantillonnage en fonction de leur degré de contamination aux HAP (Steinert et al., 1998). Néanmoins, il n'existe pas à l'heure actuelle d'étude de génotoxicité *in situ* utilisant l'huître comme modèle biologique.

En parallèle nous nous proposons également d'étudier les effets reprotoxiques. De nombreuses molécules issues de l'activité anthropique détectées dans l'environnement, présentent des effets de perturbateurs endocriniens (PE) chez les organismes aquatiques, provoquant des troubles de la fertilité, du développement des gonades, des inversions de sexe, des altérations du taux de stéroïdes sexuels, et des cancers (Leblanc et Bain, 1997). Les mécanismes d'action les plus couramment décrits sont la liaison des PE aux récepteurs nucléaires aux oestrogènes (ER) et aux androgènes (AR) qu'ils peuvent activer ou inactiver de façon réversible ou non (Sonnenschein et Soto, 1998 ; Gray et al., 1997 ;

Balaguer et al, 2001 ; Latonnelle et al., 2002). Ainsi, ces PE peuvent-ils être mis en évidence indirectement par la détection de molécules issues de la stimulation des récepteurs sur lesquels ils se lient : ainsi la vitellogénine, protéine produite par le foie chez les poissons sous induction des oestrogènes, en est un biomarqueur d'effet (Sumpter et Jobling, 1995). Par ailleurs, les méthodes de détection et de dosage des stéroïdes naturels et des PE se sont multipliées, et ont gagné fortement en sensibilité. Outre les techniques analytiques, des dosages immunologiques ELISA ont été développés (Cuisset et al., 1991 ; Cuisset et al., 1994 ; Nash et al., 2000) et permettent une quantification spécifique très précise, de l'ordre du pg/ml. En particulier, l'oestradiol peut être dosé après extraction préalable des fluides ou tissus testés.

Pour être significative, la mise en évidence des effets PE doit être éclairée d'une connaissance des conditions physiologiques contrôles ou initiales. Chez l'huître, le cycle de reproduction est compliqué par l'alternance des sexes dans l'hermaphrodisme, et aucune donnée de la fonction de reproduction associée à l'équilibre des stéroïdes sexuels et à la gamétogénèse n'est disponible. Nous nous proposons donc d'initier des études portant sur les hormones naturelles ainsi que sur la vitelline (homologue de la vitellogénine) et d'étudier le potentiel de ces marqueurs en tant que marqueur de proreprotoxicité chez l'huître.

D'autre part, nous étudierons la réponse génétique déclenchée suite à la présence de métaux au niveau intra-cellulaire. La présence des éléments métalliques dans les cellules peut générer un stress oxydant pouvant être à l'origine de cassures de l'ADN et d'induction de mécanismes apoptotiques conduisant à la mort cellulaire (Bagchi et al. 2000 ; Chan et Cheng 2003). Ainsi, l'analyse d'une dizaine de gènes impliqués dans la détoxification (3 isoformes de MTs connues), dans la lutte contre le stress oxydant (production d'enzymes telles que les superoxyde-dismutases ou la catalase), dans la perturbation du métabolisme mitochondrial (sous-unité 1 de la cytochrome c oxydase), dans les mécanismes de réparation de l'ADN (*gadd*, *rad51*) et dans les mécanismes déclenchant l'apoptose (*bax*) sera réalisée, de façon à obtenir une vision pertinente de la réponse adaptative de ces organismes face à la pollution (Gonzalez et al., 2006 ; Mouchet et al., 2006). Enfin, le bilan d'atteinte des individus au niveau énergétique sera abordé par la mesure de la concentration tissulaire en ATP.

Tous ces paramètres d'impacts toxiques seront mesurés en parallèle et de concert avec les paramètres chimiques de contamination. Un effort particulier d'intégration de ces recherches avec celles réalisées sur l'huître en tant que macrocapteur environnemental (analyses développées en valvométrie) sera réalisé par le suivi parallèle des réponses comportementales des huîtres et d'impacts toxiques au niveau de 2 stations d'échantillonnage communes.

2.1.2. Nature des opérations

Opération 1 : Suivi multi-contaminants

Afin de suivre la variabilité des sources d'entrées, des campagnes d'échantillonnage d'eau (phase dissoute et particulaire), de sédiments et d'organismes (huîtres) sont prévues pour documenter de façon précise la contamination chimique du Bassin d'Arcachon (un minimum d'une campagne par saison sur deux ans pour évaluer la variabilité temporelle sur une dizaine de points de façon à appréhender la variabilité spatiale).

Pour mener à bien cette approche multi-résidus, des techniques modernes seront utilisées pour la détermination des contaminants (ICP-MS, GC-ICP-MS, GC-MS, LC-MS, GC-MS/MS, LC-MS/MS) dans les différents compartiments environnementaux (eaux, sédiments et biota). La combinaison de ces différentes technologies permettra : i) de caractériser la contamination du Bassin par les composés organiques, organométalliques et inorganiques, ii) d'étudier leur devenir, en termes de persistance et de dégradation, et iii) d'obtenir une estimation quantitative fiable de l'exposition aux contaminants.

Lors de différentes campagnes d'échantillonnage, la phase dissoute sera prélevée et la préconcentration des analytes sera réalisée sur le terrain afin d'avoir d'excellentes limites de détection. Dans le cas des composés organiques différentes phases de SPE seront utilisées de façon à couvrir une large gamme de composés des plus hydrophobes aux plus hydrophiles.

L'intégration des méthodes de dilution isotopique permettra de fiabiliser les méthodes au niveau des ultra-traces, maintenant nécessaire pour le suivi en routine de la qualité des eaux. Ces développements permettront notamment de suivre aussi bien les concentrations en composés organiques, organostanniques qu'en composés organomercurels, deux classes contaminants organométalliques particulièrement importants pour la qualité des milieux côtiers et les ressources aquacoles associées.

Pour le suivi des contaminants inorganiques dissous, des méthodes de préconcentration et dilution isotopique par FIA couplé à l'ICP/MS seront utilisées. L'ensemble de ces techniques sera réalisé dans l'optique de développer des méthodes de suivi fiables, sensibles et robustes afin de répondre aux exigences des futures directives cadre sur l'eau.

Afin de pouvoir faire des analyses des composés organiques, inorganiques et organométalliques dans la phase particulaire, nous prélèverons de très larges volumes d'eaux afin d'obtenir un stock de particules en suspension significatif afin de permettre aux différentes équipes organiques, organométalliques et inorganiques de faire les analyses sur le même stock de particules. La détermination des concentrations en composés organiques, inorganiques et organométalliques (Sn et Hg) se fera par ICP/MS, GC/MS, LC/MS et dilution isotopique.

Opération 2 : SBSE et POCIS

L'utilisation *in situ* des capteurs POCIS et l'extraction *in situ* ou *ex situ* des contaminants organiques par SBSE permettront de concentrer les contaminants organiques, aussi bien hydrophiles qu'hydrophobes, présents dans les eaux. La première année du projet sera consacrée aux développements analytiques de ces deux types d'outils. L'utilisation des techniques couplant la chromatographie en phase gazeuse et la chromatographie en phase liquide avec la spectrométrie de masse ou la spectrométrie de masse en tandem facilitera leur détection. L'intérêt des POCIS devrait être de permettre un screening des substances hydrophiles sans a priori et de mettre en évidence des composés sans les pré-sélectionner. L'intérêt de la SBSE devait être d'abaisser les limites de détection et de viser les sub ng/L pour de nombreux contaminants.

En ce qui concerne la détermination des concentrations en composés organométalliques, la méthode de préconcentration par « SBSE » et détection par thermodesorption - GC-ICP/MS sera finalisée afin de mettre en place une méthode de suivi simple et sensible pour répondre aux critères de la nouvelle directive cadre sur l'eau et répondre en routine à des demandes de limites de détections de 0,1 ng/L en TBT.

La deuxième année sera consacrée à l'application des outils dans le milieu naturel et à la cartographie de la contamination de la phase dissoute de la colonne d'eau

Opération 3 : Préparation d'un échantillon de référence

Les études de variabilité du système permettront de connaître la variabilité, la nature des fonctions d'entrée des contaminants et leurs accumulations dans les tissus d'huîtres. Lors des différentes campagnes, nous réaliserons plusieurs lots d'échantillonnage d'huîtres afin de voir selon quelles méthodes de prélèvements et d'organisation des lots d'échantillonnage, nous pouvons le mieux décrire la variabilité du milieu et ses fonctions d'entrée. Les résultats obtenus lors de ces recherches permettront dans le futur de définir une stratégie de prélèvement d'analyse et d'archivage des échantillons d'huîtres afin d'avoir une traçabilité sur la qualité et l'évolution de la ressource économique que représente l'activité de l'ostréiculture.

Opération 4 : Couplage Chimie-Biologie

En parallèle à l'approche chimique, les impacts toxiques sur les organismes étudiés (huître) seront documentés sur les mêmes échantillons mais sur un nombre plus faible de station (4 sites sur les deux ans). Le suivi de la contamination chimique des huîtres et du compartiment abiotique sera en effet couplé à l'étude des réponses génotoxiques (test des Comètes : altération de l'ADN), reprotoxiques (développement d'une approche d'histopathologie couplée à l'étude du métabolisme stéroïdien de l'huître et de la production de vitelline), biochimiques (MT) et génétiques.

Un suivi mensuel sur 2 années sera réalisé sur des populations d'huîtres exploitées et prélevées au niveau de 4 sites :

- Le Banc d'Arguin, de façon à représenter les apports d'origine essentiellement océanique. Les prélèvements seront mutualisés avec ceux effectués pour l'analyse des polluants organiques et inorganiques, ainsi qu'avec le suivi du comportement des huîtres par valvométrie.

- La jetée d'Eyrac, au niveau d'une deuxième station de valvométrie (mutualisation des prélèvements)

- Deux sites localisés dans le Bassin d'Arcachon lui-même au niveau du Grand Banc, correspondant à une zone exploitée au niveau de laquelle un mélange des eaux d'origine océanique et continentale se réalise. Les prélèvements seront là encore mutualisés avec ceux réalisés pour les autres équipes.

Quatre métaux majeurs en termes d'impact toxique potentiel ou de présence dans le Bassin d'Arcachon (Cd, Cu, Zn et Hg) (Baudrimont et al., 2002 ; Marie, 2005), (Cd, Cu, Zn et Hg) seront analysés systématiquement au niveau de 3 organes ou ensembles tissulaires (branchies, glande digestive, reste du corps) par spectrophotométrie d'absorption atomique (four graphite avec effet Zeeman pour le Cd, flamme pour Cu et Zn, vapeur froide pour le Hg). Les contaminants organiques majeurs en termes d'impact toxique potentiel ou de présence dans le Bassin d'Arcachon (HAP, PCB, PBDE, pesticides) (Baumard et al., 1998 ; Thompson et al., 2000 ; Devier et al., 2005) seront quantifiés également après extraction ASE et analyse par GC/MS et GC/ECD avec utilisation de l'étalonnage interne basé sur des composés enrichis en deutérium ou C13. Sur ces mêmes échantillons, seront mesurées les concentrations de métallothionéines (MTs) par saturation au mercure froid, parallèlement à la quantification de l'expression d'une dizaine de gènes (*Cgmt1*, *Cgmt2*, *Cgmt3*, *Sod(Cu, Zn)*, *Sod (Mn)*, *Cat*, *Cox1*, *gadd*, *rad51*, *bax*) par PCR quantitative en temps réel (gène de référence : *actine*). Enfin, une analyse de la synthèse d'ATP sera réalisée sur ces mêmes échantillons par luminométrie. Le test des comètes (ou "single cell gel electrophoresis assay") est une technique d'électrophorèse sur microgel d'agarose permettant de détecter des fragmentations de l'ADN de cellules individualisées. L'analyse se fait sur des cellules incluses dans un gel d'agarose, auxquelles on applique un traitement aboutissant à la perméabilisation de leurs membranes par des détergents, et à l'extraction des protéines nucléaires sous l'action de sels à forte concentration. L'ADN se trouve alors réduit à une structure "pseudo-nucléaire" résiduelle : le nucléoïde (McKelvey-Martin et al., 1993). L'ADN est ensuite placé dans un champ électrophorétique permettant la migration différentielle des fragments. Les hormones stéroïdiennes seront mesurées par technique ELISA et par SPE couplée à la LC/MS/MS. Une technique ELISA sera également développée pour l'analyse de la vitelline.

Toutes ces analyses seront systématiquement interprétées au regard des résultats obtenus par les différentes équipes : caractérisation des polluants organiques et inorganiques présents dans l'eau et les matières en suspension ; quantification des autres polluants présents dans la chair des huîtres (dosages multi-élémentaires des métaux, organométalliques, pesticides) ; mesures des atteintes génotoxiques (test comète) ; dosage de la vitelline ; dosage des hormones ; comportement valvaire.

2.2. Développement d'une méthode "Toxicity Identification valuation (TIE)" (Resp. H. Budzinski)

2.2.1. Problématique

Enfin dans cette optique de screening nous nous proposons de développer un nouveau type de démarche. En raison de l'introduction continue et permanente (à l'état de traces) de nouveaux contaminants (ou produits de transformation des composés connus) dont on ne connaît encore ni la structure ni les effets (Oros et al., 2003), l'existence de molécules toxiques pour la plupart non identifiées dans l'environnement, pose le problème d'une stratégie adaptée. Afin d'identifier les composés chimiques toxiques présents dans les différents compartiments environnementaux (phase dissoute, phase particulaire, sédiments, tissus biologiques (huîtres)), ce projet propose de développer une méthodologie basée sur les concepts utilisés dans l'approche dite "Toxicity Identification Evaluation (TIE)" initiée par l'US EPA (*United States Environmental Protection Agency*) (Norberg-King, 1991 ; Durhan et Norberg-King, 1993 ; Mount et Norberg-King, 1993) sur des effluents. C'est une méthode d'identification de polluants qui couple des analyses chimiques à des procédures de fractionnement de l'échantillon suivies de tests toxicologiques. Les fractions identifiées comme toxiques

font l'objet d'une analyse moléculaire quantitative par différentes techniques analytiques de spectrométrie de masse afin d'identifier le ou les agents chimiques responsable(s) de l'effet toxique mis en évidence par les tests *in-vitro*.

Une étude récente (Cachot et al., 2006) basée sur cette démarche a prouvé expérimentalement que les HAP sont impliqués de façon prépondérante dans l'activité génotoxique des sédiments de l'estuaire de la Seine. De même, deux composés organiques (benzopyrone, phenol) ont été identifiés comme responsables de la toxicité d'effluents d'industries chimiques en Chine, mise en évidence par des tests de toxicité aigue (Jin et al., 1999). En Angleterre, une quarantaine de composés potentiellement génotoxiques ont pu être identifiés dans des sédiments estuariens, majoritairement des HAP et HAP alkylés, mais également d'autres composés aromatiques polycycliques nitrés et oxygénés (Thomas et al., 2002).

L'intérêt de la démarche proposée ici réside donc dans la complémentarité. Cette association pluridisciplinaire entre des tests biologiques spécifiques permettant de balayer un large spectre en termes d'effets toxiques potentiels et les différents moyens analytiques mobilisés présente un fort potentiel qui devrait permettre d'identifier de nouveaux polluants responsables des effets toxiques recherchés. C'est un atout extrêmement important puisque l'identification de classes spécifiques de toxiques grâce à l'approche TIE permettrait i) de réduire les apports des toxiques identifiés et par là-même de limiter les impacts écotoxicologiques et ii) d'acquérir une meilleure connaissance des causes de toxicité qui génèrent des perturbations écologiques. Elle contribuerait également à l'actualisation ou à l'élaboration de nouvelles listes de composés d'intérêt prioritaires et à l'établissement rapide de préconisations ou prises de décision réglementaires. Cette approche devrait également constituer un nouvel outil primordial dans les réseaux de surveillance du milieu aquatique, en cours ou à venir.

2.2.2. Nature des opérations

Il apparaît intéressant de développer cette démarche sur les différents compartiments environnementaux (eaux, sédiments et huîtres) du Bassin de façon à évaluer les risques toxiques qu'ils sont susceptibles de représenter et à identifier les composés responsables du caractère toxique potentiel. Les différents tests toxicologiques seront tout d'abord réalisés sur l'échantillon total. Un fractionnement primaire de l'échantillon sera ensuite réalisé par piégeage de la fraction organique par extraction sur phase solide (SPE sur C₁₈, sur phases copolymériques, ...). Les composés organiques sont ainsi fractionnés en fonction de leur polarité. Les tests biologiques seront à nouveau conduits sur ces fractions pour isoler celle(s) qui contienne(nt) le(s) composé(s) toxique(s). Ces fractions étant encore relativement complexes, il sera nécessaire d'effectuer les biotests sur des sous-fractions très fines afin de diminuer encore le nombre de composés par fraction et remonter ainsi successivement au(x) composé(s) toxique(s)). Ce sous-fractionnement sera alors réalisé par chromatographie en phase liquide haute performance en phase inverse (RP-HPLC). L'analyse des micro-polluants organiques dans les fractions toxiques sera effectuée principalement par GC-MS, LC-MS, GC-MS/MS et LC-MS/MS. La toxicité des échantillons bruts et des fractions issues de l'approche TIE sera évaluée grâce à la détermination du potentiel génotoxique, reprotoxique et neurotoxique et également des tests de toxicité globale. Les tests de toxicité globale seront effectués par Microtox. Le potentiel génotoxique sera évalué par l'utilisation du test SOS chromotest (Quillardet et al., 1982) et par le test FACIM (Cachot et al., 2004). Le potentiel neurotoxique sera évalué par la mesure de l'activité AChE. L'évaluation de la reprotoxicité sera effectuée par le test YES (yeast estrogen screen) (Peck et al, 2006). Enfin l'effet sur le développement et la survie des larves d'huître et des stades nauplii du copépodes *Eurythemora affinis* (Forget-Leray et al, 2005) seront également utilisés.

2.3. Etude des pesticides et mise en relation de la contamination du compartiment hydrobiologique et de l'huître (Resp. H. Budzinski et F. Delmas)

2.3.1. Problématique

Parallèlement à cette approche globale multi-résidus et de screening, une attention particulière sera portée à deux classes de contaminants organiques identifiés comme pouvant poser un problème sur le Bassin (IFREMER, comm. pers.) : les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), déjà suivis

dans la première phase du projet (Appel d'Offre Région 2006), et les pesticides, dont on ne connaît que peu de choses en termes d'identité et de niveaux dans le Bassin et qui sont pourtant décrits comme posant un réel problème (I. Auby, IFREMER Arcachon, comm. pers.). D'origines très diverses (Barcelo, 1991) (agriculture, sylviculture, urbanisme et industrie, entretien des routes et des espaces verts, démoustication et lutte anti-termite, nautisme), les pesticides sont introduits de façon directe ou indirecte dans le Bassin et leur détermination pourrait permettre de mieux cibler les usages à risque.

Les pesticides sont des produits obtenus le plus souvent par synthèse chimique et dont les propriétés toxiques permettent de lutter contre les organismes nuisibles. On distingue d'une part les produits phytopharmaceutiques utilisés pour la protection des végétaux, et d'autre part les biocides employés pour divers autres usages (usages techniques de traitement de bois et fondations dans le secteur du bâtiment, traitement de nettoyage des toitures, traitement nautique des coques de bateaux etc...). Les principales familles chimiques de pesticides (acides phénoxyalcanoïques, urées substituées, triazines et sulfonylurées, benzimidazoles, imidazoles et triazoles, organo-chlorés, organo-phosphorés, carbamates et pyréthrinoides) se répartissent en trois grandes familles selon les organismes-cibles visés : les herbicides, les insecticides et les fongicides. D'autres pesticides sont destinés à supprimer des cibles très spécifiques (acaricides, mollusquicides, nématocides, ...).

Les pesticides sont a priori dangereux de par leur vocation même (produits biocides). Bien qu'homologués et qu'utilisés a priori contre des organismes cibles particuliers, ils sont susceptibles d'exercer une activité toxique vis-à-vis d'autres organismes non-cibles, notamment les espèces aquatiques relativement sensibles. La sélectivité des pesticides est souvent très limitée de par la présence des cibles biochimiques qu'ils visent chez la plupart des organismes vivants. C'est le cas des insecticides organophosphorés et carbamates dont l'activité repose sur leur capacité à inhiber le fonctionnement des acétylcholinestérases, des enzymes essentielles pour la transmission de l'influx nerveux (Lagadic et al., 1997), ou de l'atrazine, herbicide dont la toxicité repose sur l'inhibition du transfert d'électrons impliqué dans l'activité de photosynthèse (photosystème II). Certaines substances présentent une toxicité élevée pour les poissons et les invertébrés, plus particulièrement les pyréthrinoides et le fipronil avec des PNEC aussi faibles que 1 ng/L (AGRITOX, 1998). Les différentes formes d'expression de la toxicité d'une matière active sont en fait relativement variables et de nombreux effets ont été observés chez différentes espèces aquatiques : effets sur le comportement (Saglio et al., 1996) et sur certaines activités enzymatiques impliquées dans la métabolisation des xénobiotiques (Narbonne ou Michel ?), effets neurotoxiques, mutagènes et cancérogènes (Livingstone et al., 2000), et surtout reprotoxiques (bon nombre d'entre eux ont été identifiés comme des perturbateurs endocriniens) (Monod et al., 1993, Colborn et al., 1996), ... La caractérisation des effets des pesticides in situ est rendue extrêmement difficile par de nombreux facteurs, comme la très grande diversité des substances actives, le caractère diffus et multi-espèces de la pollution par les pesticides, la difficultés d'identifier les sources d'apports, ainsi que l'influence d'autres facteurs de perturbations d'origine anthropiques. De plus, l'évolution actuelle des substances actives amène sur le marché des pesticides de plus en plus efficaces à des doses de plus en plus faibles, ce qui rend leur détection dans les eaux de plus en plus difficile. La Directive Cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/CE) met l'accent sur un niveau élevé de protection des milieux aquatiques contre les substances dangereuses et une liste de 33 substances prioritaires a été établie par la Commission européenne, dont une dizaine de pesticides.

En fonction des conditions d'utilisation des pesticides et du contexte hydrogéologique et selon les caractéristiques physico-chimiques des pesticides et du milieu, ces substances actives sont susceptibles de se retrouver dans tous les compartiments environnementaux (eau, air, sol, sédiments, ...) (Ifen, 2004). Le transfert des pesticides vers les eaux a lieu soit directement (nautisme et rejets directs), soit indirectement par évaporation dans l'atmosphère puis par les précipitations, ou par ruissellement ou lessivage en provenance des zones agricoles ou non-agricoles traitées. Notons par ailleurs qu'il a été observé que les taux de transfert des pesticides vers les eaux de surface sont bien plus forts pour les utilisations non agricoles que pour les usages agricoles (Boulet, 2005).

Le Bassin d'Arcachon est un milieu semi-fermé, et donc particulièrement vulnérable aux pollutions, où des apports de contaminants aussi faibles soient-ils, peuvent avoir de lourdes conséquences au point de vue écologique et économique (enjeux conchylicoles et tourisme).

L'utilisation de pesticides autour du Bassin présente donc un risque potentiel important. Les molécules peuvent être transférées au Bassin par le biais de trois sources d'apports contribuant à l'alimentation en eau, les eaux superficielles (79%), l'atmosphère (13%) et les eaux souterraines (8%) (Ifremer, 1997). Les principales pratiques génératrices d'utilisation de pesticides sur le bassin versant du Bassin d'Arcachon sont la navigation (dans le Bassin), la gestion des espaces verts et de la voirie communale, l'entretien des jardins particuliers et des terrains de golf, la démoustication et lutte anti-termite (pourtour du Bassin) et l'agriculture et la gestion de la forêt et des voies de communication (bassin versant du Bassin) (Lauhlère, 2006).

Actuellement, les seules données disponibles concernant les niveaux de pesticides rencontrés dans le Bassin d'Arcachon sont celles obtenues annuellement depuis 1979 par le Réseau National d'Observation de l'Ifremer (RNO) dans les huîtres (lindane, DDT et ses métabolites) ou par des études ponctuelles, portant sur la reproduction de l'huître (une cinquantaine de pesticides recherchés ; Auby et Maurer, 2004), sur la contamination éventuelle des eaux du Bassin par les principales molécules utilisées pour les traitements anti-termites (cinq pesticides recherchés ; I. Auby, IFREMER Arcachon, comm. pers.) et sur les teneurs enregistrées dans les eaux et dans différents bivalves (DDT et métabolites ; Thompson et al., 1999).

2.3.2. Nature des opérations

Grâce à la collaboration entre l'IFREMER (station d'Arcachon), le CEMAGREF (U. R. REQE) et le Laboratoire de Physico- et Toxicochimie (LPTC - Université Bordeaux 1), le continuum eau douce/bassin sera étudié dans sa globalité. Les travaux concerneront l'ensemble des compartiments environnementaux (colonne d'eau, sédiments et huître). Les objectifs généraux de cette action sont d'identifier et de quantifier les pesticides présents dans les eaux du Bassin d'Arcachon, d'en identifier les sources, d'étudier leur dynamique dans cet hydro-système et leur transfert vers l'huître. Les POCIS seront également étudiés et mis en œuvre afin de tester et valider leur intérêt pour mieux représenter l'exposition intégrée *in situ* ainsi que comme outil d'appui futur à la surveillance de routine de la qualité des milieux aquatiques, sur le plan de la contamination de la colonne d'eau tant en eau douce qu'en milieu marin. Ils permettront de plus l'échantillonnage des pesticides polaires ($\log K_{ow} < 3$). En effet, certains herbicides, ainsi que leurs produits de dégradation (métabolites), sont particulièrement hydrophiles, ce qui rend leur isolement délicat par les techniques d'extraction classiques (solvants organiques ou extraction sur phase solide du type C_{18}).

En plus des sites suivis à l'intérieur du Bassin, la mise en commun de campagnes d'échantillonnage en ce qui concerne les différents tributaires du Bassin (plus particulièrement l'ensemble bassin versant de la Leyre et milieux associés et le bassin versant des lacs médocains) devrait permettre, par le biais d'une approche intégrée, de quantifier la part de pesticides provenant des tributaires et d'en qualifier les origines.

La sélection des substances qui seront recherchées sera réalisée à partir d'une enquête d'usage et de consommation menée sur le Bassin d'Arcachon (et son bassin versant) en 2006 par l'Agence de l'Eau Adour Garonne (Lauhlère, 2006). Leur détermination pourrait permettre de cibler les usages à risque. Une attention particulière sera portée aux biocides contenus dans les peintures antisalissures (antifouling) de façon à quantifier la pollution potentiellement générée par le nautisme. De même, un certain nombre de métabolites seront également recherchés afin de documenter le devenir de ces substances dans les eaux du Bassin.

La détermination des pesticides sera réalisée par GC-MS (ou MS/MS) et LC-MS (ou MS/MS), par le LPTC dans les différents compartiments environnementaux du Bassin (eaux marines, sédiments et biota) et par le CEMAGREF dans les eaux douces des différents tributaires.

Ce travail exploratoire sur les pesticides fédéré en inter-équipes posera les bases d'un réseau « pesticides » sur le Bassin d'Arcachon qui pourrait être implanté par la suite et piloté par IFREMER pour un meilleur suivi de la qualité des eaux du Bassin.

3. Etude des éléments biogènes (Resp. P. Anschutz)

3.1. Problématique

Pour les populations vivant en zone côtière, il apparaît capital d'évaluer et contrôler les impacts des activités humaines sur le littoral. La fertilisation agricole et les rejets urbains en éléments biogènes font partie des impacts anthropiques majeurs ayant une conséquence directe sur les équilibres biologiques et biogéochimiques. Des fertilisations excessives, notamment en azote et phosphore, conduisent à une eutrophisation du milieu. L'eutrophisation se traduit par un enrichissement de la production primaire principalement sous la forme de bloom de macroalgues. Le dopage est en effet sélectif et profite surtout aux espèces les plus opportunistes. Dans ces conditions, l'eutrophisation représente une menace pour la biodiversité des écosystèmes naturels et représente un dysfonctionnement majeur d'un écosystème.

L'eutrophisation du Bassin d'Arcachon est modérée mais réelle. Elle s'observe depuis le début des années 1980 par des blooms, parfois très intenses, de macroalgues. C'est à cette date que sont recensés les premiers cas de prolifération de l'algue filamenteuse *Enteromorpha clathrata*, prolifération limitée à la saison printanière. A partir de 1988, l'espèce *Monostroma obscurum* apparaît et prolifère du printemps à l'automne.

Une étude de l'IFREMER (Auby et al., 1994) attribuait deux origines à cette eutrophisation : d'une part l'augmentation des apports de nitrates en lien avec le développement de l'agriculture intensive sur le continent ; d'autre part, la présence d'algues à fort potentiel de croissance (affinité pour les nutriments, productivité élevée) adaptées à une eutrophisation azotée. Le rapport N/P actuel dans la lagune est entre 50 et 100. On comprend ainsi que le Bassin d'Arcachon soit un milieu très menacé par l'eutrophisation, même dans le cas d'une fertilisation raisonnable.

Les mécanismes de transfert des nutriments vers le Bassin d'Arcachon sont variés. D'une manière générale, ils ont soit une origine autochtone, soit une origine allochtone. L'origine autochtone des nutriments représente le recyclage de la matière organique par les populations bactériennes principalement. Le recyclage est particulièrement important dans les zones anoxiques comme le sédiment du Bassin d'Arcachon. Pour l'azote, il s'agit des processus de minéralisation de l'azote organique et de nitrification. Pour le phosphore, il s'agit surtout de phénomènes de dissolution du phosphore particulaire qui se produisent dans le sédiment réduit. Ces flux ne sont toutefois pas quantifiés dans le Bassin d'Arcachon.

L'origine allochtone représente l'importation des nutriments. Il s'agit des apports par fixation de l'azote atmosphérique, les apports par les retombées atmosphériques, les apports directs par la nappe, et les apports par les cours d'eau. La fixation apporte annuellement 28 à 77 tonnes d'azote au Bassin d'Arcachon (Welsh et al., 1996). Le travail de thèse de P. Rimmelin (1998) avait permis une estimation de la contribution des trois types d'apports allochtone et continental dans le Bassin d'Arcachon.

Les retombées atmosphériques représentent 9 % (80 tonnes/an) des flux annuels d'azote inorganique dissous (NID) avec des concentrations moyennes de 26,2 $\mu\text{mol/L}$ de NO_3^- et 17,8 $\mu\text{mol/L}$ de NH_4^+ à Biganos et une variabilité importante selon l'origine des vents (Rimmelin, 1998) et 2,7 $\mu\text{mol/L}$ de phosphore inorganique dissous (PID). Les concentrations en composés organiques sont estimées à 67,9 $\mu\text{mol/L}$ de N et 8,4 $\mu\text{mol/L}$ de P (Auby et al., 1994).

Les apports directs par la nappe ont été estimés à 1 % (7 tonnes/an) des flux annuels de NID avec une concentration moyenne à l'exutoire de 33 $\mu\text{mol/L}$ (Rimmelin, 1998). Les travaux en cours (thèse de J. Deborde) montrent que ces apports peuvent être localement beaucoup plus importants. L'ion nitrate est la forme très majoritaire d'azote en raison du fort pouvoir nitrifiant du sol des Landes. Enfin, les apports par les cours d'eaux représentent 90 % (783 tonnes/an) des flux d'azote selon Rimmelin et al. (1998).

La Leyre est le principal pourvoyeur d'azote minéral pour le Bassin d'Arcachon avec 88 % des flux de NID. Mais chaque bassin versant possède ainsi une signature en fonctions des activités développées. La quantification de ces flux a évolué avec le temps depuis les estimations de Rimmelin (1998) et Auby (1994). La mise en évidence de cette évolution est le sujet de la thèse de Mathieu Canton

à l'Université Bordeaux 1. Cette thèse fait l'objet d'un financement par la Région Aquitaine, en réponse à l'appel d'offre de l'an passé.

Le problème récent de la filière ostréicole pose clairement la question sur l'état écologique du Bassin d'Arcachon. La dynamique des éléments biogènes s'inscrit pleinement dans ce questionnement. C'est pour cela qu'à l'identification et la quantification des sources de nutriments vers le Bassin, nous allons aussi orienter la thèse de Mathieu Canton sur le devenir des sels nutritifs dans le bassin, et en particulier aux embouchures des rivières.

3.2. Nature des Opérations

Le travail en cours passe par un échantillonnage régulier (15 jours) de 12 ruisseaux, plus l'Eyre. Nous analysons les paramètres suivants dans l'eau : température, pH, oxygène, nitrate, nitrite, ammonium, azote organique dissous, phosphate, phosphore organique dissous, silice dissoute. De plus, des échantillonnages à pas de temps serrés se font au cours de crues afin de déterminer la dynamique des transferts nappe-eaux de ruissellement. Des puits seront aussi échantillonnés. L'échantillonnage sera aussi mis à profit pour caractériser les sources continentales des HAP vers le bassin. Des prélèvements d'eau se feront aussi le long des gradients de salinité entre l'embouchure de rivières « contaminées » et le bassin afin de prendre en compte les sources et les puits de N et P au passage eau douce- eau salée. Une première approche faite sur l'embouchure de Renet, à Cassy, montre qu'à marée basse les sédiments de « l'estuaire » sont une source d'ammonium et de phosphore supplémentaire qui s'ajoute au nitrate de la rivière. Nous ferons des carottages et des extractions d'eaux interstitielles pour en déterminer les mécanismes.

Cette action est associée au volet de l'observation des paramètres physico-chimiques du bassin, en particulier le travail sur les échanges de carbone de l'écosystème avec l'atmosphère (G. Abril, UMR EPOC). Toutes ces mesures permettront de quantifier et comparer la production primaire et la respiration des différents compartiments biologiques benthiques et pélagiques du bassin d'Arcachon ainsi que les couplages entre ces compartiments. Elles permettront d'identifier les fonctionnalités de l'écosystème vis-à-vis du carbone, des sels nutritifs et de tous les éléments intégrés dans les cycles biogéochimiques, parmi lesquels les contaminants métalliques et organiques. Elles serviront aussi de base à l'interprétation des signes d'eutrophisation dans le bassin d'Arcachon.

4. Etude des apports microbiologiques (Resp. F. Jude)

4.1. Problématique

Les sources de pollution microbienne sont nombreuses mais souvent ponctuelles. De manière générale, les microbes proviennent i) des rejets urbains issus de l'épuration domestique et industrielle ; lorsque certaines stations d'épuration négligent de traiter les germes ; lorsqu'il n'y a pas d'assainissement, que les réseaux sont défectueux, ou lorsque la capacité d'assainissement est dépassée, en période estivale notamment ; ii) des effluents agricoles (Menesguen, 1991 ; Legeas, 1992). En effet, les bactéries présentes dans les excréments animaux survivent dans le lisier et, après épandage, l'action conjuguée du ruissellement et de l'érosion leur fait tout naturellement suivre les cours d'eau ; iii) des eaux de ruissellement qui drainent les pollutions fécales animales "sauvages" d'origine terrestre. Les autres sources plus secondaires de contamination sont les matières fécales des animaux (Clinkspoor, 2005 ; Larre, 2006 ; Chantier PNEC Littoral Atlantique 2005-2006), les baigneurs infectés et la pollution attribuable aux occupants de bateaux.

Au cours des dernières décennies, le traitement des rejets urbains s'est amélioré notablement, tandis que la pollution bactérienne d'origine agricole n'a cessé de s'aggraver. La contamination bactérienne des eaux atteint généralement des pics après des périodes de pluviosité intense – après les orages d'été ou le lessivage hivernal – ou d'épandage intense – du début de l'automne à la fin de l'hiver. Cette pollution microbiologique présente un risque de dissémination de germes pathogènes pour l'homme, susceptibles d'entraîner des maladies telles que conjonctivites, rhinopharyngites, otites, sinusites, maladies cutanées ou digestives (type diarrhées). Toutefois, il n'est pas possible de rechercher de manière exhaustive tous les germes pathogènes présents, généralement en faible voire très faible

quantité, d'autant plus que certains sont très difficiles à détecter (Dérolez, 2001). C'est pourquoi la surveillance porte sur des organismes indicateurs de contamination fécale (coliformes, entérocoques) qui peuvent être présents en nombre important. Parmi les coliformes, *Escherichia coli* est l'indicateur le plus spécifique des contaminations fécales, mais sa fiabilité est contestée, essentiellement en tant qu'indicateur de contaminations virales.

Les normes de qualité microbiologique des eaux de surface ont été modifiées en mars 2006 (Directive Européenne 2006/7/CE, non encore transposée en droit français). Jusqu'alors, la norme de qualité des eaux de baignade (76/160/CEE du 8/12/1975) était basée sur le dénombrement des coliformes totaux (CT), des coliformes fécaux (CF) et des Streptocoques fécaux (voir Tableau). Dorénavant, elle utilisera au sein de ces indicateurs, des témoins plus précis que sont *Escherichia coli* (EC) et les entérocoques intestinaux (EI) (voir Tableau). Ces indicateurs fournissent "*la meilleure correspondance possible entre la pollution fécale et les effets sur la santé dans les eaux de plaisance. Le choix des valeurs et des paramètres microbiologiques a été basé sur les preuves scientifiques disponibles fournies par des études épidémiologiques*"²⁵ (proposition de Directive du Parlement Européen et du Conseil concernant la qualité des eaux de baignade 2002/0254 (COD) ; ²⁵ : *Institute of General and Environmental Hygiene University of Tübingen* (DE) (2000, 2001), Organisation mondiale de la santé (Farnham Report) (2001), Institut de veille sanitaire (F) (2001), *National Institute of Public Health and the Environment* (NL) (1997)).

Directive 76/160/CEE	Norme guide ^a / Excellente qualité	Norme impérative ^b / Bonne qualité	Méthodes d'analyse
coliformes totaux	500 / 100 ml	10 000 / 100 ml	
coliformes fécaux	100 / 100 ml	2 000 / 100 ml	
streptocoques fécaux	100 / 100 ml	-	
Directive 2006/7/CE			
<i>Escherichia coli</i>	250 / 100 ml	500 / 100 ml	ISO 9308-3
entérocoques intestinaux	100 / 100 ml	200 / 100 ml	ISO 7899-1

^a qu'il faut s'efforcer de respecter, ^b à ne jamais dépasser

Les points de contrôle sont choisis dans des zones aménagées et, plus généralement, dans tous les lieux habituellement fréquentés et non interdits à la baignade ou ceux destinés à des loisirs susceptibles de mettre les individus en contact important avec l'eau. Ces lieux sont inspectés généralement 2 fois par mois pendant la saison balnéaire, mais la fréquence des prélèvements peut être réduite lorsque les résultats sont conformes aux normes sur plusieurs saisons. Les D.D.A.S.S. (Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales) effectuent cette surveillance sous l'autorité du Ministère de la Santé qui agréé les laboratoires chargés des analyses des échantillons prélevés selon des méthodes harmonisées soumises à un contrôle de qualité.

Pour le Bassin d'Arcachon, le contrôle de la qualité des eaux de baignade est organisé par le SIBA (Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon) pour le compte de la D.D.A.S.S. de la Gironde. Chaque été depuis 1977, avec une fréquence hebdomadaire, 27 sites répartis dans la zone Bassin d'Arcachon sont surveillés ; l'analyse des échantillons étant confiés à l'IEEB (Institut Européen de l'Environnement de Bordeaux) selon les méthodes normalisées (cf Tableau 1). Ces sites ont été choisis en fonction de leur proximité des affluents se déversant dans le bassin (type Leyre) ou de zones connues de ruissellement urbain. Ce suivi a permis de classer les plages du bassin en catégorie A, ce qui signifie que les apports microbiologiques d'origine anthropique (en particulier lors des épisodes pluvieux estivaux) ne semblent pas dégrader le milieu (résultats communiqués par Mr Capdeville, responsable du Service Intercommunal d'Hygiène et de Santé du SIBA).

De plus, les eaux usées domestiques de l'ensemble du bassin sont collectées après leur traitement et rejetées à l'extérieur du bassin (au sud) grâce au wharf de la Salie. En 1997, la Station Ifremer d'Arcachon a réalisé une étude de modélisation de la dispersion des effluents rejetés au wharf de la Salie. L'objectif général de cette étude était *"de simuler la dispersion du panache de l'effluent de la Salie et de certains de ses composants sous diverses conditions de vent et de marée, afin d'obtenir les concentrations de ces composants de l'effluent dans le champ proche et le champ lointain"* (Maurer, 1997). La conclusion de ce rapport indique que *"les bactéries (coliformes fécaux cultivables) issues du rejet ne pénètrent jamais dans le Bassin, quelles que soient les conditions de vent ou de marée envisagées. Dans certaines conditions, on observe cependant une contamination du Banc d'Arguin par les bactéries de l'effluent (coefficient 95, sans vent, éclaircissement hivernal), mais elle est d'une très faible ampleur (concentration maximale de 2 coliformes cultivables / 100ml). Toutefois, cette apparente absence d'impact du rejet par les microorganismes sur l'embouchure du Bassin doit être modulée en prenant en compte les réserves énoncées dans le chapitre 1.2. (T90 des bactéries cultivables plus court que celui des bactéries viables et surtout que celui des virus)."*

Ces conclusions ont été confirmées par les résultats obtenus par la modélisation réalisée à la demande du SIBA par la SOGREAH. Par ailleurs, la zone de rejet du wharf de la Salie fait l'objet d'analyses microbiologiques systématiques afin de mesurer l'éventuel impact de ce rejet sur le milieu (communications de P. Capdeville, SIBA).

A partir d'avril 2007, les eaux usées domestiques seront traitées dans une nouvelle station d'épuration en cours d'achèvement dans laquelle sera incorporée un traitement final UV qui devrait théoriquement réduire la charge bactérienne de 10^6 EC / 100 ml à 10^3 EC / 100 ml.

Afin, entre autre de contrôler ce nouveau dispositif, le SIBA a commandé à la SOGREAH une remise à jour de leur modèle de dispersion des effluents rejetés par le wharf, ainsi que la prise en compte des apports de la Leyre et de l'impact que pourrait avoir un éventuel accident dans le réseau de collecte des eaux usées domestiques (communication de P. Capdeville).

Parallèlement, depuis 1989, la station Ifremer d'Arcachon gère le Réseau de contrôle microbiologique (REMI) dont les objectifs sont le classement et le suivi microbiologiques des zones de production conchylicole. Du fait de la présence très irrégulière et de la multitude des microorganismes pathogènes (bactéries, virus, protozoaires) dans les eaux littorales, et de l'absence de technique de routine pour la recherche de virus et de la fixation de normes virologiques, le contrôle sanitaire se fonde sur le dénombrement des bactéries *Escherichia coli* (EC) dans certains bivalves (huîtres, moules, palourdes, ou coques) sur 20 points situés dans la zone Bassin d'Arcachon (rapport Ifremer, 2006).

En effet, la quasi-totalité des microorganismes pathogènes identifiés dans les eaux littorales sont de provenance fécale, humaine ou animale, et sont, en permanence, accompagnés d'*E. coli* en grande abondance, et spécifiques des matières fécales (communiqués Ifremer, 2006). Les données recueillies le sont dans le cadre de la surveillance régulière (mensuelle) et en cas d'alerte déclenchée lors de dépassement des seuils de contamination définis par le classement de la zone, ou à titre préventif lors d'événements climatiques particuliers (orages, fortes pluies) ou par information d'un tiers (dysfonctionnement d'une station d'épuration).

Les critères microbiologiques pour le classement des zones de production conchylicole sont les suivants (décret du 28/4/1994 et arrêté du 21/05/1999) :

EC / 100g de chair et de liquide intervalvaire (CLI)	Zones	Exploitation	
		élevage	pêche professionnelle gisement naturel
au moins 90% des résultats < 230 EC aucun > 1000 EC	A	autorisé (consommation directe)	

au moins 90% des résultats < 4600 EC aucun > 46000 EC	B	autorisé (reparcage en zone A ou purification)	
au moins 90% des résultats < 46000 EC	C	interdit (sauf dérogation préfectorale)	autorisée (reparcage de longue durée – 2 mois minimum) purification indirecte
non A, non B, non C	D	interdit	

Le rapport Ifremer 2006 conclut que *"globalement, en 2005, la contamination bactérienne mesurée dans les coquillages du Bassin d'Arcachon est satisfaisante. Néanmoins, quelques pics de contamination sont détectés sur les points de prélèvement proches des estrans, en particulier dans les zones de la côte nord ouest du Bassin d'Arcachon, durant les mois d'été (juin à octobre)."*

Les zones de production conchylicole sur le Bassin d'Arcachon sont donc classées en A ou B (près de la côte nord ouest). Or, les organismes filtreurs contrôlés dans le cadre du réseau REMI peuvent être considérés comme des "témoins sentinelles" d'une éventuelle pollution bactériologique, puisqu'ils concentrent les microorganismes présents dans la colonne d'eau.

4.2. Nature des opérations

Au vu de l'ensemble de ces données, certes partielles et probablement incomplètes, le Bassin d'Arcachon semble être un environnement préservé et peu, voire très faiblement, impacté par une pollution microbiologique d'origine anthropique. Il ne semble donc pas nécessaire de mettre en place un autre suivi de contamination bactériologique d'origine anthropique qui pourrait entraîner des doublons inutiles : les réseaux de mesure existants (27 points de contrôle D.D.A.S.S. et 20 points du réseau REMI) semblant largement suffisants.

Toutefois, ces 2 réseaux de surveillance étant déconnectés l'un de l'autre, il pourrait être intéressant de collecter l'ensemble des données de suivi microbiologique (suivis D.D.A.S.S., suivis REMI et résultats d'autres études ou suivis ponctuels) afin d'établir une banque de données la plus exhaustive possible. L'analyse de cette banque de données pourrait permettre de documenter un état des lieux du système ("point zéro") et de mettre en évidence d'éventuelles zones et périodes à risque dans le Bassin afin de comprendre le déterminisme d'une éventuelle pollution microbiologique et/ou d'anticiper sur une dégradation du système.

Si à l'issue du recueil et de l'analyse des données existantes, il s'avérait intéressant de documenter d'autres points du Bassin ou d'affiner "l'état microbiologique" de certaines zones jugées plus sensibles.

Pour conclure, si ce travail d'analyse et de validation des données devait conduire à la mise en évidence de zones et/ou périodes à risque caractéristiques, il pourrait être envisagé dans une seconde étape de proposer un projet multidisciplinaire regroupant hydrogéologues, modélisateurs, microbiologistes spécialistes des virus, des protozoaires, afin de mieux comprendre le déterminisme des pollutions.

5. Laboratoires participant

(Liste complète du personnel impliqué dans les documents complémentaires)

Les participants à ce volet du programme sont issus de différents laboratoires :

- 1. Laboratoire de Physico et Toxico-Chimie des systèmes naturels (LPTC/ISM)
- 2. Chimie Analytique Bioinorganique et Environnement / IPREM
- 3. Ultra Trace Analyse Aquitaine
- 4. Environnements et Paléoenvironnements Océaniques (EPOC)
- 5. Cemagref, U.R. REQE (Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux)

La répartition des tâches est la suivante :

Approche multi-résidus : laboratoires 1, 2, 3, 4

Développement d'une méthode "Toxicity Identification Evaluation (TIE) : laboratoires 1, 2, 3
 Etude des pesticides et mise en relation de la contamination du compartiment hydrobiologique et de l'huître : laboratoires 1, 2, 3, 5
 Etude des éléments biogènes : laboratoire 4
 Etude des apports microbiologique : laboratoire 4

6. Calendrier et livrables

L'ensemble sera réalisé en impliquant des compétences complémentaires en chimie, microbiologie et écotoxicologie issus de différents laboratoires : UMR ISM/LPTC, UMR EPOC, UMR IPREM/LCABIE, CEMAGREF / UR REQUE.

Actions à mener	Coordination	Année 1		Année 2	
		Objectifs	Délivrables	Objectifs	Délivrables
Approche multi-résidus et impact toxique	H. Budzinski/M. Baudrimont	Campagnes et traitement des échantillons Développement des POCIS et SBSE	- Communication orale (Conseil Régional) - Rapport sur les POCIS et SBSE : étude de faisabilité - Publication scientifique	Campagnes et traitement des échantillons Application des POCIS et SBSE	- Communication orale et rapport (Conseil Régional) - Publication scientifique
Etude des pesticides	H. Budzinski / F. Delmas	Campagnes et traitement des échantillons Développement des POCIS et SBSE	- Communication orale (Conseil Régional) - Rapport sur les POCIS et SBSE : étude de faisabilité - Publication scientifique	Campagnes et traitement des échantillons Application des POCIS et SBSE	- Communication orale et rapport (Conseil Régional) - Publication scientifique
Approche TIE	H. Budzinski	Développement de l'approche TIE	- Communication orale (Conseil Régional) - Publication scientifique	Application de l'approche TIE	- Communication orale et rapport (Conseil Régional) - Publication scientifique
Etude des éléments biogènes	P. Anschutz	Campagnes et traitement des échantillons	- Communication orale (Conseil Régional)	Campagnes et traitement des échantillons	Communication orale et rapport (Conseil Régional) Publications scientifiques
Etude des apports microbiologiques	F. Jude	Bilan des données existantes	- Communication orale et rapport sur le bilan des données (Conseil Régional)	Mise en place des mesures complémentaires nécessaires identifiées suite à la première année	- Communication orale et rapport (Conseil Régional)

7. Moyens demandés et justification

(Le détail du financement demandé ainsi que la justification sont donnés dans les documents complémentaires)

Les différents laboratoires participant à ce projet se proposent de mettre en commun leur savoir-faire (acquis sur d'autres hydro-systèmes comme l'estuaire de la Gironde, de la Seine ou encore la mer du Nord, la mer Baltique, la mer Méditerranée) ainsi que leur équipement analytique au service d'une meilleure compréhension de la contamination chimique du Bassin d'Arcachon, de sa dynamique, de son transfert vers les organismes et de son potentiel impact toxique.

L'équipement demandé dans le cadre de ce volet est dédié aux étapes d'échantillonnage et de préparation de l'échantillon. Les différents laboratoires participant à ce projet ont été équipés dans le passé de moyens analytiques mi-lourds essentiellement basés sur la spectrométrie de masse (LC/MS/MS, GC/MS/MS, ICP/MS) en grande partie via des projets de la Région Aquitaine, leur permettant d'être au niveau de leur compétiteurs internationaux dans le domaine de l'analyse des contaminants organiques et inorganiques à l'état de traces ou d'ultra-traces. L'équipement demandé dans cet appel d'offre est complémentaire de celui déjà acquis et devrait permettre enfin de couvrir toute la chaîne de l'analyse du prélèvement/stockage des échantillons (centrifugeuse de terrain, moteur de bateau, congélateurs), en passant par l'extraction (extracteur ASE et SBSE) pour aller jusqu'à la purification (HPLC).

La SBSE, technique d'extraction entièrement automatisée, permet un enrichissement en contaminants organiques des échantillons d'eaux, et par là même, facilite la détection de composés présents dans l'eau à des concentrations inférieures aux seuils de détection des techniques analytiques classiques. Elle permet également d'éviter les prélèvements d'eau et les risques d'altération des échantillons avant analyse. De plus, l'automatisation permet d'envisager des séries temporelles d'extraction et/ou des déclenchements sur alarme. Le LPTC souhaite s'équiper de cette technique, développer son utilisation *in situ* et, à terme, l'appliquer à la surveillance des contaminants organiques dans le Bassin d'Arcachon.

L'extracteur ASE est une technique très efficace pour l'extraction des contaminants présents dans les matrices solides et est essentielle pour compléter l'équipement du CEMAGREF dans le domaine de la préparation de l'échantillon

Pour atteindre les objectifs de l'approche TIE appliquée au milieu naturel, il apparaît indispensable d'automatiser autant que se peut la procédure de fractionnement de l'échantillon, compte tenu du très grand nombre de sous-échantillons qui peuvent être obtenus, afin de diminuer le plus possible le nombre de composés par fractions et de permettre *in fine* l'identification moléculaire des contaminants dans les fractions présentant une toxicité. Seule l'automatisation de cette procédure peut garantir l'applicabilité de cette démarche dans les études de surveillance environnementales. C'est donc dans cet objectif que le laboratoire souhaite s'équiper d'un appareillage HPLC équipé d'un collecteur de fractions automatique.

Les demandes concernant le spectrophotomètre, la centrifugeuse réfrigérée et la caméra numérique visent à doter les différents laboratoires (EPOC et LPTC) de moyens plus modernes et adaptés aux petites volumes tant pour l'analyse des sels nutritifs que pour la mise en oeuvre du test des comètes.

Il apparaît également crucial d'obtenir le financement d'un post-doctorat pour permettre la réalisation de ces démarches, notamment en ce qui concerne l'approche TIE couplée au développement des POCIS. En effet, seule une personne « pivot » travaillant avec toutes les équipes pour mutualiser l'effort d'échantillonnage permettra de garantir le succès de cette approche intégrée. De formation chimiste avec des notions de biologie (pour appréhender la démarche TIE), la personne recrutée sera chargée de mettre en œuvre le projet, d'organiser les campagnes d'échantillonnage en interaction avec les différents partenaires, de développer l'échantillonnage via les POCIS, de mettre en place le suivi pesticide et de réaliser les nombreuses procédures chimiques de préparation des échantillons nécessaires à la réalisation de l'approche TIE.

Enfin le domaine de l'analyse chimique des contaminants organiques et inorganiques ainsi que le domaine de l'analyse de leur impact toxique (écotoxicologie) sont consommateurs de petits consommables, de produits et réactifs chimiques et biochimiques onéreux qui justifient le montant demandé en fonctionnement.

Références bibliographiques

- AGRITOX. (1998) Base de données de l'INRA sur la toxicité des pesticides, <http://www.inra.fr/agritox>, consultée en septembre 2006.
- Alvarez D.A., Petty J.D., Huckins J.N., Jones-Lepp T.L., Getting D.T., Goddard J.P., Manahan S.E. (2004) Development of a passive, in situ, integrative sampler for hydrophilic organic contaminants in aquatic environments. *Environ. Toxicol. Chem.*, 23, 1640-1648.
- Alvarez D.A., Stackelberg P.E., Petty J.D., Huckins J.N., Furlong E.T., Zaugg S.D., Meyer M.T. (2005) Comparison of a novel passive sampler to standard water-column sampling for organic contaminants associated with wastewater effluents entering a New Jersey stream. *Chemosphere*, 61, 5, 610-622.
- Amiard, J. C., Amiard-Triquet, C., Barka, S., Pellerin, J., Rainbow, P. S. (2006) Metallothioneins in aquatic invertebrates: their role in metal detoxification and their use as biomarkers. *Aquatic Toxicology* 76, 160-202
- Auby I., Maurer D. (2004) Etude de la reproduction de l'huître creuse dans le bassin d'Arcachon, (IFREMER, Direction Environnement Littoral, laboratoire côtier d'Arcachon), octobre 2004, 203 p. + annexes.
- Auby I., Maurer F., Trut G. (1994) Etude de la prolifération des algues vertes dans le Bassin d'Arcachon. Rapport IFREMER.
- Bagchi D, Joshi SS, Bagchi M, Balmoori J, Benner EJ, Kuszynski CA, Stohs SJ. (2000) Cadmium- and chromium-induced oxidative stress, DNA damage, and apoptotic cell death in cultured human chronic myelogenous leukemic K562 cells,

- promyelocytic leukemic HL-60 cells, and normal human peripheral blood mononuclear cells. *J. Biochem. Mol. Toxicol.*, 14, 33-41.
- Balaguer, P.B., Térouane, et al., (2001) Méthodes de détection de substances chimiques interférant avec les réponses endocrines : application à l'environnement. *Revue française des laboratoires*, 336, 47-52.
- Baltussen E., Cramers C.A., Sandra P.J.F. (2002) Sorptive sample preparation - A review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 373, 1-2, 3-22.
- Barceló D. (1991) Occurrence, handling and chromatographic determination of pesticides in the aquatic environment. A review. *Analyst*, 116, 7, 681-689.
- Baudrimont M., de Montaudouin X., Palvadeau A. (2006) Impact of digenean parasites infection on metallothionein synthesis by the cockle (*Cerastoderma edule*): a multivariate field monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 494-502.
- Baudrimont M, Marie V, Boudou A, Roques-Duflo V, Bouillard H, Etcheverria B. (2002) Etude cinétique de la contamination métallique de l'huître creuse *Crassostrea gigas*, à partir de populations transplantées dans l'estuaire de la Gironde (site de La Fosse) et dans le Bassin d'Arcachon. Thème 5 : Approche intégrée de la contamination des réseaux trophiques de l'estuaire de la Gironde. Programme LITEAU. Gironde : Rôle de la dynamique des masses d'eau et des sédiments fins dans les transferts chimiques et biologiques dans l'estuaire. Rapport scientifique final, p. 185-200.
- Baudrimont M., Andrès S., Metivaud J., Lapaquellerie Y., Ribeyre F., Maillet N., Latouche C., Boudou A. (1999) Field transplantation of the freshwater bivalve *Corbicula fluminea* along a polymetallic contamination gradient (river Lot, France): II. Metallothionein response to metal exposure. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18, 2472-2477.
- Baudrimont M., Lemaire-Gony S., Ribeyre F., Métivaud J., Boudou, A. (1997) Seasonal variations of metallothionein concentrations in the asiatic clam (*Corbicula fluminea*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 118C, 361-367
- Baumard P., Budzinski H., Garrigues P. (1998) PAHs in the Arcachon Bay: origin and biomonitoring with caged organisms. *Mar. Poll. Bull.*, 36, 577-586.
- Boulet A. (2005) Lutte contre la pollution des eaux par les pesticides utilisés en zones non agricoles : analyse et synthèse des actions engagées et recommandations, Paris : Institut National Agronomique de Paris-Grignon, septembre 2005, 54 p. + annexes.
- Cachot J., Couteau J., Frébourg T., Leboulenger F., Flaman J.-M. (2004) Functional analysis of chemically-induced mutations at the flounder TP53 locus, the FACIM assay. *Mutation Research, Fundamental & Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 552, 51-60.
- Cachot J., Geffard O., Augagneur S., Lacroix S., Le Menach K., Peluhet L., Dévier M.H., Couteau J., Pottier D., Budzinski H. (2006) Evidence of genotoxicity associated to high PAH content of sediments in the upper part of the Seine estuary (Normandy, France). *Aquatic Toxicology*, 79, 3, 257-267.
- Chan PK, Cheng SH. (2003) Cadmium-induced ectopic apoptosis in zebrafish embryos. *Arch. Toxicol.*, 77, 69-79.
- Chapman P.M., Wang F. (2001) Assessing sediment contamination in estuaries. *Environ. Toxicol. Chem.*, 20, 3-22.
- Christi, T. J., Pennington, P., DeLorenzo, M., Karnaky, K. J., Scott, G. I. (2004) Effect of multiple atrazine exposure profiles on hemocyte DNA integrity in the eastern Oyster (*Crassostrea virginica*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 73, 404-410.
- Clinkspoor S. (2005) Impact des populations aviaires sur la contamination microbiologique des sédiments du Bassin d'Arcachon. Master 2 Systèmes Ecologiques, Université Bordeaux 1.
- Colborn T., Dumanoski D., Myers J.P. (1996) Our stolen future: Are we threatening our fertility, intelligence, and survival? - A scientific detective story. Dutton/Penguin Books, New York, 306 p.
- Cuisset B., Pelissero C., Le Menn F., Nunez Rodriguez J. (1991) ELISA for Siberian sturgeon *Acipenser baeri* vitellogenin reared in France. *Proceedings of the 1st Int. Coll. Acipenser*, P. Williot ed., CEMAGREF publ., Bordeaux 1989. 107-111.
- Cuisset B., Pradelles P., Kime D.E., Kuhn E.R., Babin P., Davail S., Le Menn F. (1994) Enzyme immunoassay for 11-ketotestosterone using acetyl-cholinesterase as label : application to sex identification in farm Siberian sturgeon. *Comp. Biochem. Physiol.*, 108 C, 2, 229-241.
- Depledge M.H. (1998) The ecotoxicological significance of genotoxicity in marine invertebrates. *Mutat. Res.*, 399, 109-122.
- Dérolez V. (2001) Méthode de caractérisation de la fragilité microbiologique des zones conchylicoles. Application à plusieurs bassins français. Mémoire d'Ingénieur du Génie Sanitaire. Université de Rennes.
- Dévier M.H., Augagneur S., Budzinski H., Le Menach K., Pelhuet L., Mora P., Narbonne J.F., Garrigues P. (2005) One-year monitoring survey of organic compounds (TBT, PAHs, PCBs), heavy metals and biomarkers in blue mussels from the Arcachon Bay. *Journal of Environmental Monitoring*, 7, 3, 224-240.
- Durhan E.J., Norberg-King T.J. (1993) Methods for aquatic toxicity identification evaluations, phase II toxicity identification procedures for samples exhibiting acute and chronic toxicity. EPA 600/R-92/080, U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Duluth, MN, USA.
- Forget-Leray J., Landriau I., Minier C., F. Leboulenger (2005) Impact of contaminants on survival, development and reproduction of estuarine copepod *Eurytemora affinis* (Pope), *Ecotoxicology Environmental Safety*, 60, 288-294.
- Gonzalez P., Baudrimont M., Boudou A., Bourdineaud JP. (2006) Comparative effects of direct cadmium contamination on gene expression in gills, liver, skeletal muscles and brain of the zebra fish (*Danio rerio*). *Biometals*, 19, 225-235.
- Gray, L.E., Jr., W.R. Kelce et al. (1997) Endocrine screening methods workshop report : detection of estrogenic and androgenic hormonal and antihormonal activity for chemicals that act via receptor or steroidogenic enzyme mechanisms. *Reproductive Toxicology*, 11, 719-750.
- IFEN (2004) Les pesticides dans les eaux. Sixième bilan annuel, données 2002, juillet 2004, 34 p.
- Ifremer (2006) Résultats de la surveillance de la qualité du milieu marin littoral. Départements : Gironde, Landes, Pyrénées Atlantiques. Edition juin 2006 – RST / LERAR / 06.004. Laboratoire Environnement Ressources d'Arcachon.

- Ifremer (2006) Communiqués "Zoom sur surveillance et recherche. Des réseaux pour préserver l'environnement et les ressources du littoral". site web Ifremer (<http://www.ifremer.fr>).
- Ifremer (1997) (Direction de l'environnement et de l'aménagement littoral), septembre 1997 Etude intégrée du bassin d'Arcachon, 5 tomes (tome 1 : Physique, tome 2 : Qualité de l'eau et des sédiments, tome 3 : Biologie, tome 4 : Activités, tome 5 : Activités ressources vivantes).
- Jin H., Yang X., Yin D., Yu H. (1999) A case study on identifying the toxicant in effluent discharged from a chemical plant. *Marine Pollution Bulletin*, 39, 122-125.
- Johnson L.L., Landahl J.T., Kubin L.A., Horness B.H., Myers M.S., Collier T.K., Stein J.E. (1998) Assessing the effects of anthropogenic stressors on Puget Sound flatfish populations. *J. Sea Res.*, 39, 125-137.
- Kägi, J. H. R. (1991) Overview of metallothionein. In *Methods in enzymology* (ed. Abelson, J. N. & Simon, M. I.), pp. 613-626. Academic Press, San Diego.
- Ko F.C., Baker J.E. (1995) Partitioning of hydrophobic organic contaminants to resuspended sediments and plankton in the mesohaline Chesapeake Bay. *Mar. Chem.*, 49, 171-188.
- Kraepiel A.M.K., Chiffoleau J.F., Martin J.M., Morel F.M.M. (1997) Geochemistry of trace metals in the Gironde Estuary. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 61, 1421-1436.
- Lagadic L., Caquet, T., Amiard, J.C. (1997) Biomarqueurs en Ecotoxicologie : Principes et définitions. In : Lagadic L., Caquet, Th, Amiard, JC et Ramade F (eds), *Biomarqueurs en Ecotoxicologie : Aspects fondamentaux*. Masson, Paris, 1-9.
- Latonnelle K., Fostier A., Le Menn F., Pelissero-Bennetau C. (2002) Binding affinities of hepatic nuclear estrogen receptors for phytoestrogens in rainbow trout and Siberian sturgeon. *Gen. Comp. Endocrinol*, 129, 69-79
- Laulhère J. (2006) Les risques de pollution des eaux du bassin d'Arcachon par les pesticides. Rapport de stage de Master Professionnel, Spécialité espace, Dynamique des Milieux et Risques, Parcours Espace et Milieux, Université Paris 7, stage réalisé à l'Agence de l'Eau Adour Garonne, 266 pp., septembre 2006.
- Larre Y. (2006) Impact des populations aviaires hivernantes sur la qualité microbiologique des sédiments et des bivalves du Bassin d'Arcachon. D.E.S. de Sciences Naturelles. Université Bordeaux 1.
- Leblanc G.A et Blain L.J. (1997) Chronic toxicity of environmental contaminants : sentinels and biomarkers. *Environmental health perspectives*, 105, 1, 65-80.
- Legeas M. (1992) Maîtrise des apports polluants littoraux, dans « Coquillages et santé publique : du risque à la prévention ». Lesne et coll., Editions ENSP, Rennes, 151-164.
- Legeay A., Achard-Joris M., Baudrimont M., Massabuau JC, Bourdineaud JP. (2005) Impact of cadmium contamination and oxygen levels on biochemical responses in the Asiatic clam *Corbicula fluminea*. *Aquatic Toxicology*, 74, 242-253.
- León V.M., Llorca-Pórcel J., Álvarez B., Cobollo M.A., Muñoz S., Valor I. (2006) Analysis of 35 priority semivolatile compounds in water by stir bar sorptive extraction-thermal desorption-gas chromatography-mass spectrometry - Part II: Method validation. *Analytica Chimica Acta*, 558, 1-2, 261-266.
- Livingstone D.R., Chipman J.K., Lowe D.M., Minier C., Mitchelmore C.L., Moore M.N., Peters L.D., Pipe R.K. (2000) Development of biomarkers to detect the effects of organic pollution on aquatic invertebrates: Recent molecular, genotoxic, cellular and immunological studies on the common mussel (*Mytilus edulis* L.) and other mytilids. *Int. J. Environ. Pollut.*, 13, 56-91.
- McKelvey-Martin, V.J., Green, M.H., Schmezer, P., Pool-Zobel, B.L., De Meo, M.P., Collins, A. (1993) The single cell gel electrophoresis assay (comet assay): a European review. *Mutat Res*, 288, 47-63.
- Marie V. (2005) Etude de la réponse des métallothionéines chez les bivalves *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha* et *Crassostrea gigas*, après exposition au cadmium et au zinc. Approches in situ et expérimentales. Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1.
- Marie V., Gonzalez P., Baudrimont M., Bourdineaud JP., Boudou A. (2006a) Metallothionein response to cadmium and zinc exposures compared in two freshwater bivalves, *Dreissena polymorpha* and *Corbicula fluminea*. *Biometals*, 19, 399-407.
- Marie V., Gonzalez P., Baudrimont M., Boutet I., Moraga D., Bourdineaud JP., Boudou A. (2006b) Metallothionein gene expression and protein levels in triploid and diploid oysters *Crassostrea gigas* after exposure to cadmium and zinc. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25, 412-418.
- Matthiessen P, Law R. (2002) Contaminants and their effects on estuarine and coastal organisms in the United Kingdom in the late twentieth century. *Environmental pollution*, 120, 739-757.
- Maurer D. (1997) Modélisation de la dispersion des effluents rejetés au wharf de la Salie. Rapport Ifremer – Station d'Arcachon. 92p.
- Menesguen A. (1991) Présentation du phénomène d'eutrophisation littorale, dans « La mer et les rejets urbains ». Actes de colloque n° 11 – Bnedor 13-15 juin.
- Michel X. (1993) Contribution à l'étude des interactions entre les contaminants chimiques organiques et les organismes marins : bases moléculaires et applications à la biosurveillance de l'environnement côtier. Thèse de l'Université de Bordeaux I, n° d'ordre 993.
- Mitchelmore C. L., Chipman J. K. (1998) DNA strand breakage in aquatic organisms and the potential value of the comet assay in environmental monitoring. *Mutat. Res.*, 399, 135-147.
- Mitchelmore C. L., Birmelin C., Livingstone D. R., Chipman J. K. (1998) Detection of DNA strand breaks in isolated mussel (*Mytilus edulis* L.) digestive gland cells using the « Comet » assay. *Ecotoxicol. Environ. Safety*, 41, 51-58.
- Mouchet F., Baudrimont M., Gonzalez P., Cuenot Y., Bourdineaud JP., Boudou A. Gauthier L. (2006) Genotoxic and stress inductive potential of cadmium in *Xenopus laevis* larvae. *Aquatic Toxicology*, 78, 157-166.

- Monod G., De Mones A., Fostier A. (1993) Inhibition of ovarian microsomal aromatase and follicular oestradiol secretion by imidazole fungicides in rainbow trout. *Mar. Environ. Res.* 35, 153-157.
- Mount D.I., Norberg-King T.J. (1993) Methods for aquatic toxicity identification evaluations, phase III toxicity confirmation procedures for samples exhibiting acute and chronic toxicity. EPA 600/R-92/081, U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Duluth, MN.
- Nacci D., Cayula S., Jackim E. (1996) Detection of DNA damage in individual cells from marine organisms using the single cell gel assay. *Aquatic Toxicol.* 35, 197-210.
- Nakamura S., Daishima, S. (2005) Simultaneous determination of 64 pesticides in river water by stir bar sorptive extraction and thermal desorption-gas chromatography-mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 382, 1, 99-107.
- Narbonne J.F., Garrigues P., Ribera D., Raoux C., Mathieu A., Lemaire P., Salaün J.P., Lafaurie M. (1991) Mixed-function oxygenase enzymes as tools for pollution monitoring: field studies on the French coast of the Mediterranean sea. *Comp. Biochem. Physiol. C*, 100, 37-42.
- Nash J.P., Cuisset-Davail B., et al. (2000) An enzyme linked immunosorbant assay (E.L.I.S.A.) for testosterone, estradiol, and 17,20-dihydroxy-4-pregnene-3-one using acetylcholinesterase as tracer : application to measurement of diel patterns in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiol. Biochem.*, 22, 355-363.
- Norberg-King T.J., Mount D.I. (1991) Methods for aquatic toxicity identification evaluations, phase I toxicity characterization procedures. EPA 600/6-91/003, U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Duluth, MN, USA.
- Ochiai N., Sasamoto K., Kanda H., Yamagami T., David F., Tienpont B., Sandra P. (2005) Optimization of a multi-residue screening method for the determination of 85 pesticides in selected food matrices by stir bar sorptive extraction and thermal desorption GC-MS. *Journal of Separation Science*, 28, 9-10, 1083-1092.
- Oros D.R., Jarman W.M., Lowe T., David N., Lowe S., Davis J.A. (2003) Surveillance for previously unmonitored organic contaminants in the San Francisco Estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1102-1110.
- Peck M.R., Labadie P., Minier C., Hill E.M., (2006) Profiling of environmental and endogenous estrogens in the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*), *Aquatic Toxicology* sous presse
- Popp P., Bauer C., Hauser B., Keil P., Wennrich L. (2003) Extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochloride compounds from water: A comparison between solid-phase microextraction and stir bar sorptive extraction. *Journal of Separation Science*, 26, 9-10, 961-967.
- Quillardet P., Huisman O., D'Ari R., Hofnung M. (1982) SOS Chromotest, a direct assay of induction of an SOS function in *Escherichia coli* K12 to measure genotoxicity. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 79, 5971-5975.
- Rimmelin, 1998 – Etude des apports allochtones d'azote inorganique dissous parvenant à un système lagunaire : le Bassin d'Arcachon, thèse de doctorat université de Bordeaux.
- Rimmelin P., Dumon J.-C., Maneux E., Gonçalves A. (1998) Study of annual and seasonal dissolved inorganic nitrogen Inputs into the Arcachon Lagoon, Atlantic Coast (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 47, 649-659.
- Roy G., Vuillemin R., Guyomarch J. (2005) On-site determination of polynuclear aromatic hydrocarbons in seawater by stir bar sorptive extraction (SBSE) and thermal desorption GC-MS. *Talanta*, 66, 3, 540-546.
- Saglio P., Trijasse S., Azam D. (1996) Behavioral effects of waterborne carbofuran in goldfish. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 31, 232-238.
- Serodio, P., Nogueira, J.M.F. (2004) Development of a stir-bar-sorptive extraction-liquid desorption-large-volume injection capillary gas chromatographic-mass spectrometric method for pyrethroid pesticides in water samples. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 382, 4, 1141-1151.
- Smith A.G., Gangolli S.D. (2002) Organochlorine chemicals in seafood: Occurrence and health concerns. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 767-779.
- Steinert, S. A., Streib-Montee, R. Leather, J. M., Chadwick, D. B. (1998) DNA damage in mussels at sites in San Diego Bay. *Mutation Res.* 399, 65-85
- Sonnenschein, C. et Soto A.M. (1998) An updated review of environmental estrogen and androgen, mimics and antagonists. *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* 65, 143-150.
- Sumpter J.P. et Jobling S. (1995) Vitellogenin as a biomarker for estrogenic contamination on the aquatic environment. *Environmental Health perspectives*, 103, 173-178.
- Thomas K.V., Balaam J., Barnard N., Dyer R., Jones C., Lavender J., McHugh M. (2002) Characterisation of potentially genotoxic compounds in sediments collected from United Kingdom estuaries, *Chemosphere*, 49, 247-258.
- Thompson S., Budzinski H., Garrigues P. (1999) Comparison of PCB and DDT distribution between water-column and sediment-dwelling bivalves in Arcachon Bay, France. *Mar. Poll. Bull.*, 38, 8, 655-662.
- Togola A. (2006) Présence et devenir des substances pharmaceutiques dans les écosystèmes aquatiques. Thèse de l'Université Bordeaux 1, Spécialité Biogéochimie de l'Environnement, n° 3314, 193 pp.
- Van der Oost R., Beyer J., Vermeulen N.P.E. (2003) Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment : a Review. *Environ. Toxicol. Pharm.*, 13, 57-149.
- Welsh et al., 1996 - D.T. Welsh, S. Bourgues, R. De Wit et R. A. Herbert – Seasonal variation in rates of heterotrophic nitrogen fixation (acetylene reduction) in *Zostera noltii* meadows and uncolonised sediments of the Bassin d'Arcachon, south-west France, *Hydrobiol.* 329 : 161-174.
- Yunker M.B., MacDonald R.W., Goyette D., Paton D.W., Fowler, D.R., Sullivan B.R., Boyd J. (1999) Natural and anthropogenic inputs of hydrocarbons to the strait of Georgia. *The Science of The Total Environment*, 225, 181-209.

Allocations :

☐ de thèse

X post-doctorale

Financement :

☐ Financement ...100..% Région Aquitaine

- Cofinancement Région Aquitaine – EPST – EPIC

si oui, lequel :

- Cofinancement Région Aquitaine – entreprise

si oui, laquelle :

Etablissement d'accueil :

Nom du tuteur : Hélène Budzinski

Nom et adresse du laboratoire d'accueil : ISM – UMR 5255 CNRS - LPTC - Université Bordeaux 1- 351 crs de la Libération, 33405 Talence

Nom du Directeur du laboratoire : Philippe Garrigues

Téléphone : 05 40 00 69 98

Fax : 05 40 00 69 98

Email : h.budzinski@lptc.u-bordeaux1.fr

Titre du sujet : Développement de méthodes d'échantillonnage et d'extraction intégratives (POCIS, SPME, SBSE) pour l'analyse de la contamination organique de la colonne d'eau

Descriptif synthétique (maximum 10 lignes) :

Les zones côtières sont des environnements importants d'un point de vue économique car rassemblant une grande partie des activités liées au milieu aquatique (pêche, ostréiculture...) mais très sensibles aux diverses pollutions chimiques. En effet, une grande quantité de matériel d'origine continentale parvient aux océans et affecte les zones estuariennes et côtières. Une des difficultés rencontrées pour une évaluation correcte de l'état de contamination de ces systèmes provient du caractère multi-contaminants (multi-sources, multi-classes chimiques), des niveaux de concentrations (pollutions chroniques à l'état de traces) et de la grande variabilité temporelle et spatiale.

Un des freins à des études complètes provient des méthodologies analytiques employées car non seulement l'analyse de plusieurs classes de composés nécessite la mise en œuvre de différents protocoles, chaque protocole comportant différentes étapes de préparation de l'échantillon mais de plus ces méthodologies sont souvent longues, coûteuses et peu automatisables. L'analyse de substances organiques en phase dissoute demande en particulier une étape de concentration importante qui lorsque l'on utilise des méthodes conventionnelles (extraction liquide-liquide) peut prendre beaucoup de temps et consommer beaucoup de solvant. Dans l'optique de disposer de méthodologies analytiques compatibles avec les exigences de rapidité, de nombre et de fiabilité de l'analyse environnementale moderne de « screening », nous nous proposons de développer d'une part la micro-extraction en phase solide (SPME : Solid Phase Micro Extraction ; SBSE : Stir Bar Sorption Extraction) pour l'analyse des contaminants organiques et d'autre part un nouveau système d'échantillonnage intégratif (POCIS : Polar Organic Chemical Integrative Sampler). Ces développements méthodologiques seront associés au développement de l'analyse par chromatographie en phase gazeuse et liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (GC/MS/MS, LC/MS/MS). Les développements analytiques seront ensuite appliqués au cas du Bassin d'Arcachon.

Projet demandé au titre des priorités régionales

Oui X Non ☐

→ Projet en lien avec le développement économique et social :

Oui X Non ☐

→ Grand projet :

Oui X Non ☐

Si oui, nom du Grand Projet : Eau et développement durable

→ Equipe ayant obtenu la coordination d'un contrat européen :

Oui ☐ Non ☐

Si oui, lequel :

→ Chercheurs nouvellement installés en Aquitaine :

Oui ☐ Non ☐

APPEL A PROJETS 2007

COMPETENCES DES EQUIPES INTERVENANT DANS LE PROJET DE RECHERCHE

➤ I – Personnels impliqués dans le projet par laboratoire

Il vous est demandé de fournir le nom, la qualification (enseignant-chercheur, chercheur, doctorant, ingénieur, technicien, administratif,...), et le courrier électronique de chaque membre prenant part au projet de recherche, en classant par laboratoires et équipes de recherche, ainsi que le taux de participation de chaque laboratoire partenaire.

VOLET [Apports continentaux]

Physico et Toxic-Chimie des systèmes naturels (LPTC/ISM) (Université Bordeaux 1)		%
• Augagneur S. (IE), s.augagneur@lptc.u-bordeaux1.fr		20
• Budzinski H (DR), h.budzinski@lptc.u-bordeaux1.fr		15
• Crespo A. (Etudiante en thèse), a.crespo@lptc.u-bordeaux1.fr		15
• Daubèze M (IE), m.daubeze@lptc.u-bordeaux1.fr		10
• Davail B (MC), b.davail@lptc.u-bordeaux1.fr		10
• Devier M. H. (MC), mh.devier@lptc.u-bordeaux1.fr		30
• Garnier C. (MC), c.garnier@lptc.u-bordeaux1.fr		20
• Le Ménach K. (AI), k.lemenach@lptc.u-bordeaux1.fr		20
• Morin B (MC), b.morin@lptc.u-bordeaux1.fr		10
• Narbonne JF (PR), jf.narbonne@lptc.u-bordeaux1.fr		5
• Parlanti E (CR), e.parlanti@lptc.u-bordeaux1.fr		10
• Peluhet L. (TCN), l.peluhet@lptc.u-bordeaux1.fr		25
• Relexans S. (AJTP), s.relexans@lptc.u-bordeaux1.fr		20
• Post-doctorant Région demandé		100
Chimie Analytique Bioinorganique et Environnement / IPREM (Université Pau)		
• Authier L (MC), laurent.authier@univ-pau.fr		40
• Donard O (DR CNRS), olivier.donard@univ-pau.fr		10
• Potin M (PR), martine.potin@univ-pau.fr		10
• Tessier E (Post-doctorant ORQUE), emmanuel.tessier@univ-pau.fr		100
Ultra Trace Analyse Aquitaine (Université Pau)		
• Benoit C, christelle.benoit@univ-pau.fr		50
• Plaa D., damien.plaa@univ-pau.fr		50
• Seby F., fabienne.seby@univ-pau.fr		20
Environnements et Paléoenvironnements Océaniques (EPOC) – Université Bordeaux 1		
• Anschutz P. (PR), p.anschutz@epoc.u-bordeaux1.fr		30
• Baudrimont M. (MC), m.baudrimont@epoc.u-bordeaux1.fr		10
• Canton M. (Doctorant), m.canton@epoc.u-bordeaux1.fr		100
• Gonzalez P. (CR), p.gonzalez@epoc.u-bordeaux1.fr		10

• Jude F. (MC), f.jude@epoc.u-bordeaux1.fr	10
• Legeay A. (MC), a.legeay@epoc.u-bordeaux1.fr	10
• Maury-Brachet R. (IR), r.maury-brachet@epoc.u-bordeaux1.fr	10
• Poirier D. (Tech), d.poirier@epoc.u-bordeaux1.fr	30
• Raymond (N. MC), n.raymond@epoc.u-bordeaux1.fr	10
Cemagref, U.R. REQE (Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux)	
• Coste M, Chercheur (DR), michel.coste@cemagref.fr (2ème année)	15
• Delest B, AJT laboratoire, brigitte.delest@cemagref.fr	15
• Delmas F, Chercheur (ICGREF), francois.delmas@cemagref.fr	20
• Mazzella N, Chercheur (CR), nicolas.mazzella@cemagref.fr	25
• Mechin B, Assistant-Ingénieur, brigitte.mechin@cemagref.fr	20
• Montel MH, Secrétaire, marie-helene.montel@cemagref.fr	5
• Tison J, Chercheur (CR), juliette.tison@cemagref.fr (2ème année)	20

🔗 Moyens de recherche des équipes participantes

EQUIPEMENTS	EQUIPE RESPONSABLE
CEMAGREF U.R. REQE	
Matériel de chimie conventionnelle (chimie des eaux, des sédiments et des effluents)	
COT-mètre	
spectromètre à émission – absorption	
chromatographes GPG et HPLC couplés spectromètres de masse	
Matériel de prélèvement automatique de terrain, de mesure hydrométrique et physico-chimique de terrain	
2 embarcations (rivières, lacs)	
Chaînes microscopiques équipées pour capture et traitement d'image (diatomées, phytoplancton), chaîne à épifluorescence (compartiment bactérien)	
Hall technique expérimental, canaux dynamiques périphyton, pilotes de dénitrification bactérienne	
UMR EPOC	
4 Véhicules de terrain	Services communs
ADCP	EPOC/DYNECO
Analyse C,S particulaire	GEMA
Analyse Corg dissous	GEMA
analyse élémentaire ICPMS	GEMA
analyse élémentaire par Absorption At.	GEMA
Analyseur CHN	ECOBIOC
Analyseur de gaz LICOR 7000	EPOC
Autoanalyseur sels nutritifs	ECOBIOC
Autoclaves	ECOBIOC
Biochimie moléculaire	GEMA
Bouée de houle hte fréquence Triaxis (large Truc Vert)	METHYS
Bouée houlographe S4 DW	METHYS
Calcimètre automatique	Sédimentologie
Capteurs physiques terrain	METHYS + ECOBIOC
carottiers	Services communs
Chromato gaz	ECOBIOC et ISO
Centrifugeur BR 311	ECOBIOC
Centrifugeuse réfrigérée	ECOBIOC
Compteur beta	ISOPAL
Compteur de particules	ECOBIOC
Courantomètre-profileur acoustique	METHYS
Cryoconservateur (-80°C)	ECOBIOC

Distillateur	ECOBIOC
Doppler AWAC (Nortek)	METHYS
Etuves (dont 4 microbiologie)	ECOBIOC
Filets plancton	ECOBIOC
Granulométrie laser	Sédimentologie
Hottes Aura	ECOBIOC
Houlographe et accessoires	METHYS
HPLC	ECOBIOC
Modèle 2DH SURF_SVWB	METHYS
Modèle SWAN de simulation des vagues	METHYS
Moyens d'observation optiques classiques (loupes, microscopes, microscopes inversés, contraste de phase, épifluorescence, vidéo)	ECOBIOC et ISOPAL
Moyens de calcul : stations dédiées, accès aux moyens lourds Bx1	Toutes équipes
Navire de la Station Marine d'Arcachon	ECOBIOC
5 pH mètres terrain	ECOBIOC
Plate-forme analytique (microscopes DM600 et Axio Imager A1)	ISOPAL - Sédimentologie
PCR	ECOBIOC
Potentiométrie, spectro UV-Vis	GEMA
Radioscopie de carottes et analyse d'images	Sédimentologie et Géologie Marines (Sédim)
Respirométrie	GEMA
Scintillateur	ECOBIOC
Sondes multi paramétrique YSI / SEABIRD	EPOC
Sonicateur	ECOBIOC
Spectrophotomètre	ECOBIOC
Spectromètre alpha	Partage ISOPAL et CENBG
Spectromètre gamma	Partage ISOPAL et CENBG
Spectromètre isotopes lourds TIMS	ISOPAL, Toulouse en partage
Spectromètre masse isotopes stables O,C,N, H (eaux, carbonates)	ISOPAL
Spectrométrie masse isotopes stables C, N (matière organique), couplé CHN	ISOPAL
5 stations de mesures automatiques hte fréquence sur le complexe estuarien Garonne-Dordogne-Gironde MES, O2, pH, S‰, T°C	UMR EPOC maître d'œuvre, Mise en place en 2004 (convention Agence de l'Eau/Région/SMIDDEST, SMEAG, EPIDOR, CUB, PAB, EDF, Bordeaux1)
Super-calculateur du pôle M3PEC	METHYS
Turbidimètres optiques OBS	METHYS
Vélocimètres acoustiques ADV	METHYS
LCABIE/IPREM	
GC ICP/MS	
Potentiostat	
Système de préparation de l'échantillon	
LPTC/ISM	
Couplage chromatographie en phase liquide / spectrométrie de masse quadripolaire (Agilent Technologies)	
Couplage chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse en tandem triple quadripôle (Waters)	
Couplage chromatographie en phase liquide / spectrométrie de masse en tandem triple quadripôle (Waters et Agilent Technologies)	
Couplages chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse (Hewlett Packard et Agilent Technologies)	
Extracteurs Soxhlet et extracteurs à reflux, bains à ultrasons, centrifugeuses et extracteurs micro-ondes	
Extracteur ASE (sous pression) (Dionex)	
Matériel de préparation de l'échantillon : lyophilisateur, broyeur, ...	
Matériel d'extraction en phase solide (SPE et SPME) automatique	
Microscope Olympus à épifluorescence	
Salle d'histologie (Microtome Leica RM2145, Cryostat Microm HM 500Zeis, Microscope Leica DME)	
Salle de culture (hottes à flux laminaire horizontal et vertical, étuves, étuve CO ₂ , incubateur 20°C)	

Evaporateur Speedvap
Lecteur de microplaque Bio-TeK et logiciel KC4 v3.0
Lecteur de microplaque ELISA
Spectrophotomètre 932 Kontron
Fluorimètre Shimazu
Ultracentrifugeuse LE90
Congélateur à – 80°C
Autoclave
Matériel de prélèvement de terrain, véhicule mission et embarcation nautique motorisée

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

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.

- Evaluation de l'exposition des organismes aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans le milieu marin par le dosage des métabolites de HAP – Etudiant : O. Mazéas (co-directeurs de thèse, H. Budzinski et J. Tronczynski) – Soutenue en 2004
- Biomarqueurs d'effets chez C. Fluminea : du développement en laboratoire à l'application en mésocosme – Etudiant : O. Champeau (directeur de thèse, JF. Narbonne) – Soutenue en 2005
- Etude des relations entre persistance, bioaccumulation et effets à long terme des contaminants chimiques en milieu marin – Etudiant : N. Tapie (directeur de thèse, H. Budzinski) – Soutenue en 2006
- Etude de la contamination des milieux aquatiques par les substances pharmaceutiques : application aux estuaires de la Gironde, de l'Adour et de la Seine – Etudiant : A. Togola (directeur de thèse, H. Budzinski) – Soutenue en 2006
- Bioaccumulation et effets de contaminants présents en estuaire de Seine sur le comportement natatoire et le potentiel reproducteur d'Eurytemora affinis (Copépode Crustacé) – Etudiant : K. Cailleaud (co-directeurs de thèse, H. Budzinski, J. Forget, S. Souissi) – Soutenue en 2006
- Recherche de biomarqueurs pour l'identification de perturbations endocrines ou mutagènes dans les systèmes aquatiques. Validation sur des effluents pétroliers ou pétrochimiques – Etudiant : A.L. Scélo (directeur de thèse, B. Davail) - En cours
- Etude des perturbateurs endocriniens dans les systèmes aquatiques – Etudiant : S. Lardy (directeur de thèse, H. Budzinski) – En cours
- Etude des phénomènes de bioaccumulation / biotransformation des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) par les organismes aquatiques ; Relation exposition-génotoxicité – Etudiant : M. Le Du (directeur de thèse, H. Budzinski) – En cours
- Etude des sources, du devenir et de l'impact des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques en milieu aquatique - Etudiant : A. Crespo (directeur de thèse, H. Budzinski) – En cours
- Etude des cycles biogéochimiques des contaminants organiques dits émergents en milieu aquatique – Etudiant : M. Capdeville (co-directeurs de thèse, H. Budzinski et H. Etcheber) – En cours
- Développement d'une méthode d'évaluation rapide de la qualité bactériologique des eaux de baignade de Biarritz, en relation avec le fonctionnement du réseau d'assainissement de la ville - Etudiant : P. Bergeron (co-directeurs de thèse, M. Capdepuy et F. Jude) – En cours
- Dynamique et source de nutriments arrivant au bassin d'Arcachon – Etudiant : M. Canton (directeur de thèse, P. Anschutz) - En cours
- Biogéochimie benthique de la zone intertidale du Bassin d'Arcachon – Etudiant : J. Deborde (directeur de thèse, P. Anschutz) - En cours

- Dynamique des éléments réd-ox dans les sédiments marins ; du profond au côtier – Etudiant : A. Mouret (directeur de thèse, P. Anschütz) - En cours
- Dynamique des transferts de pesticides entre le bassin-versant de la Charente et le système littoral de Marennes-Oléron (Charente-Maritime) - Etudiant : D. Munaron (co-directeurs de thèse, P. Scribe (LBCM Paris 6) et J.F. Dubernet (U.R. REQE)) – Soutenue en 2004
- La croissance du biofilm photosynthétique : un indicateur du statut trophique des rivières ? – Etudiant : C. Othoniel (co-directeurs de thèse, R. de Wit (UMR EPOC) et H. Beuffe (U.R. REQE)) – Soutenue en 2006
- Utilisation de la modélisation neuronale et des caractéristiques des communautés diatomiques pour la bio-évaluation de l'état écologique des cours d'eau et l'accompagnement de leur restauration – Etudiant : J. Tison (co-directeurs de thèse, S. Lek (UPS Toulouse / UMR Ladybio) et M. Coste (U.R. REQE)) – Soutenue en 2006
- Amélioration des techniques de bio-indication et d'analyse de l'effet des pollutions toxiques sur les phytocénoses de diatomées benthiques. Exemple de la pollution Cd/Zn du système Lot-Garonne/Gironde. Généralisation aux hydrosystèmes d'Aquitaine – Etudiant : S. Morin (co-directeurs de thèse, A. Boudou (UMR EPOC) et M. Coste (U.R. REQE)) – Soutenue en 2006
- Etude de l'impact des pollutions agricoles (nutriments – pesticides) sur les flores diatomiques des rivières des Coteaux de Gascogne – Etudiant : T. Debenest (co-directeurs de thèse, M. Coste (U.R. REQE) et E. Pinelli (ENSA Toulouse)) – En cours
- Évaluation de l'état écologique des plans d'eau basée sur les communautés de producteurs primaires – Etudiant : M. Cellamare (co-directeurs de thèse, J. Haury (INRA-ENSA Rennes) et F. Delmas (U.R. REQE)) – En cours
- Etude de la réponse des métallothionéines chez les bivalves *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha* et *Crassostrea gigas*, après exposition au cadmium et au zinc. Approches in situ et expérimentales – Etudiant : V. Marie (co-directeurs de thèse, M. Baudrimont et A. Boudou) - Soutenue en 2005
- Etudes biochimiques et génétiques de la réponse adaptative de mollusques face aux contaminations métalliques et au stress oxydant – Etudiant : M. Achard-Joris (co-directeurs de thèse, M. Baudrimont et J.P. Bourdineaud) - Soutenue en 2005
- Etudes expérimentales et in situ des relations entre biodisponibilité des métaux, bioaccumulation et effets toxiques chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) - Etudiant : F. Pierron (co-directeurs de thèse, M. Baudrimont et J.P. Bourdineaud) – En cours
- Sensibilité et réponse adaptative des populations de bivalves exploités (coques et palourdes) soumis à un stress multiple : pollution métallique, contamination bactérienne et infestation parasitaire (Bassin d'Arcachon, Marais du Nord Médoc, Golfe du Morbihan) – Etudiant : I. Paul-Pont (co-directeurs de thèse, M. Baudrimont et X. de Montaudouin) – En cours
- Impact du méthylmercure sur le fonctionnement du système nerveux central du poisson zèbre *Danio rerio* - Etudiant : S. Cambier (co-directeurs de thèse, P. Gonzalez et J.P. Bourdineaud) – En cours
- Etudes de la spéciation des métaux (Hg, Sn) dans des systèmes de type mésocosmes – Etudiant : E. Tessier (co-directeurs de thèse, O. Donard et D. Amouroux) – Soutenue en 2004
- Biogéochimie des métaux dans l'estuaire de l'Adour. Etude de la réactivité du Cd par isotopes stables à l'interface eau-sédiment - Etudiant : D. Point (co-directeurs de thèse, O. Donard et G. Bareilles) - Soutenue en 2004
- Biogéochimie des composés organostanniques dans les sédiments du Bassin d'Arcachon.

Etude des procédés de décontamination des boues de dragage. - Etudiant : C. Benoit (co-directeurs de thèse, O. Donard et C. Carruesco) - Soutenue en 2005

- Réactivité du mercure dans l'environnement. Utilisation d'isotopes stables des formes chimiques du mercure. - Etudiant : M. Monperrus (co-directeurs de thèse, O. Donard et D. Amouroux) - Soutenue en 2005

DEA se rapportant au projet uniquement :

Sujet de DEA, nom de l'Etudiant

- Développement d'une activité enzymatique chez la moule comme biomarqueur d'exposition aux HAP – T. Bacquart (2004)
- Etude de la bioaccumulation des composés organohalogénés par voie trophique – A. Crespo (2005)
- La contamination des écosystèmes aquatiques par les alkylphénols-polyéthoxylés – S. Lardy (2005)
- Etude des phénomènes de bioaccumulation/biotransformation des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) par les organismes aquatiques (poissons) - Relation exposition-génotoxicité – M. Le Du (2005)
- Etude de la contamination des systèmes aquatiques par les substances pharmaceutiques – J. Legrand (2005)
- Développement du test Comète pour connaître l'impact génotoxique des polluants chimiques sur les organismes aquatiques - D. Legrave (2005)
- Développement et utilisation du test comète chez la truite arc-en-ciel. M. Scavennec (2006)
- Etude de l'impact de contaminants sur la synthèse *in vitro* de vitellogénine par les hépatocytes de truite arc en ciel, *Oncorhynchus mykiss* - E. Viaene (2006)
- Étude des interactions Matière Organique Colloïdale / Contaminants Organiques dans l'environnement aquatique - C. De Perre (2006)
- Etude des perturbateurs endocriniens dans les systèmes aquatiques – M. Capdeville (2006)
- Le test des comètes chez la truite : du laboratoire à l'application en rivière pilote - R. Salata (2007)
- Comportement du phosphore dans un estuaire hyper-turbide – J. Deborde (2004)
- Géochimie des sédiments modernes du Golfe de Gascogne : 9 ans de suivi - A. Mouret (2006)
- Suivi des apports continentaux de nutriments au Bassin d'Arcachon – M. Canton (2006)
- Etude de l'impact de la salinité et de l'oxygénation de l'eau sur la bioaccumulation du cadmium par une espèce endémique de l'estuaire de la Gironde : la crevette blanche *Palaemon longirostris* - F. Pierron (2004)
- Influence du ver parasite Polydore sur le comportement de l'huître *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). Etude de l'impact respiratoire et du stress oxydant associé – C. Chambon (2005)
- Impact génotoxique et bioénergétique de la contamination métallique chez le poisson zèbre *Danio rerio* – S. Cambier (2005)
- Influence de l'oxygénation sur le stress oxydant après prise de nourriture chez l'écrevisse *Astacus leptodactylus*. Impact d'une contamination au cadmium – M. Filippi (2005)
- Influence du cycle de vie sur la production de métallothionéines chez la coque *Cerastoderma edule* après infestation parasitaire et contamination métallique – I. Paul-Pont (2006)

- Protéine TAP et mécanismes de résistance au cadmium – A. Lerebours (2006)
- Impact génétique de l'infection à vibrio Tapetis chez la palourde *Ruditapes philippinarum* - A. Burgeot (2006)
- Contamination au cadmium et résistance à l'hypoxie chez le crabe *Carcinus maenas* – J. Nahrgang (2006)

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

Publications dans revues à comité de lecture	95
Communications	143
Conférences - invités	20
TOTAL	258

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

1 - Livres ou revues

1. Aarab N, C. Minier, S. Lemaire, E. Unruh, P.D. Hansen, B.K. Larsen, O.K. Andersen, **J.F. Narbonne** (2004) Biochemical and histological responses in mussel (*Mytilus edulis*) exposed to North Sea oil and to a mixture of North Sea oil and alkylphenols. Mar. Environ. Res., 58, 437-441.
2. Aarab N, O. Champeau, P. Mora, M. Daubeze, P. Garrigues, **J.F. Narbonne** (2004) Scoring approach based on fish biomarkers applied to French river monitoring. Biomarkers, 9, 258-270.
3. Aarab N, P. Mora, **M. Daubèze, J.F. Narbonne** (2005) In vitro detection and quantification of hormones in aquatic organisms. Anal. Lett., 38, 629-640.
4. Achard M., **Baudrimont M.**, Boudou A., Bourdineaud J.P. (2004) Induction of a multixenobiotic resistance mechanism (MXR) in the Asiatic clam *Corbicula fluminea* after heavy metals exposure. Aquatic Toxicology 67, 347-357.
5. Achard-Joris M., **Gonzalez P.**, Marie V., **Baudrimont M.**, Bourdineaud JP. (2006) Cytochrome c oxydase subunit I gene is up-regulated by cadmium in freshwater and marine bivalves. Biometals, 19, 237-244.
6. Achard-Joris M., **Gonzalez P.**, Marie V., **Baudrimont M.**, Bourdineaud JP. (2006) cDNA cloning and gene expression of ribosomal S9 protein gene in the mollusc *Corbicula fluminea*: a new potential biomarker of metal contamination up-regulated by cadmium and repressed by zinc. Environmental Toxicology and Chemistry, 25, 527-533.
7. Achard-Joris M., Moreau JL., Lucas M., **Baudrimont M.**, Mesmer-Dudons N., **Gonzalez P.**, Boudou A., Bourdineaud JP. (2006) Paradoxical toxicity of metallothioneins: role of superoxide radical generation and copper redox cycling. Free Radical Biology and Medicine (sous presse)
8. Akcha A, A. Tanguy, G. Leday, **L. Peluhuet, H. Budzinski, J.F. Chiffoleau** (2004) Measurement of DNA single-strand breaks in gill and hemolymph cells of mussels, *Mytilus* sp., collected on the French Atlantic Coast. Marine Environ. Res., 58, 753-756.
9. **Anschutz P.**, Dedieu K., Desmazes F. et Chaillou G. (2005) Solid speciation, oxidation state, and reactivity of manganese in marine sediments. Chem. Geol. 281, 265-279.
10. **Anschutz P.**, G. Chaillou, P. Lecroart. (2006) Phosphorus diagenesis in the sediment of the Thau Lagoon. sous presse à Estuarine, Coastal, Shelf Sciences

11. Ballihaut G., Tastet L., Pécheyran C., Bouyssiére B., **Donard O.F.X.**, Grimaud R., Lobinski R. (2005) Biosynthesis, purification and analysis of selenomethionyl calmodulin by gel electrophoresis-laser ablation-ICP-MS and capillary HPLC-ICP-MS peptide mapping following in-gel tryptic digestion. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 6,493-499
12. Banni M, J. Jebali, **M. Daubeze**, C. Clerandeau, H. Guerbej, **J.F. Narbonne**, H. Boussetta (2005) Monitoring pollution in tunisian coasts : application of a classification scale based on biochemical markers. *Biomarkers*, 10, 105-116.
13. Bassères A, F. Simonet, M. Lafont, M. Coste, **J.F. Narbonne** (2004) Validation of biomarkers for impact evaluation of aqueous industrial waste in mesocosms. *Water Sc. Tech.*, 49, 123-130.
14. **Baudrimont M.**, de Montaudouin X. (2006) Evidence of an altered protective effect of metallothioneins after cadmium exposure in the digenean parasites infected cockle (*Cerastoderma edule*). *Parasitology*, 134, 1-9.
15. **Baudrimont M.**, de Montaudouin X., Palvadeau A. (2006) Impact of digenean parasite infection on metallothionein synthesis by the cockle (*Cerastoderma edule*): multivariate field monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 494-502.
16. **Baudrimont M.**, Schafer J., Marie V., **Maury-Brachet R.**, Bossy C., Boudou A., Blanc G. (2005) Cadmium contamination of three bivalve species (oysters, cockles and clams) in the Nord-Medoc salt marshes (Gironde estuary, France). *The Science of Total Environment* 337, 265-280.
17. Bodin N, T. Burgeot, J.Y. Stanisière, G. Bocquené, D. Menard, C. Minier, I. Boutet, A. Amat, Y. Cherel, **H. Budzinski** (2004) Seasonal variations of a battery of biomarkers and physiological indices for the mussel *Mytilus galloprovincialis* transplanted into the northwest Mediterranean Sea. *Comp. Biochem. Physiol.*, 138C, 411-427.
18. Boquené G, S. Chantereau, C. Clérandeau, E. Beausir, D. Ménard, B. Raffin, C. Minier, T. Burgeot, A. Pfohl-Leszkowicz, **J.F. Narbonne** (2004) Biological effect of the “Erika” oil spill on the common mussel (*Mytilus edulis*). *Aquat. Living Resour.*, 17, 309-316.
19. Bourdineaud JP., **Baudrimont M.**, Gonzalez P., Moreau JL. (2006) Challenging the model for induction of metallothionein gene expression. *Biochimie*, 88, 1787-1792.
20. **Budzinski H**, A. Togola (2004) Développement de la SPE associée à la GC/MS pour l’analyse des substances pharmaceutiques dans l’environnement aquatique. *Spectra analyse*, 33, 18-22.
21. **Budzinski H**, **M. H. Devier**, P. Labadie, A. Togola (2006) Analysis of hormonal steroids in fish plasma and bile by coupling solid-phase extraction to GC/MS. *Anal. Bioanal. Chem.*, 386, 1429–1439.
22. **Budzinski H**, O. Mazéas, J. Tronczynski, Y. Désaunay, G. Bocquené, G. Claireaux (2004) Link between exposure of fish (*Solea solea*) to PAHs and metabolites: Application to the “Erika” oil spill. *Aquat Living Resour.*, 17, 329-334.
23. 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 (Normandy, France). *Aquatic Tox.*, 79, 257–267.
24. Chaillou G., **Anschutz P.** et Blanc G. (2006) The behaviour of rare earth elements in the modern sediments of the Bay of Biscay. *Mar. Chem.* 100, 39-52.
25. Church T.M., Sommerfield C., Velinsky D., Point D., Benoit C., Amouroux D., **Plaa D.**, **Donard O.F.X.** (2006) Marsh sediments as records of sedimentation, eutrophication and metal pollution in the urban Deleware estuary. *Marine Chemistry*. sous presse
26. Ciutat A. , **Anschutz P.**, Gerino M. et Boudou A.. (2005) Bioturbation effects by Tubificids worms on cadmium transfers from the water column to the sediments compartment. *Environmental Toxicology and Chemistry* 24, 1048-1058
27. Ciutat A., Gerino M., N. Mesmer-Dudons, **Anschutz P.** et Boudou A. (2005) Cadmium bioaccumulation in Tubificidae from the water column source and effects on bioturbation activity. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60, 237-246.
28. **Coste M.**, **Tison J.**, **Delmas F.** (2005) Note nationale du 09/05/2005 : Flore diatomique des cours d’eau : Typologie des assemblages de référence au niveau du territoire Français. Proposition de valeurs limites du Bon Etat pour l’IPS et l’I.B.D.. Cemagref Editions. 17 pages + annexes.
29. Coulibaly A., **Anschutz P.**, Blanc G., Malaizé B. et Pujol C. (2006) The effect of paleo-oceanographic changes on the sedimentary recording of hydrothermal activity in the Red Sea during the last 30 000 years. *Marine Geology*. 226, 51-64

30. De Wit R., Leibreich J., Vernier F., **Delmas F.**, **Beuffe H.**, Maison P., **Chossat J.C.**, Laplace Treytur, C., Laplana R., Clave V., Torre M., Auby I., Trut G., Maurer D., Capdeville J. (2005) Relationship between land-use in the agro-forestry system of les Landes, nitrogen loading to and risk of macro-algal blooming in the Bassin d'Arcachon coastal lagoon (SW France). *Estuarine, coastal and shelf science*, 62, 453-465
31. Deborde J., **Anschutz P.** Chaillou G., Etcheber H., Commariou M.V., Lecroart P., Abril G. The dynamics of phosphorus in turbid estuaries : Example of the Gironde estuary (France). *Sous presse à Limnology and Oceanography*
32. **Delmas, F.**, Othoniel, C., Garabetian, F., Teissier, S., Lyautey, E. (2005) Les biofilms épilithiques, témoins du niveau d'enrichissement de la Garonne. In : *Cahier Technique N°4 Agence de l'Eau Adour-Garonne – GIS ECOBAG : « La Garonne dans son Bassin »*, 4-6.
33. **Devier MH, S. Augagneur, H. Budzinski, K. Le Menach, P. Mora, J.F. Narbonne, P. Garrigues** (2005) One-year monitoring survey of organic compounds (PAHs, PCBs, TBT), heavy metals and biomarkers in blue mussels from the Arcachon Bay, France. *J. Environ. Monit.*, 7, 224-240.
34. Djomo JE, A. Dauta, V. Ferrier, **J.F. Narbonne**, A. Moonkeidje, T. Njine, P. Garrigues (2004) Toxic effects of some major polyaromatic hydrocarbons found in crude oil and aquatic sediments on *Scenedesmus subspicatus*. *Water Res.*, 38, 1817-1821.
35. Dominique Y., **Maury-Brachet R.**, Muresan B., Vigouroux R., Richard S., Cossa D., Mariotti A., Boudou A. (2004) *Curimata cyprinoides* as a fish model for analysis goldmining and damming effects on mercury contamination of freshwater systems. *Materials and Geoenvironment*, 51, 954-957.
36. Durrieu G., **Maury-Brachet R.**, Boudou A. (2005) Goldmining and mercury contamination of the piscivorous fish *Hoplias aimara* in French Guiana (Amazon Basin). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 315-323.
37. Durrieu G., **Maury-Brachet R.**, Rochard E., Girardin M., Boudou A. (2006) Contamination by heavy metals (Cd, Zn, Cu, Hg) of eight fish species in the Gironde Estuary (France). *Estuaries* 28, 581-591.
38. **ESCODD** (European Standards Committee on Oxidative DNA Damage) (2005) Establishing the background level of base oxidation in human lymphocyte DNA : results from an inter-laboratory validation study. *FASEB J.*, 19, 82-84.
39. Fontanier C., Jorissen F.J., **Anschutz P.**, Chaillou G. (2006) Seasonal variability of benthic foraminiferal faunas at 1000 metre depth in the Bay of Biscay. *sous presse dans Journal of Foraminiferal Research* 36, 61-76.
40. Fontanier C., Jorissen F.J., Chaillou G., **Anschutz P.**, Grémare A., Griveaud C. (2005) Live foraminiferal faunas from a 2800 m deep lower canyon station from the Bay of Biscay : Faunal response to focussing of refractory organic matter. *Deep-Sea Res. I*, 53, 1189-1227
41. Fontanier C., Mackensen A., Jorissen F., **Anschutz P.**, Licari L. and David C. (2006) Stable Oxygen and Carbon Isotopes of Live Benthic Foraminifera from the Bay of Biscay: Microhabitat Impact and Seasonal Variability *Marine Micropaleontology*, 58, 159-183
42. Garrigues, J.E. Djomo, V. Ferrier, A. Dauta, A. Monkiedje, A. Mvondo Ze, **J.F. Narbonne** (2004) Toxicokinetics of polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated sediments by the amphibian larvae (*Pleurodeles waltl*). *Pol. Arom. Comp.*, 24, 207-219.
43. Geffard O, A. Geffard, **H. Budzinski**, C. Crouzet, R. Menasria, J. Amiard, C. Amiad-Triquet (2005) Mobility and potential toxicity of sediment-bound metals in a tidal estuary. *Environ. Toxicol.*, 20, 407-417.
44. Geffard O, E. His, **H. Budzinski**, J.F. Chiffolleau, A. Coynel, H. Etcheber (2004) Effects of storage method and duration on the toxicity of marine sediments to embryos of *Crassostrea gigas* oysters. *Environ. Pol.*, 129, 457-565.
45. Geffard O, **H. Budzinski**, E. His (2004) The effects of decanted sediments on embryogenesis in oysters (*crassostrea gigas*). *Environ. Toxicol. Chem.*, 23, 1655-1661.
46. Geffard O, **H. Budzinski, K. Le Menach** (2004) Chemical and ecotoxicological characterization of the "Erika" petroleum : bio-tests applied to petroleum water-accommodated fractions and natural contaminated samples. *Aquat. Living Resour.*, 17, 289-296.
47. Giovanela M, **E. Parlanti**, E.J. Soriano-Sierra, M.S. Soldi, M.M.D. Sierra (2004) Elemental compositions, FT-IR spectra and thermal behaviour of sedimentary fulvic and humic acids from aquatic and terrestrial environments. *Geochemical Journal*, 38 (2), 255-264.

48. **Gonzalez P., Baudrimont M.,** Boudou A., Bourdineaud JP. (2006) Comparative effects of direct cadmium contamination on gene expression in gills, liver, skeletal muscles and brain of the zebra fish (*Danio rerio*). *Biometals* 19, 225-235.
49. **Gonzalez P.,** Y. Dominique, J.C. Massabuau, A. Boudou, Bourdineaud J.P. (2005) Comparative effects of dietary methylmercury on gene expression in liver, skeletal muscle and brain of the zebra fish (*Danio rerio*). *Environmental Science & Technology*, 39, 3972-3980
50. Gosselain, V., Campeau, S., Gevrey, M., **Coste, M.,** Ector, L., Rimet, F., **Tison, J., Delmas, F.,** Park, Y.S., Lek, S., Descy, J.-P. (2005) Diatom typology of low-impacted conditions at a multi-regional scale : combined results of multivariate analyses and SOM. In S. LEK, M. SCARDI, P. F. M. VERDONSCHOT, J.-P. DESCY & Y. S. PARK, *Modelling Community structure in freshwater ecosystems.*, Springer, 5.6, 317-342
51. Grémare A., D. Guttierrez, P. **Anschutz,** Amouroux J.M., B. Deflandre, G. Vétion (2005), Spatio-temporal changes in totally and enzymatically hydrolysable amino acids of superficial sediments from three contrasted areas. *Progress in Oceanography* 65, 89-111.
52. Labadie P, **H. Budzinski** (2005) Determination of steroidal hormone profiles along the Jalle d'Eysines River (near Bordeaux, France). *Environ. Sci. Technol.*, 39, 5113-5120.
53. Labadie P, **H. Budzinski** (2005) Development of an analytical procedure for determination of selected estrogens and progestagens in water samples. *Anal. Bioanal. Chem.*, 381, 1199-1025.
54. Labadie P, **H. Budzinski** (2006) Alteration of steroid hormone balance in juvenile turbot (*psetta maxima*) exposed to nonylphenol, bisphenol A, BDE 47, diallylphtalate, oil and oil+alkylphenol industrial mixture. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 50, 552–561, 2006.
55. 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.
56. Langezaal A.M., Jorissen F.J., Braun B., Chaillou G., Fontanier C., **Anschutz P.,** van der Zwaan G.J. Benthic-pelagic coupling: interactions of sinking organic matter, bioturbation, bacterial mediated redox zones and foraminiferal responses at the outer shelf of the Bay of Biscay. *Continental Shelf Research* 26, 1730-1755.
57. Le Goff J, J. Gallois, **L. Pelhuet, M. H. Devier, H. Budzinski,** D. Pottier, V. Andre, 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.
58. **Legeay A.,** Achard-Joris M., Baudrimont M., Massabuau JC, Bourdineaud JP. (2005) Impact of cadmium contamination and oxygen levels on biochemical responses in the Asiatic clam *Corbicula fluminea*. *Aquatic Toxicology*, 74, 242-253.
59. Marie V., **Baudrimont M.,** Boudou A. (2006) Cadmium and zinc bioaccumulation and metallothionein response in two freshwater bivalves (*Corbicula fluminea* and *Dreissena polymorpha*) transplanted along a polymetallic gradient. *Chemosphere* (sous presse).
60. Marie V., **Gonzalez P., Baudrimont M.,** Bourdineaud JP., Boudou A. (2006) Metallothionein response to cadmium and zinc exposures compared in two freshwater bivalves, *Dreissena polymorpha* and *Corbicula fluminea*. *Biometals*, 19, 299-407.
61. Marie V., **Gonzalez P., Baudrimont M.,** Boutet I., Moraga D., Bourdineaud JP., Boudou A. (2006). Metallothionein gene expression and protein levels in triploid and diploid oysters *Crassostrea gigas* after exposure to cadmium and zinc. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25, 412-418.
62. *Marine Chemistry* 90, 107-123.
63. Masson M., Schäfer J., Blanc G., **Anschutz P.,** Temperature-dependent dissolved arsenic variations in three contrasting watersheds: seasonal variations and annual fluxes in the Garonne, Dordogne and Isle Rivers sous presse à *Science of the Total Environment*.
64. **Maury-Brachet R.,** Durrieu G., Dominique Y., Boudou A. (2006) Mercury distribution in fish organs and food regimes : Significant relationships from twelve species collected in French Guiana (Amazon basin). *Science of the Total Environment*, 368, 262-270.
65. Mazeas O, **H. Budzinski** (2005) Solid phase extraction and purification for the quantification of polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites in fish bile. *Anal. Bioanal. Chem.*, 383. 985–990.
66. Monperrus M., Point D., Grall J., Chauvaud L., Amouroux D., Bareille G., **Donard O.F.X.** (2005) Determination of metal and organometal trophic bioaccumulation in the benthic macrofauna of the Adour estuary coastal zone (SW France, Bay of Biscay). *Journal of Environmental Monitoring* 7, 1-9.

67. Monperrus M., **Tessier E.**, Point D., Vidimovak K., Amouroux D., Guyoneaud R., Leynaert A., Grall J., Chauvaud L., Thouzeau G., **Donard O.F.X.** (2006) Biogeochemistry of mercury at the sediment water interface in the Thau lagoon. Measurements of mercury methylation potential in sediment and water and fate of methylmercury. *Estuarine Coastal and Shelf Science* sous presse
68. Morabito R., Camara C., Frech W., Kramer K.J.M., Bianchi M., **Donard O.F.X.**, Lobinski R., McSheehy S. Gawlick B., Bowadt S., Quevauviller Ph. , (2006) A new certified reference material for the analytical quality control of tin, mercury and arsenic species in oyster tissue. *Trends in Analytical Chemistry*, 23, 664-674.
69. Morabito R., Massanisso P., Camara C., Larsson T., Frech W., Kramer K.J.M., Bianchi M., Muntau H., **Donard O.F.X.**, Lobinski R., McSheehy S., **Potin-Gautier M.**, Pannier F., Gawlick B., Bowadt S., Quevauviller PH. (2004) Towards a new Certified Reference Material for butyltins, methylmercury and arsenobetaine in oyster tissue. *Trends Analytical Chemistry*, 23, 664-676.
70. **Morin, S., Vivas-Nogues, M.L., Duong, T.T., Boudou, A., Coste, M., Delmas, F.** (2006) Dynamics of diatom colonization in a cadmium-polluted river (Riou-Mort, France). *Archiv Hydrobiol.* (sous presse)
71. Mortimer R.J.G, Harris S.J., Krom M.D., Freitag T., Prosser J.I., Barnes J., **Anschutz P.**, Hayes P., and Davies I.M. (2004) Anoxic nitrification in marine sediments. *Marine Ecology Progress Series* 276, 37-51.
72. Mouchet F., **Baudrimont M., Gonzalez P.**, Cuenot Y., Bourdineaud JP., Boudou A., Gauthier L. (2006) Genotoxic and stress inductive potential of cadmium in *Xenopus laevis* larvae. *Aquatic Toxicology*, 78, 157-166.
73. Moukrim, F. El Hamidi, A. Lagbouri, A. Kayaa, A. Zekkhini, A. Bouhaimi, **J.F. Narbonne** (2004) Study of *Donax trunculus* as a sentinel species for environmental monitoring of sandy beaches on Moroccan coasts. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 73, 674-681.
74. Mulder T., Cirac P., Gaudin M., Bourillet J.-F., Tranier J., Normand A., Weber O., Griboulard R., Jouanneau J.-M., **Anschutz P.**, Jorissen F.J. (2004) Understanding Continent-Ocean sediment transfer. *EOS*, 85, 257, 261-262.
75. Munaron D., **Dubernet J.F., Delmas F.**, Stanisière J.Y., Scribe P. (2006) Assessment of the quantities of herbicides and nutrients brought down by the river Charente to the coast and modelling of the dispersion of atrazine in the Marennes-Oleron Bay. *Cah. Biol. Mar.*, 47, 85-92.
76. **Narbonne JF**, N. Aarab, C. Clerandeau, **M. Daubeze**, O. Champeau, P. Garrigues (2005) Scale of classification based on biochemical markers in mussel : application to pollution monitoring in Mediterranean coasts and temporal trends. *Biomarkers*, 10, 58-71.
77. Park, Y.S., **Tison J., Coste M., Lek S., Delmas F.** (2006) Application of a self-organizing map to select representative species In multivariate analysis : A case study determining diatom distribution patterns across Europe. *Ecological Informatics* - (sous presse)
78. Perraudin E, **H. Budzinski**, E. Villenave (2005) Analysis of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons using pressurised fluid extraction. *Anal. Bioanal. Chem.*, 383, 122–131.
79. Pierron F., **Baudrimont M.**, Boudou A., Massabau JC. (2006) Effects of salinity and hypoxia on Cd bioaccumulation processes in the shrimp *Palaemon longirostris*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, sous presse.
80. Point D., Monperrus M., **Tessier E.**, Amouroux D., Chauvaud L., Thouzeau G., Jan F., Amice E., Grall J., Leynaert A., Clavier J., **Donard O.F.X.** (2006) Benthic fluxes of metals (Cu, Cd, Pb, Mn, U and iHg) and organometals (MMHg, TBT, DBT and MBT) in the eutrophicated Thau Lagoon (Mediterranean Coast, France): role of the biological activity. *Estuarine Coastal and Shelf Science* sous presse
81. Quétel Q., Snell J.P., Aregbe Y., Abranko L., Jokai Z.S, Brunori C., Morabito R., Hagan W., Azemard S., Wyse E., Fajon V., Horvat M., Logar M., **Donard O.F.X.**, Krupp E.M., Entwisle J., Hearn R., Schantz M., Inagaki K., Takatsu A., Grinberg P., Willie S., Hintelmann H., Bjoern E., Blanco Gonzales E., Centineo G., Ignacio Garcia Alonso J., Sanz-Medel A. (2006) Methylmercury in tuna : demonstrating measurement capabilities and evaluating comparability of results worldwide from the CCQM P39 comparison. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 20, 1058-1066.
82. 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 and Technology*, 40, 5282–5288.
83. Rabouille C. , D. Amouroux, P. **Anschutz**, F. Gilbert, F. Prevot, D. Cossa Introductory paper : Biogeochemistry and the mobility of contaminants of a human impacted lagoon Sous presse à *Estuarine, Coastal, Shelf Sciences*

84. Rocher A, J. Le Goff, M. Briand, H. Manduzio, **L. Peluhet**, J. Gallois, **M. H. Devier**, L. Gricourt, **S. Augagneur**, **H. Budzinski**, D. Pottier, V. Andrée, P. Lebailly, J. Cachot (2006) Genotoxicant accumulation and cellular defence activation in bivalves chronically exposed to waterborne contaminants from the Seine River. *Aquatic Tox.*, 79, 65–77.
85. Rodriguez Martin-Doimeadios R.C., **Tessier E.**, Amouroux D., Guyoneaud R., Duran R., **Donard O.F.X.**, Caumette P. (2004) Mercury methylation / demethylation and volatilization pathways in estuarine sediment slurries using species-specific enriched stable isotopes.
86. Sierra MMD, M. Giovanela, **E. Parlanti**, E.J. Soriano-Sierra (2005) Fluorescence fingerprint of fulvic and humic acids from varied origins as viewed by single-scan and excitation/emission matrix techniques. *Chemosphere*, 58, 715-733.
87. Sierra MMD, M. Giovanela, **E. Parlanti**, V.I. Esteves, A.C. Duarte, A. Fransozo, E.J. Soriano-Sierra (2005) Structural description of humic substances from subtropical coastal environments using elemental analysis, FT-IR and ¹³C-Solid State NMR. *Journal of Coastal Research*, 42, 370-382, (2005).
88. Stoichev T., Amouroux D., Monperrus M., Point D., **Tessier E.**, Bareille G., **Donard O.F.X.** (2006) Methyl mercury in surface waters of the Adour river estuary (South West France). *Chemistry and Ecology* (2006), sous presse.
89. Stoichev T., Amouroux D., Wasserman J., Point D., De Diego A., Bareille G., **Donard O.F.X.** (2004) Dynamics of mercury species in surface sediments from a macrotidal estuarine-coastal system (Adour River, Bay of Biscay). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 59, 511-521.
90. Stoichev T., Rodriguez Martin Doimeadios R.C., **Tessier E.**, Amouroux D., Ribavara F., **Donard O.F.X.** (2005) Factorial design investigation of mercury species determination by cryofocusing hydride generation. *Comptes rendus de l'Académie Bulgare des Sciences*, 58, 1179-1182.
91. Teissier, S., Torre, M., **Delmas, F.**, Garabetian, F. (2006) Detailing biogeochemical nitrogen budgets in riverine epilithic biofilms. *Journal of the North-American Benthological Society* (sous presse)
92. **Tison J.**, Giraudel J.L., Park Y.-S., **Coste M.**, **Delmas F.** (2005) Classification of stream diatom communities using a self-organizing map. In S. Lek, M. Scardi, P. F. M. Verdonschot, J.P. Descy & Y. S. Park. Book "Modelling Community structure in freshwater ecosystems", Springer, 5.5., 304-316.
93. **Tison J.**, Park Y.S., **Coste M.**, Wasson J.G., Ector L., Rimet F., **Delmas F.** (2005) Typology of diatom communities and the influence of hydro-ecoregions: A study on the French hydrosystem scale. *Water Research*, 39, 3177-3188
94. **Tison, J.**, J.-L. Giraudel, **M. Coste**, Y. S. Park, **F. Delmas** (2004) Use of unsupervised neural networks for eco-regional zonation of hydrosystems through diatom communities : case study of Adour-Garonne watershed (France). *Arch. Hydrobiol.*, 159, 409-422.
95. **Tison, J.**, Park Y.S., **Coste M.**, Wasson J.G., Rimet F., Ector, L., **Delmas F.** (2006) Predicting diatom reference communities at the french hydrosystem scale : first step towards the definition of the good ecological status. *Ecological Modelling* (sous presse).
96. Togola A, **H. Budzinski** (2006) Présence de résidus de médicaments dans les différents compartiments du milieu aquatique. *Environnement, Risques & Santé*, 5, 248–253.

2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

1. Achard M., **Baudrimont M.**, Boudou A., Bourdineaud J.P. (2004) Induction of a multixenobiotic resistance protein (MXR) in the Asiatic clam *Corbicula fluminea* after heavy metal exposure. SETAC Europe 14th Annual Meeting, Prague, Czech Republic.
2. Achard-Joris M., Authier L., **Baudrimont M.**, Blanc G., Boudou A, Bourdineaud JP., Bueno M., Betelu S., Cleyet-Mare J.C., Cornu JY., **Coste M.**, Coynel A., Dabrin A., **Delmas F.**, Denaix L., Dreyfus B., Dupré B., Durrieu G., Escare J., Gauthier L., Girardot N., **Gonzalez P.**, **Legeay A.**, Le Hecho I., Lespes G., Maneux E., Marie V., Massabuau JC., Masson M., Morin S., Mouchet F., Munoz M., Oliva P., Pannier F., **Parlanti E.**, Pierron F., Pokrovski O., **Potin-Gauthier M.**, Sappin-Didier V., Schäfer J., Schott J., Sivry Y., Sonke J., Viers J. (2005) Étude pluridisciplinaire des mécanismes de contamination des hydrosystèmes continentaux et des zones rivulaires par les métaux (Cd, Zn). Colloque ECCO, volet ECODYN, Toulouse, France.
3. Achard-Joris M., **Gonzalez P.**, Marie V., **Baudrimont M.**, Bourdineaud JP. (2005) Gene expression of ribosomal S9 protein and cytochrome c oxidase subunit I genes in the freshwater bivalve *Corbicula*

- fluminea*: new potential biomarkers of cadmium contamination. SETAC Europe 15th annual meeting, Lille, France.
4. Amouroux D, M. Monperrus, D. Point, **E. Tessier**, L. Chauvaud, G. Thouzeau, F. Jean, A. Leynaert, J. Clavier, J. Grall, E. Amice (2004). Mercury species benthic fluxes measurements in coastal environments as influenced by the biological activity. 7TH International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Ljubljana, Slovénie.
 5. **Anschutz** P. (2004) Benthic-pelagic coupling of biogenic compounds on the southeastern margin of the Bay of Biscay and the Capbreton canyon. IX^{ème} Colloque International d'Océanographie du Golfe de Gascogne, Pau, juin 2004.
 6. **Anschutz** P. (2005) Missions PROTAGO 1 et 2, Côtes de la Manche. Colloque du CIRMAT, Rouen, Déc. 2005
 7. **Anschutz** P. (2005) Missions SEDICAN1 et 2, Côtes de la Manche. Colloque du CIRMAT, Rouen, Déc. 2005
 8. **Anschutz** P., Deborde J, Abril G., Deflandre B, Chaillou G., Sundby B. (2005) Sediment-water column exchanges during a tidal cycle in the Arcachon lagoon. (SW-France). ASLO Summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, juin 2005.
 9. **Anschutz** P., Deborde J., Abril G., Lecroart P., Guérin F., Denis L., Rauch M., Boucher G., Migné A., Davoult D., Spilmont N. (2006) BENTIDAL : Processus biogéochimiques benthiques dans les sédiments intertidaux perméables. Colloque "Développements récents de la recherche en environnement côtier" Nantes, 26-28 juin 2006
 10. **Anschutz** P., Deborde J., Guérin F., Abril G., Lecroart P. (2006) Echanges dissous entre l'eau et le sédiment durant un cycle de marée et un cycle saisonnier sur l'estran du Bassin d'Arcachon. Colloque "Développements récents de la recherche en environnement côtier" Nantes, 26-28 juin 2006
 11. Ballihaut G, C. Pecheyran, L. Tastet, B. Bouyssiere, J. Ruiz Encinar, **O.F.X. Donard**, P. Caumette, R. Grimaud, R. Lobinski (2004). Detection of selenium-containing proteins in gel electrophoresis by laser ablation-ICP-MS prior to identification by cHPLC-ICP-MS and cHPLC-electrospray MS, International Symposium, Analytical Forum, Warsovie, Pologne.
 12. Barats A, C. Pecheyran, D. Amouroux, L. Chauvaud, **O.F.X. Donard** (2004). High resolution and quantitative trace elements profiles in scallop shells "Pecten Maximus" by Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. 9TH FECS Conference and 2ND SFC Meeting on Chemistry and the Environment, Bordeaux, France.
 13. Barats A, D. Amouroux, C. Pecheyran, L. Chauvaud, **O.F.X. Donard** (2005). Daily scale record of Molybdenum (Mo) concentrations in the Great Scallop Shell Pecten Maximus: a potential proxy of diatom bloom events?, A.S.L.O., Saint Jacques de Compostelle, Espagne.
 14. Barats A, D. Amouroux, C. Pecheyran, L. Chauvaud, G. Bareille, O. Strand, A.G.. Sanchez Mata, **O.F.X. Donard**, (2006). Trace element variations in scallop shells Pecten maximus as a potential time series recording of coastal environmental changes. X Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, Vigo, Espagne.
 15. Barats A, H. Tabouret, C. Pecheyran, D. Amouroux, L. Chauvaud, F. Caurant, **O.F.X. Donard** (2005). Analyse des éléments trace dans des biominéraux (calcite et apatite) par ablation laser et spectrométrie de masse à plasma induit (LA-ICP-MS). SPECTRATOM 2005, Pau, France.
 16. Barats G, D. Amouroux, C. Pecheyran, L., Chauvaud, **O.F.X. Donard** (2006). Daily scale records of trace element concentrations in the calcite of Great Scallop shell Pecten Maximus: Potential archives of blooms and upwelling events? Aslo Summer Meeting 2006, Victoria, BC, Canada.
 17. Barats G, S. Dreyfus, C. Pecheyran, D. Amouroux, L. Chauvaud, **O.F.X. Donard** (2004). Trace element analysis in scallop shells "Pecten Maximus" and in crude oils by LA-ICP/MS and ICP/MS: a tool to evaluate Erika shipwreck environmental impact? 9^{EME} Colloque International d'Océanographie du Golfe de Gascogne, Pau, France.
 18. Bareille G, D. Point, D. Amouroux, M. Monperrus, H. Etcheber, **O.F.X. Donard** (2006). Geochemistry of trace metals of bed and suspended-sediments from the urban Adour estuary. X Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, Vigo, Espagne.
 19. Bareille G, D. Point, T. Stoichev, M. Monperrus, H. Etcheber, D. Amouroux, **O.F.X. Donard** (2004). Trace metals and fecal bacteria inputs in the urban Adour estuary : comparison of wastewater to river end-member., 9^{EME} Colloque International d'Océanographie du Golfe de Gascogne, Pau, France.

20. Bareille G, D. Point, T. Stoichev, M. Monperrus, H. Etcheber, D. Amouroux, **O.F.X. Donard** (2004). Levels and partitioning of trace metals Cu, Cd, Pb, Zn, Co and Ag in wastewaters from the urban Adour estuary: comparison to river water end-member. 9TH FECS Conference and 2ND SFC Meeting on Chemistry and the Environment, Bordeaux, France.
21. Bareille G, D. Point, T. Stoichev, M. Montperrus, H. Etcheber, D. Amouroux, **O.F.X. Donard** (2004). Relative contribution of local point sources to the input of trace metals and fecal bacteria in the urban Adour estuary during dry weather conditions. ECSA 38TH Symposium : Changes in Land Uses : Consequences on Estuaries and Coastal Zones, Rouen, France.
22. **Baudrimont M.**, Jeanniard du Dot T., Pokrovski O., Sautour B., Boudou A. (2004) Impact of salinity on cadmium bioaccumulation by two crustacean species from the Gironde estuary (France): *Gammarus zaddachi* and *Palaemon longirostris*. Setac Europe 14th Annual Meeting, Prague, Czech Republic.
23. Bergeron P., Gombert G., Courtois S., Chaubron F., Oujati H., **Jude F.**, Capdepuy M. (2006) Analyses bactériologiques des eaux de baignade en milieu naturel / Evaluation de 2 techniques à temps de réponse court. Revue de l'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement. 85^{ème} congrès, Deauville, 12-16 juin 2006.
24. Bergeron P., **Jude F.**, Gouranton G., Gombert G., Capdepuy M. (2005) Gestion sanitaire des eaux de baignade de la ville de Biarritz : développement d'un outil d'aide à la gestion environnementale des plages de la ville et d'une technique d'analyse bactériologique des eaux marines à temps de réponse minimal. 2^{ème} Colloque d'Ecologie Microbienne. Obernai, 9-12 mai 2005.
25. Blanc A, **H. Budzinski** (2004) Application of comprehensive two dimensional gas chromatography (GCxGC) on dioxins, furans and dioxin-like PCBs. 8^{ème} International Symposium on Hyphenated Technique in Chromatography and Hyphenated Chromatography Analyzers (HTC 8), Bruges, Belgique, 4-6 Février
26. **Budzinski H** (2004) Exposition des organismes marins aux HAP : biodisponibilité, bioaccumulation, biotransformation. Pollution Pétrolière et Océan, Paris, France, 3 Février
27. **Budzinski H** (2004) Exposure of marine organisms to Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) : use of PAH metabolites to track the impact of oil spills in relation to their toxic impact. International Society of Environmental Forensics (ISEF), Rio de Janeiro, Brésil, 22-23 novembre
28. **Budzinski H** (2004) Pollution des mers par les hydrocarbures : risques chimiques. Pollutec 2004, Lyon, France, 30 Novembre - 3 Décembre
29. **Budzinski H**, A. Togola (2004) Les substances pharmaceutiques : Nouveaux contaminants organiques des systèmes aquatiques ? Forum Labo, Paris, France, 23-26 Mars
30. **Budzinski H**, A. Togola (2005) Input of pharmaceuticals to a natural aquatic system : study of the Blanquefort river (nearby Bordeaux, France). 15th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Lille, France, 22-26 Mai
31. **Budzinski H**, A. Togola (2005) Study of pharmaceuticals in aquatic environment : application to a marine coastal system (Cortiou Rocky inlet, Mediterranean coast, France). 15th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Lille, France, 22-26 Mai
32. **Budzinski H**, A. Togola, J. Legrand (2005) Pharmaceutical substances : emergent contaminants of the aquatic media. Société Française de Chimie (SFC) Eurochem, Nancy, France, 28 Août - 1er Septembre
33. **Budzinski H**, N. Tapie (2005) A fast and common sample preparation procedure for the analysis of persistent organic pollutants (PBDE, PCB and organochlorinated pesticides). 15th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Lille, France, 22-26 Mai
34. **Budzinski H**, N. Tapie (2005) Contamination of aquatic organisms of the Gironde estuary (fish, crustaceans) by polychlorobiphenyls (PCB) and polybrominated diphenyl ethers (PBDE). 15th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Lille, France, 22-26 Mai
35. **Budzinski H**, O. Geffard, S. Roy, **K. Lemenach**, A. Bassères (2004) Utilisation de la benzo(a)pyrène hydroxylase chez mytilus sp. pour suivre une contamination liée à des HAP. 72^{ème} Congrès de l'Association Canadienne-Française pour l'Avancement des Sciences (ACFAS), Montréal, Canada, 10-14 Mai
36. **Budzinski H**, O. Mazeas, J. Tronczynski, Y. Desaunay, G. Claireaux (2004) PAH and PAH metabolites in fish : Application to the Erika oil spill. 14th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Prague, République Tchèque, 18-22 Avril
37. **Budzinski H**, O. Mazéas, J. Tronczynski, Y. Desaunay, G. Claireaux (2004) PAH and PAH metabolites in Fish : Application to the Erika oil spill. 9th Federation of European Chemical Societies (FECS) Conference

- and 2nd Société Française de Chimie (SFC) Meeting on Chemistry and the Environment, Bordeaux, France, 29 Août-1 Septembre
38. **Budzinski H**, O. Mazeas, M. Le Du (2005) Exposure of marine organisms to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) : Use of PAH metabolites to track the impact of oil spills in relation to their toxicity. 22nd International Meeting on Organic Geochemistry, Séville, Espagne, 12-16 Septembre
 39. Cachot G, O. Geffard, J. Legoff, M. Briand, J. Gallois, **H. Budzinski** (2004) Spatial and temporal distribution of genotoxicity in the Seine estuary. 38th Symposium on Estuarine Coastal and Shelf Association (ECSA), Rouen, France, 13-17 Septembre
 40. Cachot J, **H. Budzinski**, **K. Le Menach**, **S. Augagneur** (2005) Identification of sediment- associated compounds involved in the genotoxicity of the upper part of the Seine estuary. 15th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Lille, France, 22-26 Mai
 41. Cailleaud K, **H. Budzinski**, S. Souissi, G. Maillet, B. Rocher, J. Forget-Leray (2005) Proteomic response of a calanoid copepod *Eurytemora affinis* to organic contaminants exposure : a microcosm study. 13th International Symposium on Pollutant Responses in Marine Organisms (PRIMO 13), Alessandrie, Italie, 19-22 Juin
 42. Cailleaud K, **H. Budzinski**, S. Souissi, J. Forget Leray (2004) Transfer of organic contaminants from the water column to a calanoid copepod, *Eurytemora affinis* : An in situ study in the Seine estuary. 38th Symposium on Estuarine Coastal and Shelf Association (ECSA), Rouen, France, 13-17 Septembre
 43. Cailleaud K, **H. Budzinski**, S. Souissi, J. Forget-Leray (2005) Comparison between the swimming behavioural response of male and female *Eurytemora affinis* consecutive to injection of endocrine disruptor compounds. 9th International Conference On Copepoda (ICOC), Hammamet, Tunisie, 11-15 Juillet
 44. Cailleaud K, **H. Budzinski**, S. Souissi, J. Forget-Leray (2005) Multidisciplinary study of the effect of organic compounds on a calanoid copepod, *Eurytemora affinis* from biochemical to behavioural behaviour : a microcosm study. 9th International Conference On Copepoda (ICOC), Hammamet, Tunisie, 11-15 Juillet
 45. Cailleaud K, **H. Budzinski**, S. Souissi, J. Forget-Leray (2005) Seasonal variations of transfers of organic contaminants from the water column to a calanoid copepod, *Eurytemora affinis* : an in situ study of the Seine Estuary. 15th International Conference On Copepoda (ICOC), Hammamet, Tunisie, 11-15 Juillet
 46. Cailleaud K, J. Forget-Leray, S. Souissi, **H. Budzinski** (2005) Bioaccumulation and effects of organic contaminants of the Seine estuary on a calanoid copepod *Eurytemora affinis* : a microcosm study. 15th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Lille, France, 22-26 Mai
 47. Chaillou G., **Anschutz** P. Dubrulle C. (2005) Interaction between N-species and Mn-oxides in rapid deposited sediment layers: field observations and experiments. ASLO Summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, juin 2005.
 48. Church T, C. Sommerfield, D. Velinsky, D. Point, C. Benoit, D. Amouroux, **D. Plaa**, **O.F.X. Donard** (2004). Marsh sediments as records of eutrophication and metal pollution in the urban Delaware estuary 8TH International Estuarine Biogeochemistry Symposium, Solomons, USA.
 49. Church T, C. Sommerfield, D. Velinsky, D. Point, C. Benoit, D. Amouroux, **D. Plaa**, **O.F.X. Donard** (2004). Marsh Sediments as Records of Eutrophication and Metal Pollution in the Urban Delaware Estuary. 8TH International Estuarine Biogeochemistry Symposium, Solomons, USA.
 50. **Coste M.** (2005) Harmonization of diatom datasets : Practical considerations for taxonomical data handling. REBECCA WP4 – Activity N°4 “Nutrients” Workshop, CEH Wallingford (U.K.), 21-22/09/2005 & Joined “European GIGs - Rebecca/WP4” Meeting, SHMU Bratislava, Slovak Republic, 03 to 06/10/2005
 51. **Coste M.**, Boutry S., **Tison J.**, **Delmas F.**, Prygiel J. (2006) Le point sur les tentatives d’amélioration apportées à l’I.B.D. – Etat d’avancement et perspectives. 25^{ème} Colloque de l’ADLaF, Caen, 25-28 Septembre 2006. In : L. Ector, F. Rimet & A. Georges (Eds).
 52. **Coste M.**, **Tison J.**, Prygiel J., Boutry S., Morin S., **Coste M.** (2006) Diatom indices used in france for monitoring rivers : last improvements following the E.U. Water Framework Directive requirements. In : Acs, E, Kiss, K.T., Padizak, J. et Szabo, K. E. (eds) Use of algae for monitoring rivers VI, Hungarian Algological Society, Göd, Hungary.
 53. **Coste M.**, **Tison J.**, Roche B., **F. Delmas** (2004) Communautés diatomiques de quelques rivières corses et diagnostic des qualité d'eau. Oral Comm. In (Eds.) 23ème Colloque de l'ADLaF, Orléans France 13-16 Sept. 2004.
 54. Coulibaly A., **Anschutz** P., Blanc G., Malaizé B., Pujol C. (2004). Climate cycles and the recording of hydrothermalism in the Red Sea. International Congress of Paleo-oceanography 8, Biarritz, sept 2004

55. **Davail-Cuisset B.** (2006) Etude histologique et hybridation *in situ* de l'ovogenèse de la truite arc-en-ciel. Congrès annuel de l'Association Française d'histotechnologie, 18-19 mai 2006, La Rochelle.
56. **Davail-Cuisset B.**, Lacomme S., Pelard M., Rouault T., Lepage M., Williot P. (2005) Hormonal profile in adults of critically endangered sturgeon, *Acipenser sturio*, adapted to hatchery conditions. 5th International Symposium on Sturgeon, 9-13 may, Ramsar, IRAN.
57. **Davail-Cuisset B.**, **C.R.E.A.**, **Cemagref.** (2005) Etude de la gamétogenèse de l'esturgeon atlantique européen (*Acipenser sturio*) adapté en éclosérie par le suivi de paramètres plasmatiques hormonaux. Réunion du Comité Consultatif sur l'esturgeon européen, C.R.E.A., Cemagref, Saint-Seurin-sur l'Isle, 5 juillet 2005
58. De Montaudouin X., **Baudrimont M.**, Bazairi H., Cottet M., Dabouineau L., Desclaux C., Gam M., **Gonzalez P.**, Jensen KT., **Jude F.**, Krakau M., Lassale G., Pina S., **Raymond N.**, Reise K., Russel-Pinto F., Thieltges DW., Paillard C. (2005) Parasite communities in cockles *Cerastoderma edule* along a latitudinal gradient (North Africa to Scandinavia): pattern and processes. 8th International Conference on Shellfish Restoration, Brest, France.
59. De Montaudouin X., **Baudrimont M.**, Bazairi H., Cottet M., Dabouineau L., Desclaux C., Gam M., **Gonzalez P.**, Jensen KT., **Jude F.**, Krakau M., Lassale G., Pina S., **Raymond N.**, Reise K., Russel-Pinto F., Thieltges DW. and Paillard C. (2006) Communautés parasitaires des coques (*Cerastoderma edule*) selon un gradient latitudinal (Afrique du Nord - Scandinavie): structure et mécanismes Programme National Environnement Côtier - Développements récents de la recherche en environnement côtier, Nantes, France.
60. De Montaudouin X., **Baudrimont M.**, Desclaux C., **Gonzalez P.**, **Jude F.**, **Raymond N.** (2006) Déterminisme de la dynamique du système parasite (trématode) / hôte (bivalve). Programme National Environnement Côtier - Développements récents de la recherche en environnement côtier, Nantes, France.
61. Debenest T., **Coste M.**, **Delmas F.**, Gardes N., **Dubernet J.F.** (2005) Pollutions agricoles et diatomées benthiques. Essai de caractérisation et d'évaluation des principaux impacts in situ. Application à quelques cours d'eau des Coteaux de Gascogne. Oral Comm. In ADLaF (Eds.) Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française, Bordeaux-Talence, 6 au 8/09/2005.
62. Debenest T., **Coste M.**, **Delmas F.**, Pinelli E. (2006) River pollution caused by agricultural herbicides and benthic diatom communities : study of relationships, setting-up of specific descriptors usable for bio-indication. In : Acs, E, Kiss, K.T., Padizak, J. et Szabo, K. E. (eds) Use of algae for monitoring rivers VI, Hungarian Algological Society, Göd, Hungary, p 40. (Poster Session)
63. Debenest T., **Coste M.**, Morin S., **Delmas F.** (2004) Effets des pollutions métalliques sur les communautés de diatomées benthiques : fiabilité relative du critère d'abondance des formes anormales. In AFL (Eds.) 47ème congrès de l'AFL, Besançon, 5-8 juillet 2004 [DOC ARCHIVES QE Dossier Michel Coste (BX). 04/0349 (DG)]
64. Debenest T., **Delmas F.**, Charier A., **Coste M.**, **Mazzella N.**, Grange J. (2006) Impacts hydrobiologiques des pollutions agricoles sur les cours d'eau des Coteaux de Gascogne : Etude expérimentale en canaux artificiels de l'impact du diuron, de l'isoproturon, de l'acétochlore et de la terbutylazine sur les communautés de diatomées benthiques. 25^{ème} Colloque de l'ADLaF, Caen, 25-28 Septembre 2006. In : L. Ector, F. Rimet & A. Georges (Eds)
65. Deborde J. et **Anschutz P.** (2006) sediment-water column exche-anges during a tidal cycle in a macrotidal lagoon, the Bay of Arcachon (SW France). Ocean Science Meeting, Honolulu, Fév. 2006.
66. Deborde J., **Anschutz P.**, Abril G. (2004) The dynamics of phosphorus in turbid estuaries : Example of the Gironde estuary. 38^e ECSA (Estuarine, Coastal, and Shelf Association), Rouen, Sept 2004.
67. Deborde J., **Anschutz P.**, Abril G., Chaillou G. (2005) Phosphorus reactivity in turbid estuarine systems: example of the Gironde estuary (SW-France). ASLO Summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, juin 2005.
68. Deborde J., Carasco A., Abril G., Commarieu M-V et **Anschutz P.** (2006) Effet d'un herbier de *Zostera noltii* sur les processus biogéochimiques d'un platier intertidal du Bassin d'Arcachon (France). Colloque "Développements récents de la recherche en environnement côtier" Nantes, 26-28 juin 2006.
69. **Delmas F.**, Boutry S., Deflandre A., Fisher J., **Tison J.**, Jarvie H, **Coste M.** (2006) Study of relationships between nutrients lied to man-made enrichment and diatom indexes notes : determination of no-effect thresholds for relationships improvement and for reference sites assessment. In : Acs, E, Kiss, K.T., Padizak, J. et Szabo, K. E. (eds) Use of algae for monitoring rivers VI, Hungarian Algological Society, Göd, Hungary
70. **Delmas F.**, Boutry S., **Tison J.**, **Coste M.** (2006) Etude des relations entre les niveaux de nutriments et les flores diatomiques en rivières et utilisation des résultats en appui à la mise en oeuvre de la Directive-Cadre

- sur l'Eau (DCE). 25^{ème} Colloque de l'ADLaF, Caen, 25-28 Septembre 2006. In : L. Ector, F. Rimet & A. Georges (Eds)
71. **Delmas F., Park Y.S., Tison J., Giraudel J.L., Coste M.** (2005) Réduction des listes d'espèces des relévés biologiques pour l'application de la DCE et en vue de la simplification des outils de biomonitoring : Application aux diatomées benthiques. Oral Comm. In AFL (Eds) Programme Scientifique de la 6^{ème} CILO, ENTPE, Vaulx en Velin, 04 au 07/06/2005, p.28.
 72. **Delmas F., Tison J., Park Y.S., Wasson J.G., Coste M.** (2005) Analysis of the French diatom dataset : Effects of the natural variation and of nutrients causing eutrophication on the diatom communities. REBECCA WP4 – Activity N°4 “Nutrients” Workshop, CEH Wallingford (U.K.), 21-22/09/2005 & Joined European GIGs.
 73. **Delmas F., Tison J., Park Y.S., Wasson J.G., Coste M.** (2005) Analysis of the French diatom dataset : Effects of the natural variation and of nutrients causing eutrophication on the diatom communities. Joined “European GIGs - Rebecca/WP4” Meeting, SHMU Bratislava, Slovak Republic, 03 to 06/10/2005.
 74. **Delmas, F., Coste M.** (2005). French situation concerning diatom bio-indication and tools in rivers. “Phytobenthos and Aquatic Macrophytes” national expert meeting, Central-Baltic GIG, Tallin (Estonia), 06/06/2005.
 75. **Delmas, F., Tison J., Park, Y.S., Wasson, J.G., Coste, M.** (2005) Apports scientifiques à la mise en œuvre de la DCE en France à l'aide du compartiment des diatomées benthiques : Etat d'avancement. Oral Comm. In ADLaF (Eds.) 24^{ème} Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française, Bordeaux-Talence, 06 au 08/09/2005.
 76. Desclaux C., **Gonzalez P., Baudrimont M., Bourdineaud JP, de Montaudouin, X.** (2004) Metallothionein gene expression in parasitized and healthy cockles (*Cerastoderma edule*) after cadmium contamination. 9^{ème} Colloque International d'Océanographie du Golfe de Gascogne, Pau, France.
 77. Desclaux C., **Gonzalez P., Baudrimont M., Bourdineaud JP., de Montaudouin X.** (2004) Metallothionein gene expression in parasitized and healthy cockles (*Cerastoderma edule*) after cadmium contamination. First PNEC International Workshop. Brest, France.
 78. Desclaux C., **Gonzalez P., Baudrimont M., Bourdineaud JP., De Montaudouin X.** (2005) Metallothionein gene identification and expression in the cockle (*Cerastoderma edule*) under parasitism (trematodes) and cadmium contaminations. 8th International Conference on Shellfish Restoration, Brest, France.
 79. Dias M, M. Monperrus, M.S. Goñi, J.C. Salvado, D. Amouroux, R. Duran, **O.F.X. Donard**, P. Caumette, R. Guyoneaud (2004). Role of anaerobic bacterial communities in mercury transformation in estuarine sediments. 9^{EME} Colloque International d'Océanographie du Golfe de Gascogne, Pau, France.
 80. Dias S, M. Monperrus, M.S. Goñi, J.C. Salvado, D. Amouroux, R. Duran, **O.F.X. Donard**, P. Caumette, R.
 81. **Donard OFX** (2004). Reactivity of metals and metalloids in the environment: Let us put the speciated isotopic glasses on. ICASS 2004 Halifax, Canada.
 82. **Donard OFX** (2004). Speciation of trace metals in waters: state of the art and future prospects: From research to regulation. Chemrawn XV, Paris, France.
 83. **Donard OFX** (2005). Speciation analysis or understanding the fate of trace metals in the environment for sustainable growth. Asian Pacific Winter Conference on Plasma Spectrometry, Chang Mai, Thaïlande.
 84. **Donard OFX** (2006). Speciation and geochemistry: a necessary venture to understand process, reactivity and pathways of trace metals in the environment GEOANALYSIS, Pekin, Chine.
 85. **Donard OFX, D. Amouroux** (2004). Quelle chimie analytique pour quelle océanographie? Réactivité et transfert des métaux aux interfaces. Récents Progrès en Océanographie Chimique, Institut Océanographique. Paris, France.
 86. **Donard OFX, D. Amouroux, E. Krupp, M. Monperrus, S. Dreyfus, C. Pecheyran** (2005). Plasma spectrochemistry and Environmental Chemistry: New Frontiers FACCS/ICCAS Québec, Canada.
 87. **Donard OFX, F. Pannier, F. Seby, P. Rodriguez, D. Aouroux** (2006). Reference Materials and Speciation Analysis: Lessons to be learned, 10th International Symposium on Biological and Environmental Reference Materials, Charleston, SC, USA.
 88. **Donard OFX, F. Séby, D. Point, S. Veschambre, C. Benoît, G. Bareille, D. Amouroux, P. Garrigues, H. Budzinsky** (2005). The “Observatoire de recherche sur la qualité de l'environnement” project: the ORQUE project. Initiating a specimen banking facility in Aquitaine (France). International Conference on reference Materials and specimen banking, Charleston, SC, USA.

89. Fontanier C., Jorissen J., Cortijo E., Vidal L., Michel E., **Anschutz P.**, Chaillou G., Grémare A., Griveaud C. (2006) Live foraminiferal faunas from the lower part of Cap-Ferret Canyon (Bay of Biscay): Composition, microhabitat, stable oxygen and carbon isotopes. X International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, Vigo, Spain, April 2006
90. Fontanier C., Mackensen A., Jorissen F., **Anschutz P.**, Licari L., David C. (2004) Temporal variability of benthic foraminiferal faunas and their stable isotopic composition in the Bay of Biscay. Presentation orale, Workshop on "Living benthic foraminifera and their applications on the fossil record", Tuebingen 10-11 juin 2004.
91. Fontanier C., Mackensen A., Jorissen F.J., **Anschutz P.**, Licari L., David C. (2004) Temporal variability of benthic foraminiferal faunas and their stable isotopic composition in the Bay of Biscay. International Congress of Paleo-oceanography 8, Biarritz, sept 2004
92. Geffard O., **H. Budzinski**, S. Roy, **K. Le Menach**, J.B. Lapeyre, A. Bassères (2004) The use of benzo(a)pyrene hydroxylase activity in *Mytilus* sp. to detect PAH contamination : development and field study after the Prestige oil spill. 14th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Prague, République Tchèque, 18-22 Avril
93. Goni MS, M. Dias, M. Monperrus, J.C. Salvado, D. Amouroux, R. Duran, **O.F.X. Donard**, P. Caumette, R. Guyoneaud (2004). Mercury transformation by anaerobic bacterial communities selected from estuarine sediments. 7TH International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Ljubljana, Slovénie.
94. **Gonzalez P.**, **Baudrimont M.**, Boudou A., Bourdineaud JP. (2006) Differential gene expression in four organs of the zebrafish (*Danio rerio*) after direct cadmium contamination. SETAC Europe 16th annual meeting, The Hague, Netherlands.
95. **Gonzalez**, Y. Dominique, J.C. Massabuau, A. Boudou, Bourdineaud J.P. (2005) Comparative effects of dietary methylmercury on gene expression in liver, skeletal muscle and brain of the zebra fish (*Danio rerio*). 15th International Conference of SETAC Europe. Lille 22-26 mai. (communication orale).
96. Guyoneaud (2004), Role of anaerobic bacterial communities in mercury transformation in estuarine sediments. VIÈME Ccongrès de la Société de Microbiologie, Bordeaux, France.
97. Jimenez Moreno M, P. Rodriguez, D. Amouroux, H. Preud'homme, **O.F.X. Donard** (2006). Simultaneous determination of Sn and Hg compounds by isotope dilution gas chromatography mass spectrometry. 6TH International Symposium on speciation of elements in Biological, Environmental and Toxicological Sciences, Bialowieża, Pologne.
98. Jorissen F., P. **Anschutz**, E. Cortijo, G. Duchemin, J.C. Duplessy, C. Fontanier, M. Gehlen, E. Geslin, C. Griveaud, H. Howa, K. Khalil, L. Labeyrie, A. Mackensen, E. Michel, C. Rabouille, G.J. Reichart, S. Schmidt, K. Tachikawa, L. Vidal (2005) Foramprox- An integrated ecological/geochemical effort for the amelioration of paleoceanographic proxies based on benthic foraminiferal carbonate. Colloque PNEDC, mai 2005.
99. Labadie P, **H. Budzinski** (2004) Determination of hormonal steroids in water samples : optimisation and validation of an analytical procedure. 9th Meeting on Chemistry and the Environment, Federation of European Chemical Societies (FECS) Conference and 2nd Société Française de Chimie (SFC), Bordeaux, France, 29 Août-1 Septembre
100. Labadie P, **H. Budzinski** (2004) Disruption of steroid hormone metabolism in juvenile turbot. 14th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Prague, République Tchèque, 18-22 Avril
101. Labadie P, **H. Budzinski** (2004) Steroid hormone profiles along the river "Jalle d'Eysines" (nearby Bordeaux, France). 14th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Prague, République Tchèque, 18-22 Avril
102. Lardy S, **H. Budzinski** (2006) A comparative study of the contamination of three french macrotidal estuaries by the biodegradation metabolites of nonylphenol polyethoxylates. SETAC Europe 16th Annual Meeting, La Haye, Pays Bas.
103. Le Du M, **H. Budzinski**, **B. Morin**, F. Akcha, T. Burgeot (2006) Exposure of marine organisms to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) : use of PAH metabolites in monitoring programs for a better understanding of PAH contamination. 16th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, 7-11 Mai 2006, La Haye, Pays-Bas (CA).

104. Lecoite C., **Coste M.**, Prygiel J. (2005) Bio-indication diatomique : OMNIDIA version 4 : principales améliorations. Oral Comm. In ADLaF (Eds.) 24ème Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française, Bordeaux-Talence, 6 au 8/09/2005.
105. **Legeay A.**, Achard-Joris M., **Baudrimont M.**, Massabuau JC, Bourdineaud JP. (2005) Impact of cadmium contamination and oxygenation levels on biochemical responses in the Asiatic clam *Corbicula fluminea*. SETAC Europe 15th annual meeting, Lille, France.
106. Lochet A, **Maury-Brachet R.**, Poirier C., Boudou A., Rochard E. (2005) Shad life histories and mercury contamination. "Fish and Diadromy in Europe", Bordeaux (France): 29 mars - 1 avril 2005
107. Lucia M., Pierron F., **Baudrimont M.**, Elie P. (2006) European eels in sharpe decline: contribution of metal contamination. Congrès GRISAM, Université de Perpignan *via Domitia*, France.
108. Maillet G, K. Cailleaud, **H. Budzinski**, J. Forget-Leray (2005) Use of acetylcholinesterase in Eurytemora affinis (Copepoda) as a biomarker in Seine estuary, France. Comparison of two methods : enzymatic histochemistry and enzymatic activity essay. 13th International Symposium on Pollutant Responses in Marine Organisms (PRIMO 13), Alessandrie, Italie, 12-22 Juin
109. Marie V., **Baudrimont M.**, **Gonzalez P.**, Bourdineaud JP., Boudou A. (2006) Interspecific variability in metallothionein response in bivalves after single and mixed exposure to cadmium and zinc. SETAC Europe 16th annual meeting, The Hague, Netherlands.
110. **Mazzella N.**, **Dubernet J-F.**, **Delmas F.** (2006) Comparison between pharmaceutical and pesticide POCIS for sampling different polar herbicide classes in aquatic environments. 2nd International Passive Sampling Workshop and Symposium, Bratislava. Slovaquie.
111. Monperrus M, E. Tessier, D. Amouroux, A. Leynaert, R. De Wit, **O.F.X. Donard** (2004) Investigations on mercury transformations in sea water using isotopically enriched species. 7TH International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Ljubljana, Slovénie
112. Monperrus M, J. Grall, G. Thouzeau, B. Guyonnet, F. Jean, L. Chauvaud, D. Amouroux, **O.F.X. Donard** (2004) Trophic bioaccumulation of mercury species in macrobenthic organisms from the Bay of Brest. 9^{EME} Colloque International d'Océanographie du Golfe de Gascogne, Pau, France.
113. Monperrus M, J. Grall, L. Rodriguez, G. Thouzeau, F. Jean, L. Chauvaud, D. Amouroux, **O.F.X. Donard** (2004). Trophic bioaccumulation of mercury species in macrobenthic organisms from French coastal sites. 7TH International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Ljubljana, Slovénie.
114. Monperrus M, J.I. Garcia Alonso, D. Amouroux, **O.F.X. Donard** (2004). A double spike method for simultaneous inorganic and methyl-mercury isotope dilution analysis in environmental matrices. 7TH International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Ljubljana, Slovénie.
115. Moreau JL, Achard-Joris **M.**, **Baudrimont M.**, Boudou A, Bourdineaud JP. (2005) Paradoxical toxicity of metallothioneins and phytochelatins : role of superoxide radical generation. Conférences du programme *Toxicologie Nucléaire Environnement*, CEA Auteuil, France.
116. **Morin B.**, **C. Clérandeau**, R.C. Salata, M. Scavennec, J. Taberly, A. Bassères, **J.F. Narbonne** (2007) Potential value of the 8-oxodG, DNA strand breaks and micronuclei measurements for monitoring fresh water environments in rainbow trout. 17th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Mai 2007, Porto, Portugal.
117. Morin S., **Coste M.** (2006) Metal-induced shifts in the morphology of diatoms from the Riou-Mort and Riou-Viou streams (South-West France). In : Acs, E, Kiss, K.T., Padizak, J. et Szabo, K. E. (eds) Use of algae for monitoring rivers VI, Hungarian Algological Society, Göd, Hungary
118. Morin S., **Coste M.**, Duong T., Gold C., **Delmas F.** (2004) Diatom biomonitoring of heavy metal pollution using biometrics and abnormal forms: a case study in the Lot river basin (France). 18th International diatom symposium, Miedzyzdroje, POL, 2-7 September 2004 [DOC ARCHIVES QE Dossier Michel Coste (BX). 04/0351 (DG).]
119. Morin S., **Coste M.**, Duong T., Gold C., **Delmas F.** (2004) Impacts des pollutions métalliques sur les phytocenoses de diatomées benthiques : exemple du bassin du Lot (Aveyron, France). 23ème colloque de l'ADLaF, Orléans, 14-16 septembre 2004. [DOC ARCHIVES QE Dossier Michel Coste (BX). 04/0350 (DG).]
120. Morin S., **Coste M.**, Duong T.T., Herlory O., Boudou A. (2006) Cadmium toxicity to diatom communities assessed in freshwater microcosms. 19th International Diatom Symposium, 28/09 to 02/10/2006, Listvyanka, Russia

121. Morin S., Duong T.T., Herlory O., **Coste M.** (2006) Etude des effets du cadmium sur les communautés de diatomées benthiques en microcosmes. 25^{ème} Colloque de l'ADLaF, Caen, 25-28 Septembre 2006 - In : L. Ector, F. Rimet & A. Georges (Eds)
122. Morin S., Vivas-Nogues M.L., **Coste M.**, Duong T.T., **Delmas F.**, Boudou, A. (2005) Dynamique de colonisation de communautés diatomiques soumises à une contamination métallique sur le Riou-Mort (Aveyron, France). Poster Comm. In AFL (Eds.) Programme Scientifique de la 6^{ème} CILO, ENTPE, Vaulx en Velin, 04 au 07/06/2005
123. Morin S., Vivas-Nogues M.L., **Coste M.**, Duong T.T., **Delmas F.**, Boudou A. (2005) Dynamique de colonisation de communautés diatomiques soumises à une contamination métallique sur le Riou-Mort (Aveyron, France). Oral Comm. In ADLaF (Eds) 24^{ème} Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française, Bordeaux-Talence, 6 au 8/09/2005.
124. Ndiaye P., Forgeue J., Lamothe V., Cauty C., Tacon P., Lafon P., **Davail B.**, Fostier A., Le Menn F., Nunez J. (2006). Tilapia (*Oreochromis niloticus*) vitellogenins : development of homologous and heterologous ELISAs, and analysis of vitellogenin pathways through the ovarian follicle. J Exp. Zool., 305A, 576-593.
125. Ogrinc N, M. Logar, M. Monperrus, **E. Tessier**, D. Amouroux, M. Horvat **O.F.X. Donard** (2005). Determination of total mercury and monomethylmercury in biological tissue using different analytical techniques: Results from the MERCYMS interlaboratory comparative study, Winter Conference on Plasma Spectrometry, Budapest, Hongrie.
126. Othoniel C. (2004) Etude de la dynamique du biofilm de Garonne sous conditions variées de charge eutrophisante. Séminaire EMHA Diversité et fonctions microbiennes en milieu aquatique, Lyon, 23-24 mars 2004.
127. Othoniel C., **Beuffe H.**, Torre M., **Delmas F.** (2004) Utilisation du compartiment Biofilm pour la détermination du statut trophique de la Garonne. Oral Comm. Séminaire de restitution GIS ECOBAG / Programme P1 Hydroécologie de la Garonne : « La Garonne, un fleuve comme les autres ? », 29 sept. 2004, Toulouse France.
128. Othoniel C., **Beuffe H.**, Torre M., **Delmas F.**, De Wit, R. (2004) Détermination du statut trophique d'une rivière à biomasse fixée dominante : le biofilm peut-il servir de bioindicateur? 47^{ème} congrès de l'AFL, Besançon, 5-8 juillet 2004.
129. Park Y.-S., **J. Tison.**, **M. Coste**, **F. Delmas** (2004) Patterning diatom communities at different land cover types using self-organizing Map. Oral Comm. In ISEI (Eds.) 4th Conference of The International Society for Ecological Informatics, BEXCO, Busan, Korea 24-28 October 2004.
130. Peres F., Beyeler L., **Coste M.** (2005) Evaluation de la qualité biologique de quelques cours d'eau de Haute-Loire (Bassins versants de l'Allier, de la Loire et du Lignon) par l'étude des diatomées benthiques – Suivi de 1999 à 2004. Oral Comm. In ADLaF (Eds.) 24^{ème} Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française, Bordeaux-Talence, 6 au 8/09/2005.
131. Peres F., Eulin-Garrigue A., **Coste M.**, Delmoint D., Bouillon C., Ector L. (2006) Présentation de quelques diatomées inventoriées dans les stations de référence de cours d'eau du Sud de la France. 25^{ème} Colloque de l'adlaf, Caen, 25-28 Septembre 2006 - In : L. Ector, F. Rimet & A. Georges (Eds)
132. Pierron F., **Baudrimont M.**, **Gonzalez P.**, Bourdineaud JP., Elie P., Massabauau JC. (2006) Combined effect of hypoxia and cadmium exposure on bioaccumulation, ventilation and gene expression in the post-larval stage of the European eel (*Anguilla anguilla*). Congrès GRISAM, Université de Perpignan via Domitia, France.
133. Pierron F., **Baudrimont M.**, **Gonzalez P.**, Bourdineaud JP., Elie P., Massabauau JC. (2006) Combined effect of hypoxia and cadmium exposure on bioaccumulation, ventilation and gene expression in the post-larval stage of the European eel (*Anguilla anguilla*). SETAC Europe 16th annual meeting, The Hague, Netherlands.
134. Point D, G. Bareille, M. Baalousha, D. Amouroux, P. Lecoustumer, **O.F.X. Donard** (2004). Trace metals organic complexation and colloidal interactions in the Adour estuary (Southwestern France) 9^{EME} Colloque International d'Océanographie du Golfe de Gascogne, Pau, France.
135. Point D, M. Monperrus, D. Amouroux, **E. Tessier**, L. Chauvaud, G. Thouzeau, F. Jean, A. Leynaert, J. Clavier, J. Grall, E. Amice (2004). Trace metals (Cu, Cd, Zn, Pb, V, Mn, Co) and both Mercury and Tin species flux at the sediment water interface in a coastal environment as influenced by the biological activity:

Bay of Brest (Northwestern, France). 9^{EME} Colloque International d'Océanographie du Golfe de Gascogne, Pau, France.

136. Point D, R. D. Day, S. S. Vander Pol, S. J. Christopher, K. S. Simac, M. B. Ellisor, R. S. Pugh, D. R. Roseneau, P. R. Becker, **O.F.X. Donard** (2005). Distribution and Speciation of Mercury and Organotin Compounds in Seabird Eggs from Colonies in the Alaskan Coastal Ecosystem. 33RD Annual Pacific Seabird Group Annual Meeting, Girdwood, Alaska, USA.
137. Point D, R. D. Day, S. S. Vander Pol, S. J. Christopher, P. R. Becker, **O.F.X. Donard** (2005). Speciation and Distribution of Organotin Compounds in Seabird Eggs Colonies in the Alaskan coastal ecosystem. International Conference on reference Materials and specimen banking, Charleston, SC, USA.
138. Point D, W. C. Davis, S. J. Christopher, **O. F.X. Donard**, G. C. Turk, D. Barclay (2006). Method Development for Measurement of Butyltins Species in Natural Matrix Reference Materials and NIST QC Materials. 10th International Symposium on Biological and Environmental reference materials, Charleston, USA.
139. Rabiet M, A. Togola, F. Elbaz-Poulichet, F. Brissaud, J.L. Seidel, **H. Budzinski** (2005) Impact of a wastewater in a medium-sized Mediterranean watershed. 15th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Lille, France, 22-26 Mai
140. Rimet F., E. Bertuzzi, M. Cantonati, C. Cappelletti, F. Ciutti, A. Cordonnier, **M. Coste**, J. Goma, **J. Tison**, L. Tudesque, et al. (2004) Repartition of diatom assemblages in rivers of high altitude in Western Europe: implications for the typological System A of the Water Framework Directive. In (Eds.) 19th SIL congress. Lahti (Finland)
141. Rimet F., **Tison J.**, Heudre D, Mate J.L., Mazuer P., Giraudel J.L., **Coste M.**, **Delmas F.** (2006) Assemblages de référence des diatomées de la Meurthe (Lorraine), et test d'un nouvel indice DCE-compatible. 25^{ème} Colloque de l'ADLaF, Caen, 25-28 Septembre 2006. In : L. Ector, F. Rimet & A. Georges (Eds)
142. Rocher B, H. Manduzio, O. Geffard, **K. Le Menach**, **L. Peluhet**, **S. Augagneur**, D. Pottier, F. Leboulanger, **H. Budzinski**, J. Cachot (2005) Evidence for relationships between enzymatic biomarker responses and pollution loads in mussel species collected along a pollution gradient. 13th International Symposium on Pollutant Responses in Marine Organisms (PRIMO 13), Alessandrie, Italie, 19-22 Juin
143. Rodriguez P, M. Monperrus, D. Amouroux, **E. Tessier**, F. Seby, J.J. Garcia Alonso, **O.F.X. Donard** (2006). Multiple isotope spiking approaches for elemental speciation analysis. 6TH International Symposium on speciation of elements in Biological, Environmental and Toxicological Sciences, Białowieża, Pologne.
144. Souissi S, D. Devreker, K. Cailleaud, G. Dur, A. Bonnard, J. Forget-Leray, **H. Budzinski** (2005) Life cycle strategies and physiological adaptation of the copepod *Eurytemora affinis* : a candidate for developing a bioindicator of water quality. Plankton symposium, Figueira da Foz, Portugal, 17-20 Mars
145. Tapie N, **H. Budzinski** (2006) Bioaccumulation of POPs in pelagic food web of the Gironde estuary. SETAC Europe 16th Annual Meeting, La Haye, Pays Bas
146. Tapie N, **H. Budzinski** (2006) PCBs and PBDEs in French estuaries : Analytical methodology and environmental results. 1st European Chemistry Congress. Budapest, Hongrie
147. Tapie N., Daverat F., **Mauray-Brachet R.**, Elie P., Boudou A, **Budzinski H.** (2005) Polycontamination of Eels in the Gironde estuary, (Metals and Organic pollutants). "Fish and Diadromy in Europe", Bordeaux (France) : 29 mars - 1 avril 2005.
148. **Tessier E**, M. Monperrus, D. Amouroux, H. Pinaly, R. De Wit, A. Leynaert, **O.F.X. Donard** (2004). Mercury species distribution in the water column of the Mediterranean Sea during summer 2003. 7TH International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Ljubljana, Slovénie.
149. **Tison J.**, **Coste M.**, **Delmas F.**, Park Y.S., Ector L, Rimet F. (2004) Prédiction des communautés diatomiques de référence à l'échelle de la France : premier essai de définition du bon statut écologique. 23^{ème} colloque de l'ADLaF, Orléans, 15-17 septembre 2004 [DOC ARCHIVES QE Dossier Michel Coste (BX). 04/0343 (DG).]
150. **Tison J.**, **Coste M.**, **Delmas F.**, Park Y.S., Wasson J.G., Ector L., Rimet F. (2004) Diatom communities natural variability and anthropogenic pressure effects: the interest of hydro-ecoregions. 18th international diatom symposium, Miedzyzdroje, Pologne, 1-7 september 2004 [DOC ARCHIVES QE Dossier Juliette Tison (BX). 04/0340 (DG).]
151. **Tison J.**, Giraudel J.L. (2005) Un indice de comparaison du statut écologique des communautés. Poster Comm. In ADLaF (Eds.) 24^{ème} Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française, Bordeaux-Talence, 6 au 8/09/2005

152. **Tison J.**, Park Y.S., Giraudel J.L., Wasson J.G., **Coste M.**, **Delmas F.** (2005) Diatom reference flora from France. IBD, Good Ecological Status per H.E.R. and E.Q.R. calculation. "Phytobenthos and Aquatic Macrophytes" national expert meeting, Central-Baltic GIG, Tallin (Estonia), 06/06/2005
153. **Tison J.**, Y.-S. Park, **M. Coste**, F. Rimet, **F. Delmas** (2004) Predicting diatom community types reference situations at the French hydrosystem scale: first attempt towards the definition of the good ecological status. Oral Comm. In ISEI (Eds.) 4th Conference of The International Society for Ecological Informatics, BEXCO, Busan, South Korea 24-28 October 2004
154. Togola A, **H. Budzinski** (2004) Pharmaceuticals in the environment : comparative study of various French estuaries. 38th Symposium on Estuarine Coastal and Shelf Association (ECSA), Rouen, France, 13-17 Septembre
155. Togola A, **H. Budzinski** (2006) Development of Polar organic Compounds Integrative sampler for study of pharmaceuticals. 2nd International Passive Sampling Workshop. Bratislava, Slovaquie
156. Togola A, **H. Budzinski** (2006) Development of Polar Organic Compounds integrative Sampler for study of pharmaceuticals. SETAC Europe 16th Annual Meeting, La Haye, Pays Bas.
157. Togola A, **H. Budzinski** (2006) Study of pharmaceuticals in aquatic compartments : sources, behavior and fate. 1st European Chemistry Congress. Budapest, Hongrie.
158. Togola A, **H. Budzinski** (2006) Study of pharmaceuticals in the Seine estuary : Sources, behaviour and fate. SETAC Europe 16th Annual Meeting, La Haye, Pays Bas.
159. Togola A, **H. Budzinski**, M. Rabiet, F. Elbaz-Poulichet (2005) Study of pharmaceutical substances in the case of a Mediterranean watershed. 15th Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)-Europe Annual Meeting, Lille, France, 22-26 Mai
160. Vernier F., Le Gat Y., **Dubernet J.F.** (2005) Mise en place d'indicateurs de risque de transfert de pesticides à l'échelle du bassin versant : confrontation aux données de suivi hydrologique et de qualité des eaux superficielles. Colloque GFP, Marne la Vallée, 2005.
161. Vernier F., Le Gat Y., Lalanne J., **Dubernet J.F.** (2005) Linking environment, agricultural practices and hydrological monitoring data to develop pesticide transfer risk indicators at a watershed level. 15th Annual Meeting of SETAC Europe "The Reason d'Être of environmental toxicology and chemistry: From obvious to tedious effects in a changing world", Lille, 22-26 mai 2005.
162. Vidimova K, M. Monperrus, **E. Tessier**, D. Amouroux, **O.F.X. Donard** (2004). Mercury speciation and cycling in the Thau lagoon (France). 9TH FECS Conference and 2ND SFC Meeting on Chemistry and the Environment, Bordeaux, France.
163. Vidimova K, M. Monperrus, **E. Tessier**, R. Guyoneaud, D. Amouroux, **O.F.X. Donard** (2004). Assessment of mercury transformations in marine sediment using isotope labeling in situ experiments. 7TH International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Ljubljana, Slovénie.

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

Thèses
UMR EPOC
• Sabine Castelle : comportement géochimique du cadmium et du mercure dans les gradients de densité, redox et de salinité du système fluvio-estuarien girondin, Gérard Blanc, <u>financement : bourse Région Aquitaine</u> • Marc-Vincent Commarieu : processus biogéochimiques dans l'estuaire de la Gironde : impact des oscillations redox, Henri Etcheber, Gwénaél Abril, <u>financement : bourse Région</u> • Cécile Dang : dynamique des populations de palourdes sur le Bassin d'Arcachon, Aquitaine et estuaire de Munnaka (Euskadi) : conséquences sur la gestion des populations exploitées, Xavier de Montaudouin, <u>financement : bourse Région Aquitaine - Euskadi</u> • Valérie David : réseau tropique planctonique dans l'estuaire de la Gironde, Pierre Chardy, Benoît Sautour, <u>financement : bourse Région</u> • Ika Paul-Pont : Sensibilité et réponse adaptative des populations de bivalves (coques,

palourdes) soumis à un stress multiple: infestation parasitaire, contamination bactérienne, pollution métallique, Xavier de Montaudouin, Magalie Baudrimont, financement : bourse Région Aquitaine

- **Matthieu Canton :** Suivi des apports continentaux en composés biogènes dans le Bassin d'Arcachon, transformation aux embouchures des cours d'eau, impact sur le métabolisme, Pierre Anschutz, financement : bourse Région Aquitaine

Projets	Porteurs	Années	Montants	Durées
UMR EPOC				
Erosion côtière par télédétection (ecotel)	Jean-Marie Froidefond	2002		1 an
Mesure de la production primaire, et de l'impact génomique de stress oxydant et métallique dans les écosystèmes aquatiques	Yolanda del Amo et Jean-Paul Bourdineaud	2002	114,2 k€	1 an
La recherche océanographique sur le littoral aquitain	Pierre Chardy	2002		2 ans
Géochimie des éléments traces et géochimie isotopique appliquées à l'environnement	Claude Pujol	2003	1 051 k€	1 an
Fonctionnement et dysfonctionnement des systèmes aquatiques	Florence Jude	2003	64 k€	2 ans
Observations pour la recherche sur les environnements littoraux et aquatiques aquitains	Philippe Bertrand	2004	316 k€	2 ans
Analyse automatisée par fluorescence X de la composition chimiques des dépôts sédimentaires	Philippe Martinez	2005	275 k€	2 ans
LPTC				
Modulation du stress oxydatif chez le rat par l'administration d'antioxydants	B. Morin JF Narbonne	2001	27 k€	1 an
Evaluation de la contamination chimique et de la génotoxicité des eaux douces	P. Garrigues	2002	32 k€	1 an
Développement d'outils moléculaires et endocriniens pour le contrôle de la reproduction de l'esturgeon	B. Davail	2002	23 k€	1 an
Fractionnement de la matière organique naturelle : caractérisation et interaction avec les contaminants	E. Parlanti	2001	40 K€	1 an
Etude du flux de micro-polluants organiques dans le bassin adour-garonne	H. Budzinski	2002	8 K€	1 an
Détermination des mécanismes d'oxydation des HAP adsorbés sur des aérosols de nature atmosphérique	H. Budzinski / E. Villenave	2002	70 K€	1 an
Etude du devenir des hydrocarbures	H. Budzinski /	2004	136 K€	1 an

aromatiques polycycliques (ou HAP) dans l'environnement : phénomènes d'oxydation biotiques et abiotiques	E. Villenave			
Qualité des espaces littoraux en Aquitaine et Pays Basque espagnol : Flux de contaminants et évolution du trait de côte	P. Maron	2005	48 K€	3 ans
Sécurité des aliments en Aquitaine – Sous projet contaminants chimiques	J. M. Olivier	2005	59 K€	3 ans
CEMAGREF				
Connaissance et maîtrise des pollutions rurales sur l'environnement de l'écosystème sableux Aquitain	F. Delmas	2002	25 K€	1 an

Volet Apports continentaux

A. MOTS CLES (Tout ce qui peut aider à préciser le domaine de recherche du projet présenté)

Pesticides / Xénobiotiques / Environnement / Cycles Biogéochimiques / Milieux Aquatiques / Environnement Marin / Zones Côtières / Sources / Analyse quantitative / Ultratracés / Micro-polluants organiques / SBSE / POCIS / Particules / Impact toxique / Approche TIE / Métaux traces / Organo-métalliques

B. EQUIPES FRANCAISES TRAVAILLANT SUR LE SUJET OU SUR DES THEMATIQUES SEMBLABLES.

Donner au moins deux noms avec adresse, téléphone, courrier électronique, etc. Ceci afin de pouvoir contacter ces personnes pour une aide éventuelle à la désignation d'experts.

Etablissement	Intitulé de l'équipe	Nom, prénom et coordonnées
CEMAGREF BP 44 - 92163 ANTONY	Unité de recherche Hydrosystèmes et bioprocédés (HBAN)	Laurent Mazeas Tél. : (33) 01 40 96 60 61 Fax : (33) 01 40 96 62 70 e-mail : laurent.mazeas@cemagref.fr
IFREMER BP 21105 44311 Nantes cedex 03	Dept Biogéochimie et écotoxicologie	Thierry Burgeot Tel : 02.40.37.40.51 Fax : 02. 40.37.40.75 tburgeot@ifremer.fr
Université du Havre 25, rue Philippe Lebon - BP 540 6058 LE HAVRE cedex	Laboratoire d'Ecotoxicologie - Milieux Aquatiques EA 3222, IFRMP 23, GDR Ifremer IMOPHYS	Francois Leboulenger Tel : 02.32.74.43.15 Fax : 02.32.74.43.14 E-mail : francois.leboulenger@univ-lehavre.fr

C. EQUIPES ETRANGERES TRAVAILLANT SUR LE SUJET OU SUR DES THEMATIQUES SEMBLABLES

Etablissement	Intitulé de l'équipe	Nom, prénom et coordonnées
St.Lawrence Centre Environnement Canada 105 McGill, 7e étage Montréal, Québec, Canada	Aquatic Ecosystem Protection Research Div.	Christian Gagnon T: 514-496-7096 F: 514-496-7398 Mail : christian.gagnon@ec.gc.ca
Bedford Institute of Oceanography/Institut d'Océanographie de Bedford Fisheries and Oceans/Pêches et Océans 1 Challenger Dr. Dartmouth, Nova Scotia, Canada B2Y 4A2	Marine Chemistry Section/Section de chimie marine Ecosystem Research Division/Division de recherches sur l'écosystème	Jocelyne Hellou Tel: 902-426-7451 Fax: 902-426-6695 Mail : HellouJ@mar.dfo-mpo.gc.ca
IAEA 4 Quai Antoine 1er 98000 Monaco	Laboratoire d'Environnement marin	Michel WARNAU Tel: 0037797977258 Mail: M.Warnau@iaea.org

Annexe 3 : L'Huître dans son environnement

Coordination G. Bachelet (UMR EPOC) - I. Auby (IFREMER)

L'ostréiculture représente une activité économique importante dans les grands bassins de production de la côte atlantique (Marennes-Oléron et Arcachon, notamment) ; cette activité est, de manière récurrente, perturbée par des aléas d'origine naturelle ou anthropique (mauvais captage de naissain, malformations coquillières, ingestion de microalgues toxiques, pollution par hydrocarbures, perforations par les vers polydores, etc.) et son développement est lui-même susceptible de modifier les écosystèmes littoraux. L'espèce actuellement cultivée, l'huître creuse *Crassostrea gigas*, a été introduite en France dans les années 1970 à partir de souches du Pacifique, pour remplacer une autre espèce introduite, *C. angulata*, qui avait elle-même remplacé l'espèce indigène, l'huître plate *Ostrea edulis*, au début du 20^{ème} siècle. L'huître « japonaise » est ainsi l'une parmi la centaine d'espèces introduites sur nos côtes atlantiques durant la période historique (Goulletquer et al. 2002). La problématique des espèces invasives fait d'ailleurs actuellement l'objet de nombreuses recherches à l'échelle internationale (Palumbi 2001), l'introduction d'espèces allochtones étant reconnue comme une menace majeure dans les systèmes marins, avec de nombreuses conséquences en terme d'écologie et d'évolution allant du niveau de l'espèce à celui de l'écosystème (Grosholz 2002). La nécessité, pour la profession ostréicole, d'obtenir rapidement de la part des scientifiques des réponses aux aléas subis par les cheptels ostréicoles, en particulier dans le Bassin d'Arcachon où l'huître creuse *Crassostrea gigas* n'est finalement introduite que depuis seulement une trentaine d'années, implique que des recherches plus approfondies soient entreprises sur les relations liant cette espèce à son habitat physique et à son environnement biologique.

L'**objectif général** du volet « L'huître dans son environnement » est donc d'acquérir une meilleure connaissance de l'écologie de l'huître creuse *Crassostrea gigas* dans son environnement naturel (le Bassin d'Arcachon), hors contaminants.

Un premier objectif spécifique de ce volet sera consacré à **l'étude de l'impact de l'environnement physico-chimique et biologique sur l'huître et, en retour, l'impact de l'huître sur son propre environnement**. L'originalité de cette approche sera de comparer l'écologie de populations cultivées avec celle de populations sauvages, les deux types de populations présentant des biomasses sensiblement équivalentes dans le Bassin d'Arcachon. Les travaux développés dans ce cadre viseront à : (1) caractériser les flux trophiques des compartiments planctoniques vers les populations d'huîtres, (2) quantifier l'impact des huîtres sur le pool nutritif et sur la biodiversité planctonique, et (3) déterminer la réponse fonctionnelle des communautés du benthos aux modifications sédimentaires engendrées par la production de biodépôts et par les perturbations de l'hydrodynamisme local. Ce travail s'appuiera en grande partie sur une expérimentation *in situ* en tunnel benthique et en mésocosme.

Cette approche sera couplée au **développement d'un système d'analyse *in situ* du comportement de l'huître**, basé sur la valvométrie, permettant de caractériser **la variabilité naturelle des rythmes biologiques chez l'huître (ouverture et fermeture des valves) en liaison avec la variabilité de son environnement**. Les premiers essais de ce travail en valvométrie [couplés à une acquisition fine du signal (données acquises *in situ* en continu, à très haute fréquence) et à un outil mathématique puissant], réalisés sur une période de 8 mois, se sont avérés prometteurs. Un traitement probabiliste et statistique de grandes séries de données relatives au mouvement des valves des bivalves permettra de caractériser des comportements de routine et d'autres atypiques. L'objectif de cette approche est donc de corrélérer les rythmes biologiques détectés chez l'huître, et leurs éventuelles perturbations, avec des événements environnementaux.

Enfin, un axe complémentaire consistera en une étude visant à tester **les substances phénoliques émises par les zostères**, dont les herbiers constituent un patrimoine biologique de première importance dans le Bassin d'Arcachon, dans **leur potentialité à inhiber le développement de microalgues**, élément essentiel de l'alimentation des huîtres.

1. Problématique scientifique	92
2. Projet de recherche	93
2.1. <i>Impact de l'environnement physico-chimique et biologique sur l'huître et action en retour de l'huître sur son environnement</i>	93
2.1.1 Objectifs spécifiques	93
2.1.2. Stratégie d'étude.....	93
2.2. <i>Liens entre comportement de l'Huître et variations des caractéristiques de l'environnement</i>	95
2.2.1. Objectifs spécifiques	95
2.2.2. Stratégie d'étude.....	98
2.3. Les substances phénoliques chez <i>Zostera noltii</i> et <i>Z. marina</i> : Inhibiteurs potentiels du développement de microphytes et biomarqueurs de l'état des herbiers	100
2.3.1. Objectifs spécifiques	100
2.3.2. Stratégie d'étude.....	101
3. Laboratoires participant	103
4. Calendrier et livrables.....	103
5. Moyens demandés	104

1. Problématique scientifique

L'huître japonaise, *Crassostrea gigas*, bivalve d'introduction récente dans le Bassin d'Arcachon (3 décennies seulement), s'y est particulièrement bien acclimatée, et tend à y devenir invasive : la biomasse d'huîtres « sauvages », se développant la plupart du temps sur des concessions abandonnées où elles peuvent former des récifs naturels, est sensiblement identique à celle des huîtres cultivées sur parcs (soit 39 000 t en poids frais, pour une production annuelle de 10 à 15 000 t ; Blanchet 2004). L'écologie de ces populations sauvages (pluri-classes d'âge, formation de récifs, susceptibilité aux prédateurs, présence d'épibiontes) est vraisemblablement très différente de celle des populations cultivées, essentiellement sur tables ostréicoles (mono-classes d'âge, mode de vie à plat dans des poches ostréicoles et en position surélevée par rapport au substrat sédimentaire, absence de prédateurs et d'épibiontes), mais aucune donnée comparative simultanée sur cet aspect n'a, à notre connaissance, jamais été publiée. En outre, ces deux types de populations ont des « parcours » différents puisque le cycle de vie des populations sauvages se déroule entièrement dans le Bassin d'Arcachon, alors que les populations cultivées transitent souvent d'un bassin ostréicole à un autre durant leur vie [par exemple, naissance à Arcachon (plus important centre fournisseur de naissain en France), grossissement en Bretagne ou en Méditerranée, puis affinage à Arcachon].

Dans un écosystème peu profond et soumis aux marées, tel que le Bassin d'Arcachon, la culture des huîtres se pratique exclusivement dans le domaine intertidal. A pleine mer, la hauteur d'eau au-dessus des populations d'huîtres n'excède pas 3 à 4 m ; par leur activité de filtration, celles-ci ont donc vraisemblablement un fort impact sur la majeure partie de la colonne d'eau, accroissant de ce fait le couplage entre les processus au fond et ceux se déroulant dans la colonne d'eau. Un banc d'huîtres peut ainsi être considéré comme un modèle fondamental pour l'étude du couplage pélagos-benthos en milieu marin (Graf 1992, Leguerrier et al. 2004).

En raison de la biomasse importante de ses populations cultivées et de son régime trophique (filtration de la masse d'eau, production de fèces et de pseudofèces), l'huître creuse constitue par ailleurs un véritable « ecosystem engineer » (Jones et al. 1994), à savoir une espèce capable, par sa présence et son activité biologique, de structurer à elle seule un écosystème. Il est ainsi possible que, dans le Bassin d'Arcachon, la présence de l'huître creuse *C. gigas* ait déjà créé des modifications notables de l'écosystème originel. Plusieurs travaux récents, sans en remettre en cause le bénéfice économique, s'interrogent ainsi sur les conséquences écologiques de l'introduction d'espèces « ingénieurs d'écosystème » telles que les huîtres (voir par exemple Ruesink et al. 2005).

Enfin, s'il faut reconnaître que l'espèce *C. gigas* constitue un modèle biologique déjà bien étudié, de nombreuses connaissances au niveau individuel et dans des conditions in vitro ayant été acquises en terme d'écophysiologie, de nutrition, de génétique, etc., il y a, en revanche, peu d'intégration des connaissances au niveau populationnel et à partir de mesures in situ. En outre, les nombreux travaux de

modélisation concernant les flux trophiques ou les flux de carbone dans les gisements ostréicoles (Dame & Patten 1981, Gangnery et al. 2001, Leguerrier et al. 2004) ont été réalisés à partir de données acquises séparément sur les différents compartiments biologiques.

2. Projet de recherche

2.1. Impact de l'environnement physico-chimique et biologique sur l'huître et action en retour de l'huître sur son environnement

L'objectif général est de déterminer et quantifier *in situ* l'effet de populations d'huîtres sur leur environnement, en adoptant une démarche intégrée qui permette un échantillonnage simultané des différents milieux (colonne d'eau et sédiment) et des différents compartiments biologiques présents dans ces milieux, et en comparant deux types contrastés de populations d'huîtres : des populations cultivées et des populations sauvages. Nous nous intéresserons tout particulièrement aux relations trophiques existant entre les huîtres et leur environnement, ainsi qu'aux changements de biodiversité induits par la présence des huîtres.

2.1.1 Objectifs spécifiques

Il s'agira donc :

① de caractériser les flux trophiques allant des différents compartiments planctoniques (zoo- et phytoplancton) vers les populations d'huîtres, en mettant en évidence d'éventuelles compétitions trophiques ;

② de quantifier l'impact des huîtres sur l'ensemble du pool nutritif présent dans la colonne d'eau ;

③ de déterminer la réponse fonctionnelle des communautés benthiques (macro- et méiofaune, microphytobenthos, bactéries totales) aux modifications sédimentaires engendrées par les apports en fèces et pseudofèces (envasement) et par les perturbations de l'hydrodynamisme.

Ce projet constitue le travail de thèse de Flora SALVO, qui bénéficie d'une allocation de thèse du MENRT (allocation de 3 ans, à compter du 1/10/06), co-encadrée par Guy BACHELET (écologie benthique), Yolanda DEL AMO (écologie du phytoplancton) et Benoît SAUTOUR (zooplancton, relations trophiques) (Equipe ECOBIOC de l'UMR EPOC, Station Marine d'Arcachon). Il s'insère dans le cadre du « Chantier Littoral Atlantique » (« Modes de fonctionnement des systèmes semi-fermés du littoral Atlantique ») du Programme National Environnement Côtier (PNEC/EC2CO), dont l'objectif est de déterminer les processus physiques, biogéochimiques et biologiques qui régulent le fonctionnement de deux écosystèmes semi-fermés du littoral atlantique, les bassins d'Arcachon et de Marennes-Oléron.

2.1.2. Stratégie d'étude

Les observations et expérimentations seront réalisées *in situ* sur un site-atelier du Bassin d'Arcachon, où seront considérées 3 situations contrastées, à l'intérieur d'un périmètre aussi réduit que possible, afin que les paramètres de la colonne d'eau soient identiques dans les trois cas :

- une station avec des huîtres cultivées en poches sur des tables ostréicoles,
- une station avec des huîtres sauvages,
- une station témoin (sédiment nu).

Ce site sera situé à proximité de points des différents suivis de la colonne d'eau réalisés par l'UMR EPOC (suivi SOMLIT) et par IFREMER-Arcachon (suivis REPHY du phytoplancton et des coquillages).

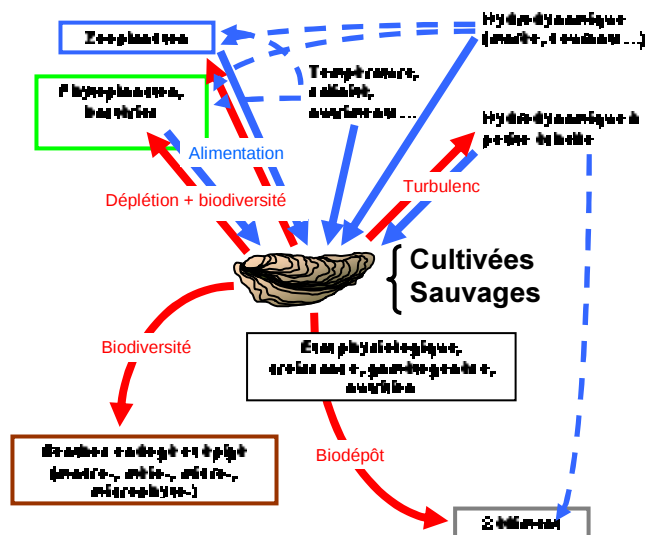


Figure 1. Schéma des interactions étudiées, de l'environnement vers l'huître (flèches bleues) et de l'huître vers son environnement (flèches rouges).

➤ ① Afin de caractériser les flux trophiques (Figure 1) des compartiments planctoniques vers les populations d'huîtres et de quantifier l'impact des huîtres sur le pool nutritif et sur la biodiversité planctonique, ce travail s'appuiera en grande partie sur des expérimentations *in situ* en tunnel benthique et en mésocosmes. Des tunnels benthiques ont déjà été utilisés pour la quantification des flux au sein de récifs d'huîtres ou de moulières : "Benthic Ecosystem Tunnel, BEST" (Dame et al., 1984, 1991 ; Dame & Dankers, 1988 ; Zurburg et al., 1994 ; Smaal & Zurburg, 1997), "In-situ flume" (Asmus et al., 1990 ; Josefsen & Schlüter, 1994). Pour nos expériences, nous envisageons la construction de tels tunnels benthiques, en plexiglas transparent, de 10 m de long, et leur déploiement au-dessus de chaque station (table ostréicole, population d'huîtres sauvages, témoin). Des échantillons d'eau de mer seront prélevés à intervalle régulier durant un cycle complet de marée, par pompage en entrée et sortie de tunnel. Les paramètres suivants seront mesurés :

- Hydrologie : température, salinité, PAR, ammonium, nitrites, nitrates, phosphates, silicates, matières en suspension, carbone, azote, silicium, chlorophylle *a*, oxygène (périodicité horaire) ;
- Biologie : bactéries (dénombrement ; périodicité horaire ; coll. F. Jude, équipe ECOBIOC, UMR EPOC), phytoplancton (dénombrement, périodicité 2 h ; biomasse en chl *a* et pigments dégradés, périodicité horaire), zooplancton (dénombrement des protozoaires et métazoaires ; périodicité 2 heures).

La consommation (en termes quantitatifs et qualitatifs) et l'excrétion seront déduites des mesures pratiquées en entrée et sortie de tunnel.

Les tunnels benthiques prenant en compte à la fois les échanges impliquant les huîtres et ceux impliquant la faune benthique, d'autres mesures *in situ* seront effectuées sur le seul compartiment huître grâce à un mésocosme similaire à celui conçu par Barillé et al. (1997), installé sur le navire de la Station Marine et alimenté par de l'eau prélevé par pompage. Les mêmes paramètres qu'en tunnel seront mesurés.

La périodicité des expérimentations en tunnel et en mésocosme sera saisonnière, basée sur des périodes caractéristiques du cycle de reproduction de l'huître.

➤ ② L'impact des populations d'huîtres (cultivées vs. sauvages vs. sédiment sans huître) sur l'environnement benthique sera évalué en terme de biomasse et de biodiversité benthique, et de modification de l'environnement physique. La fréquence d'acquisition des données sera hebdomadaire ou mensuelle, selon les compartiments pris en compte :

- Caractéristiques du sédiment : granulométrie, teneurs en C et N organiques ; fréquence hebdomadaire.
- Microfaune : bactéries, microphytobenthos (chl *a* et pigments dégradés), méiofaune (dénombrement et biomasse par groupes zoologiques) ; fréquence hebdomadaire.

- Macrofaune : invertébrés benthiques (dénombrement et biomasse par espèces); fréquence mensuelle.

Le flux de biodépôts (fèces et pseudofèces) sera mesuré par des trappes à sédiment. Les modifications de l'hydrodynamisme à petite échelle (turbulences induites par la rugosité des bancs d'huîtres ou par la présence des tables ostréicoles) seront évaluées (coll. A. Sottolichio, UMR EPOC).

➤ ③ Les différences entre populations d'huîtres cultivées et populations d'huîtres sauvages seront par ailleurs évaluées en termes de croissance (linéaire et pondérale, indices de condition) et de gamétogenèse.

2.2. Liens entre comportement de l'Huître et variations des caractéristiques de l'environnement

2.2.1. Objectifs spécifiques

Etat de l'art des techniques

C'est le besoin de détecter en temps réel l'apparition d'une pollution aquatique d'origine anthropique qui a favorisé les essais de développement de biocapteurs instantanés de pollution. Dans le cas des bivalves, l'idée est apparue très rapidement d'utiliser la réaction de fermeture des valves comme moyen de détection. Le principe de la valvométrie appliquée est donc basé sur une modification de l'activité valvaire, qui peut être une fermeture instantanée ou un comportement d'hyperactivité au tout début de la perturbation (Floch, 1994 ; Bouget & Mazurie, 1997). Le but *in fine* est de pouvoir surveiller la qualité des eaux de façon chronique en aval de stations d'épuration des eaux usées, de rejet industriel, d'élevages piscicoles ou conchylicoles... Dès qu'une perturbation est détectée par le biocapteur qui enregistre en continu l'activité du bivalve, une alarme peut s'enclencher immédiatement et alerter par exemple une société de surveillance en permettant une détection précoce de la pollution. Une fois en place, ce système peut en théorie ne nécessiter que peu d'entretien, avec une autonomie de fonctionnement électrique *in situ* très longue. L'IFREMER a testé l'utilisation en routine du valvomètre MICREL dans la rade de Brest (Bouget & Mazurie, 1997), grâce à son autonomie de fonctionnement de 10 ans.

Outils disponibles :

Si, pendant ces dernières années, ces biocapteurs se sont développés pour des raisons liées au problème de l'environnement, le souci d'étudier l'ouverture des valves chez des bivalves existe depuis longtemps. Marceau (1909) est certainement le premier qui s'est intéressé au problème et qui a mesuré les mouvements d'adductions des muscles des bivalves marins. Plus proche de nous en 1970, His avait mis en place un ostéographe, basé sur le principe du myographe (1970, 1976). L'une des valves de l'huître était reliée à un bras de levier, lui-même relié à un stylet traçant sur un cylindre enregistreur. His (1976) définit dans sa thèse deux types de comportements valvaires : un comportement dit normal, où l'état d'ouverture de l'huître est stable, en plateau, qui correspond à un état de "quiétude", et un comportement dit pathologique, où l'activité du bivalve est saccadée, sans plateau prolongé. Avant lui, Collier et al. (1953) avaient déterminé également chez l'huître trois états d'ouverture correspondant à des taux de filtration différents. D'autres types de valvomètres ont été développés depuis avec différents principes de mesures. Il y a eu des systèmes avec jauges de contraintes (Fujii 1977, Higgins 1980, Ham & Peterson 1994), des systèmes basés sur le principe de l'induction électromagnétique (Sloff et al. 1983, Jenner et al. 1989), l'exemple le plus abouti étant le "Mosselmonitor" (Kramer et al. 1989). Ce dispositif est commercialisé depuis 1991 par la société hollandaise Delta-Consul. Dans ce dispositif permettant d'étudier simultanément 8 moules, le bivalve est fixé à un support. Il y a deux électrodes, l'une est fixe et l'autre est collée sur une valve de l'animal.

Ces dernières années, l'IFREMER a utilisé un valvomètre basé sur l'effet Hall, développé par Pennec (1993). L'IFREMER a breveté ce biocapteur, qui est commercialisé par la société MICREL (Floch 1994, Bouget & Mazurie 1997). Le principe est qu'un aimant, déplacé par le mouvement valvaire, modifie le champ électromagnétique créé au niveau d'une sonde à effet Hall. Cet aimant est relié à une valve de l'animal par une vis en Téflon, ajustée manuellement. Le signal est collecté sur un ordinateur. A notre connaissance, ce valvomètre MICREL a été testé sur *Mytilus edulis*, *Crassostrea gigas*, *Pinctada margaritifera*... (jusqu'à 8 bivalves utilisés en simultanée). Enfin, un dernier exemple est

le "Dreissena-monitor" développé par Borcharding (1994). Cet appareil a été utilisé avec la moule zébrée, *Dreissena polymorpha*. Le principe est encore une fois basé sur l'utilisation d'un champ magnétique et d'un animal collé. Un aimant est fixé sur une valve, les mouvements de la valve modifient le champ magnétique, qui est ensuite retranscrit en signal graphique, via l'ordinateur.

Une caractéristique commune à tous ces systèmes est le collage par une valve, qui pose le problème d'un éventuel biais expérimental chez des animaux non sessiles comme *Corbicula fluminea*. C'est pour cette raison qu'en partant de notre expérience au laboratoire des problèmes de stress qui peuvent se poser chez les mollusques (Massabuau et al. 1991), nous avons développé à partir de 1997 une nouvelle technique, basée sur l'utilisation de deux électrodes légères « flottantes », qui permet aux animaux de se déplacer librement dans le substrat (Tran, 2001 ; Tran et al., 2003). Aujourd'hui ce système nous permet d'aborder différents animaux en conditions « naturelles ».

Facteurs influençant l'activité valvaire

Facteurs "naturels"

Dans un premier temps, l'activité valvaire avait été étudiée surtout pour analyser le comportement de l'animal face à des variations de facteurs abiotiques ou biotiques et c'est le rythme nycthéméral qui avait fait l'objet de nombreuses études. Un des faits le plus frappant, à côté de la démonstration de l'existence d'un rythme journalier, était à nouveau une variabilité certaine des résultats et le fait que tous les bivalves ne semblaient pas avoir de rythme journalier (Badman 1974, Higgins 1980, Sloff et al. 1983).

Des facteurs interagissant avec le rythme jour-nuit ont été également étudiés, comme le cycle des marées pour les bivalves marins (*Crassostrea virginica*, Brown 1954 ; *Venus mercenaria*, Bennett 1954), la température (*Anodonta cygnea*, Salanki 1964, 1969 ; *Anodonta anatina* et *Unio tumidus*, Englund & Heino 1994) et l'intensité lumineuse. Ce dernier facteur paraît agir sur le rythme chez *Anodonta anatina* et *Unio tumidus* (Englund & Heino 1994), mais pas chez *Elliptio complanatus* (Imlay 1968) et *Ligumia subrastrata* (Mc Corkle et al. 1979).

A côté de ces observations orientées vers l'existence de rythmes journaliers, les auteurs ont également étudié l'action de facteurs environnementaux qui modifient le pourcentage de temps d'ouverture journalier. En bref, le temps d'ouverture est augmenté quand la température augmente chez *Mytilus edulis* (Galstoff 1928) et l'effet est de plus amplifié en milieu hypoxique chez *Pleurobema coccineum* (Badman 1974). De même, chez *Anodonta cygnea*, le temps d'ouverture des valves est augmenté jusqu'à 96 % par 24 h en hypoxie (Massabuau et al. 1991). Ces résultats paraissent logiques dans le contexte d'un maintien du métabolisme mais d'autres auteurs ont rapporté que la diminution de l'oxygénation du milieu était associée à une diminution de l'activité valvaire chez *Anodonta cygnea* (Salanki 1965) et *Sphaerium corneum* (Heinonen et al. 1997). Brown et al. (1956) ont montré que la diminution de la pression barométrique stimulait l'activité locomotrice de *Mercenaria mercenaria*. En ce qui concerne les matières en suspension, une augmentation de la turbidité augmenterait l'activité d'adduction des valves chez *Crassostrea virginica* (Nelson 1960). Higgins (1980) a travaillé sur l'influence de l'apport trophique et a montré qu'une diminution de l'apport algal (*Isochrysis galbana*) provoquait une diminution du temps d'ouverture moyen des valves chez *Crassostrea virginica*. Finalement, des algues peuvent avoir un effet perturbateur, puisque Bouget & Mazurie (1997) ont vu que l'efflorescence d'algues toxiques *Gymnodinium nagasakiense* dans la rade de Brest, altérait très fortement l'ouverture des valves de *Crassostrea gigas* et *Mytilus edulis*.

Contaminants (algues toxiques comprises)

Dans le domaine de l'écotoxicologie, l'effet des contaminants sur l'état d'ouverture des valves a été largement étudié. Ces polluants modifient le comportement valvaire en entraînant soit une fermeture brusque, soit une hyperactivité valvaire. C'est ce comportement "anormal" du bivalve qu'on tente d'utiliser au sein des biocapteurs valvométriques. Différents polluants organiques ou inorganiques ont été étudiés (voir le tableau récapitulatif de Floch 1998). Le seuil de sensibilité est bien sûr différent suivant le polluant et suivant les espèces étudiées. Pour donner un exemple de contaminants d'origine organique, on peut citer chez *Dreissena polymorpha* un seuil de 2 mg.L⁻¹ pour le mexel 432 (Czembor et al. 1997) et de 50 µg.L⁻¹ pour le pentachlorophénol (Borcharding 1994).

En ce qui concerne les polluants de type métaux lourds, Sloff et al. (1983) ont montré que *Dreissena polymorpha* a un seuil de détection plus sensible au cuivre ($30 \mu\text{g.L}^{-1}$) qu'au cadmium ($370 \mu\text{g.L}^{-1}$). Même type de constatation pour Kramer et al. (1989), qui ont déterminé un seuil de sensibilité du cuivre > cadmium > zinc chez *Dreissena polymorpha* et *Mytilus edulis*. Du même ordre, pour les études menées par Mouabad & Pihan (1993), qui montrent un seuil de sensibilité du mercure > cuivre > cadmium > zinc > plomb chez *Dreissena polymorpha*. Autre caractéristique, Sloff et al. (1983) ont montré que le seuil de détection est augmenté après une préadaptation préalable au toxique. Les bivalves préadaptés pendant 8 jours à une faible dose de cadmium sont décrits comme présentant un seuil de détection d'environ $1600 \mu\text{g.L}^{-1}$ contre $370 \mu\text{g.L}^{-1}$ chez les bivalves non préadaptés.

Si on regarde plus précisément le cadmium, suivant l'espèce et les auteurs, le seuil de détection présente aussi une certaine variabilité. Majoritairement, il est de l'ordre de $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ avec des extrêmes à $370 \mu\text{g.L}^{-1}$ chez *D. polymorpha* (Sloff et al. 1983) et $500 \mu\text{g.L}^{-1}$ pour *Mytilus edulis* (Bouget & Mazurie 1997). Tran et al (2003) ont rapporté une valeur minimale détectable de $16 \mu\text{g/L}$ pour des expositions de 5 h.

Sensibilité des capteurs

Enfin, il existe quelques travaux où la sensibilité du valvomètre a été comparée à d'autres types de biocapteurs. Par exemple, Sloff et al. (1983) ont fait des comparaisons avec un test basé sur la respiration de poissons *Brachydanio rerio*. Ils montrent que le test de respiration répond à une exposition à $25 \mu\text{g.L}^{-1}$ de cadmium et seulement $370 \mu\text{g.L}^{-1}$ pour la valvométrie. Par contre pour le cuivre, le résultat est inverse. Le valvomètre serait plus sensible ($30 \mu\text{g.L}^{-1}$) que le test poisson ($60 \mu\text{g.L}^{-1}$). Bouget & Mazurie (1997) ont également comparé trois biocapteurs, dont le valvomètre Ifremer-Micrel utilisant des moules *Mytilus edulis*. Le seuil de sensibilité au cadmium est plus bas avec le Truitemètre (test basé sur la perturbation des ondes électriques émises par le bulbe olfactif de la truite arc en ciel), qui répond à partir de $10 \mu\text{g.L}^{-1}$. Le valvomètre répond à $50 \mu\text{g.L}^{-1}$ et le test Daphnies à $180 \mu\text{g.L}^{-1}$. Dans la bibliographie avant 2000, la valvométrie ne paraissait donc pas être un biocapteur à détection rapide particulièrement performant, bien qu'il présente certaines facilités d'utilisation évidentes *in situ* par rapport aux autres tests. En fait, par les nouvelles approches que nous avons développées, nous avons rapporté chez *Corbicula fluminea*, des concentrations minimales détectables de $16 \mu\text{g/L}$ pour le cadmium (Tran et al, 2003) ; $4 \mu\text{g/L}$ pour le cuivre (Tran et al, 2004) ; $12 \mu\text{g/L}$ pour l'uranium (Fournier et al., 2004) ; $3 \mu\text{g/L}$ pour le mercure (Tran et al, sous presse).

En résumé : Bouget (2001), dans un rapport interne Ifremer sur ses travaux sur la valvométrie pendant 6 ans, résume ainsi son expérience : « En dehors des explications de fermetures valvaires (marée basse de morte eau, rythme tidal, salinité), il n'a pas été possible d'incriminer la qualité de l'eau et les pollutions des bassins versants, comme facteurs responsables de ces fermetures. Par ailleurs le concept d'une station de surveillance biologique a posé de nombreuses contraintes pour la mise en œuvre et le fonctionnement en continu. Les perspectives initiales de développement du valvomètre comme biocapteur de qualité d'eau semblent incertaines. Une analyse statistique des données accumulées de 1994 à 1998 à Kérivaud et en rade de Brest sur l'ouverture et l'activité valvaire a été réalisée. Elle met en évidence que la marée n'a aucun effet, la saison a un effet sur l'activité des huîtres à Brest et à Kérivaud et le rythme jour/nuit influence l'ouverture des huîtres en rade de Brest et l'activité valvaire en rivière d'Auray. Par ailleurs l'analyse des enregistrements valvaires est restée descriptive. Le valvomètre peut s'avérer comme un outil intéressant pour l'étude in-situ des conditions d'élevage des huîtres et des moules ».

D'autre part, comme le souligne Bouget (2001), la limite à laquelle le valvomètre Micrel a été confrontée est l'aspect uniquement descriptif des enregistrements. Le problème est identique pour les deux autres valvomètres commercialisés, les systèmes Mosselmonitor (Kraemer & Foekema, 2000) et *Dreissena-Monitor* (Borcherding, 2006).

On voit donc que si on veut utiliser les réactions d'ouverture – fermeture de bivalves pour le suivi de la qualité de l'eau, la solution est loin d'être immédiate. Quatre points critiques sont identifiés :

- ① la mise au point d'un outil quantitatif descripteur du comportement du bivalve ;
- ② le développement d'outils mathématiques puissants, pour l'analyse des mesures ;
- ③ la caractérisation du comportement « naturel » de l'Huître, utilisé comme état de référence ;
- ④ la caractérisation de comportements atypiques et leur mise en relation avec les paramètres du milieu ;

Cet axe de recherche est développé en relation étroite avec les travaux présentés précédemment (§ 2.1.) et en collaboration avec le Professeur Bricelj de l'Université Dalhousie à Halifax (Canada), spécialiste des bivalves et de la relation algues toxiques – bivalves. Bricelj & Shumway (1998) rapportent très clairement qu'il existe des réactions comportementales chez les bivalves exposés à la présence d'algues toxiques : ces réactions sont d'autant plus fortes que les animaux sont sensibles à l'intoxication par ces algues (à dose forte, la sensibilité peut aller jusqu'à la mort). Nous développons l'analyse mathématique du signal avec Laurent Briollais, assistant professor à l'Université de Toronto (Canada).

2.2.2. Stratégie d'étude

Il s'agit de mieux comprendre la biologie de l'huître *Crassostrea gigas* et en particulier son comportement dans un environnement non perturbé puis à plus long terme de développer un outil de détection de perturbation du milieu (e.g. algues toxiques). Le principe de base repose sur la mise en place d'électrodes légères sur les valves des mollusques pour enregistrer leur activité d'ouverture - fermeture ainsi que la totalité de leurs mouvements en relation avec les paramètres environnementaux. L'acquisition du signal (automatisation et fréquence) et le traitement mathématique immédiat (destiné à devenir automatisé) ont fait l'objet de premiers travaux (Tran et al. 2003a, b, 2004). La proposition faite se situe donc dans la continuité de travaux en cours à partir d'enregistrements obtenus pour des lots de bivalves placés en zone subtidale à proximité de la Station Marine (Rade d'Eyrac)¹⁰. Elle est unique par l'importance et le volume des données collectées et n'est possible que par une approche pluridisciplinaire entre biologiste, mathématicien/statisticien et physicien.

Figure 2 : Capteurs utilisés actuellement : composants électroniques

détournés de leur utilisation première pour une utilisation comme de petits

électro-aimants (A : capteurs et tête d'allumette), montés sur des fils so

qui peuvent mesurer plusieurs dizaines de cm. Ces capteurs sont collés

valves des animaux à étudier (B : une huître *Crassostrea gigas*).



① Outil quantitatif descripteur du comportement du bivalve

Le développement chez les bivalves (dans un premier temps, l'huître *Crassostrea gigas*, élevée dans le bassin d'Arcachon) d'un système complet pour enregistrer et analyser en permanence leur activité valvaire est en cours. L'outil non perturbant que nous développons a déjà été utilisé avec succès au laboratoire pour étudier l'effet de gammes de concentrations et un système expérimental fonctionne *in situ* depuis mars 2006¹. Il s'agit d'une technique qui permet d'enregistrer en permanence le comportement d'un lot de 16 bivalves.

¹⁰ site web : http://www.domino.u-bordeaux.fr/molluscan_eye

Nous avons développé cette technique initialement pour la recherche fondamentale en utilisant et interprétant toutes les variations d'activité des animaux et pas seulement les réactions de fermeture, classiques face à l'arrivée d'un contaminant. Les principales améliorations apportées sont la mise au point (i), de techniques « libres » (fondamentales pour les animaux qu'on veut étudier dans des conditions écologiquement réalistes), (ii), d'une électronique de haute précision développée au laboratoire, (iii), des premières étapes d'une analyse mathématique du signal permettant une approche statistique des phénomènes étudiés et (iv) d'une démarche basée sur l'analyse des rythmes biologiques des animaux. La faisabilité de notre approche au laboratoire a été démontrée puisqu'elle a abouti à la rédaction de 8 articles et a été utilisée dans 5 thèses et DEA-Master 2 soutenues.

Dans ce projet, nous proposons de développer un modèle autonome de terrain, interrogeable à distance et utilisant de nouvelles équations de modélisation.

En année 1 nous proposons :

- de mettre au point un modèle d'électronique en boîtier étanche immergeable jusqu'à 40 m. tests de faisabilité d'analyse in-situ avec transmission sans fil dans le Bassin d'Arcachon.

- de développer un modèle faible consommation pour mise en place sur bouées autonomes ou poteaux. Premiers essais et enregistrements en laboratoire.

② Développement d'outils mathématiques puissants, pour l'analyse des mesures

Les mesures faites avec les électrodes produisent de gros volumes de données enregistrées à haute fréquence (20 informations par seconde). Il y a donc nécessité de développement d'outils statistiques et de codes de calculs originaux afin de décrire et comprendre la complexité du comportement des animaux. L'idée est de transformer chaque série journalière, par animal, en un système d'équations mathématiques, puis d'exploiter ces équations pour en tirer une description qui sera à terme automatisée. Les premiers travaux sur les codes permettant l'analyse des premières données acquises ont été réalisés (travaux de Durrieu et coll., Sow, 2006). Le verrou qui nous bloque actuellement, pour aller plus avant, est le développement complet de ces codes d'acquisition et de traitement en ligne.

Nous proposons en année 1 de rendre compte de la présence de rythmes biologiques naturels de l'huître liés à l'alternance jour/nuit, à la marée et au rythme circannuel. La mise en évidence et la première caractérisation de ces rythmes proviennent des éléments de recherche du travail en cours qui s'appuient sur l'analyse et le premier traitement des données recueillies actuellement. Ces premiers résultats permettent d'orienter une future activité de modélisation et de caractérisation numérique (implémentation des modèles) par le biais de modèles de régression robuste non paramétrique qui permettent d'estimer statistiquement un ensemble de paramètres (probabilité, durée, vitesses d'ouverture et de fermeture, nombre de phénomènes non rythmiques...) décrivant le fonctionnement de l'animal dans différentes conditions de milieu. Les propriétés des estimateurs de ces paramètres seront étudiées mathématiquement par l'étude des propriétés de convergence (propriétés asymptotiques, consistance des estimateurs et intervalles de confiance). On cherchera à caractériser les durées d'ouverture et de fermeture, leurs nombres ainsi que les vitesses moyennes, minimums et maximums. Les nombres de micro-mouvements valvaires avec seuillage d'amplitude ainsi que les amplitudes d'ouverture les plus fréquentes par jour (et amplitudes minimales et maximales) seront aussi décrits. Toutes les données seront présentées avec des probabilités de réalisation. Cette tâche est actuellement le verrou qui freine notre développement.

③ et ④ Caractérisation du comportement « naturel » de l'Huître

Nous proposons dans le même temps de tester dans différentes conditions et sur des simulations le comportement du modèle et des estimateurs, ainsi que la modification des rythmes biologiques en fonction des paramètres du milieu.

Ce travail nous permettra de : 1) tester la fiabilité des données et la stratégie d'échantillonnage utilisée (fréquence, nombre minimum d'animaux, lieu géographique) ; 2) fournir une modélisation

appropriée des phénomènes étudiés et extraire des tendances et des rythmes; 3) fournir une série de variables pertinentes pour diagnostiquer d'éventuelles perturbations du signal.

En année 2, nous prévoyons d'installer le premier poste autonome dans le bassin d'Arcachon (application notamment dans le cadre des actions décrites dans le § 2.1.). Des discussions sont également en cours avec : i) la Norvège pour équiper la station marine de Ny Alesund qui se trouve au Svalbard, à environ 1200 km du Pôle Nord, ii) la Province Sud de Nouvelle-Calédonie qui souhaite pouvoir surveiller les activités minières dans le Grand Sud Calédonien.

④ A moyen terme et en fonction des acquis des travaux prévus ci-dessus, les modifications de comportement liées à d'autres conditions environnementales (e.g. lagunes méditerranéennes ?, ...) et à des perturbations du milieu seront testées (contaminants, phytoplancton toxique,). En fonction des résultats obtenus, les modalités d'utilisation de cette approche comme signal d'alarme vis-à-vis de perturbations du milieu seront discutées/proposées.

2.3. Les substances phénoliques chez *Zostera noltii* et *Z. marina* : Inhibiteurs potentiels du développement de microphytes et biomarqueurs de l'état des herbiers

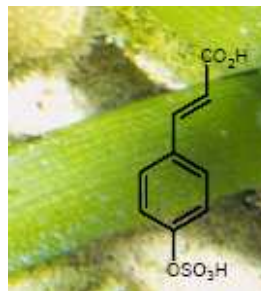
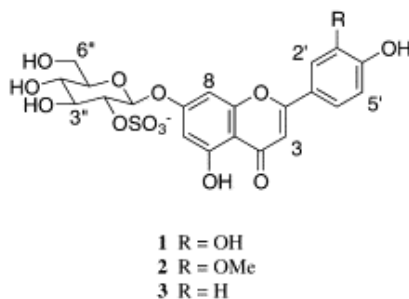
*Ce volet, en partie découplé de l'approche directement centrée sur l'Huître présentée précédemment, est une proposition de travail faite sur une des caractéristiques du Bassin d'Arcachon : les herbiers de zostères. Ceux –ci sont particulièrement développés dans cette lagune (un des plus grands herbiers d'Europe pour *Z. noltii*) dans laquelle ils jouent un rôle fondamental en terme de nurserie ou de nourricerie pour de nombreuses espèces et en terme de participation aux cycles biogéochimiques. Or ces herbiers montrent dans un certain nombre de lagunes de l'Atlantique nord des signes de dépérissement qui se traduisent par des réductions de surface. Nous proposons donc dans ce travail de mieux caractériser les composés indicateurs de la qualité des herbiers (qui pourra éventuellement par la suite être un outil d'aide au suivi de ces écosystèmes) et d'explicitier le rôle écologique de certains d'entre eux (composés déjà identifiés, rôle dans la protection vis-à-vis des épibiontes dont les microphytes ?).*

2.3.1. Objectifs spécifiques

Les organismes marins sont en permanence exposés à une multitude de bactéries, virus, microbes et autres pathogènes présents en abondance dans l'eau de mer (Rheinheimer, 1992). Dans les années 1930, la maladie du dépérissement (wasting disease) a ainsi conduit à la disparition d'une grande partie des herbiers de Zostères de l'Atlantique Nord (Rasmussen, 1977 ; Milne & Milne, 1951).

Cependant, ces épisodes dévastateurs restent rares chez les plantes marines (Kohlmeyer & Kohlmeyer, 1979 ; Kubanek et al., 2003). Des travaux récents montrent que l'élaboration de défenses chimiques est une stratégie répandue chez les organismes marins (Kubanek et al., 2003). C'est le cas de certains coraux (Kim et al., 2000a, b), de la symbiose crevette-bactérie qui conduit à la production de substance antifongique permettant de lutter contre *Lagenidium callinectes* (Gil-Turnes et al., 1989), ou de la synthèse de substances antifongiques par des cyanobactéries (Gerwick et al., 2001).

Dans le cas des herbes marines, la littérature bien que moins abondante, montre l'importance des dérivés phénoliques sulfatés. Les Thalassiolins ont été isolées à partir de *Thalassia testudinum* (propriétés antifongiques et anti HIV) (Jensen et al., 1998) et l'acide zostérique à partir de *Zostera marina* des côtes américaines (antifongique et anti-bactérien) (Todd et al., 1993).



isolées de *T. testudinum*

Acide zostérique isolé de *Z. marina*

Thalassiolins

Dans le cas de *Zostera marina* (USA), des études plus anciennes ont montré l'efficacité d'extraits aqueux contre la croissance de micro-algues et de bactéries marines (Harrison & Chan, 1980 ; Harrison, 1982). De plus, les phénols biosynthétisés par *Zostera* pourraient jouer un rôle dans leur résistance aux agents pathogènes (Buschbaum et al., 1990).

Nous proposons donc, compte tenu de l'importance de l'herbier de Zostères (par son rôle et par sa taille) :

- de mieux **caractériser l'impact des substances phénoliques** de *Zostera marina* et *Zostera noltii* sur l'écosystème du Bassin d'Arcachon en ciblant leur évaluation comme substances de défense vis-à-vis des **microphytes**.
- de déterminer la pertinence de l'utilisation des **polyphénols de Zostera** comme **biomarqueurs de la qualité de l'herbier** de Zostères.

2.3.2. Stratégie d'étude

Substances phénoliques et microphytes

Nous avons d'ores et déjà caractérisé et quantifié l'ensemble de ces substances chez les deux espèces :

Phénoliques	<i>Z. noltii</i> (ppm/ps)	Production min. potentielle de l'herbier (T/an)	<i>Z. marina</i> (ppm/ps)	Production min. potentielle de l'herbier (T/an)
Acide zostérique	50-450	7	En cours	En cours
Flavonoides	4000-20000	140-700	4000-10000	32-80
Acide Rosmarinique	2400-17000	84-600	En cours	En cours

L'acide zostérique et les flavonoides isolés sont des substances très hydrosolubles, qui devraient donc être facilement relarguées dans le milieu. Les produits les plus abondants sont les flavonoïdes. Ramenés à la production de biomasse de l'herbier, ce sont des centaines de tonnes de substances qui peuvent être relarguées dans le milieu.

L'acide rosmarinique est pour sa part un polyphénol faiblement hydrosoluble. Cependant, il n'est pas exclu qu'il puisse être également relargué dans le milieu et jouer un rôle de défense.

Dans un premier temps, nous proposons de préparer des extraits aqueux à partir des 2 espèces de Zostères et de tester leur potentialité comme inhibiteur de microphytes dans le cadre d'une collaboration Geneviève Arzul (IFREMER). La préparation d'extrait méthanolique sera également réalisée, afin d'évaluer l'activité et le rôle de l'acide rosmarinique, qui est produit en abondance.

En fonction des résultats, d'autres expériences pourront être envisagées (dans un second volet de ce programme), afin d'appréhender le fonctionnement et le rôle de l'herbier, en terme de substances de défense et de communication chimique inter-espèces.

Indicateur de qualité de l'herbier de Zostères

Les outils classiques de surveillance des herbiers marins se situent à trois échelles spatiales:

- l'ensemble de l'herbier (cartographie),
- suivi de zones délimitées,
- observation à l'échelle de la plante.

La comparaison du contenu phénolique d'échantillons de Zostères provenant d'herbiers sains, à ceux issus d'herbiers très dégradés a permis de mettre en évidence chez ces derniers la faible teneur, voire la *quasi* disparition des composés phénoliques. L'étude a été principalement menée sur des échantillons de l'herbier du Bassin d'Arcachon (herbier sain). En complément, des sites fortement pollués ont été analysés à savoir Sopot, Pologne (Mer Baltique) pour *Zostera marina* et le delta de l'Ebre (Catalogne) pour *Zostera noltii*.

Ces résultats permettent d'envisager l'utilisation de ces molécules comme biomarqueurs de l'état d'un herbier.

Nous proposons de confirmer ces résultats et de proposer un protocole standardisé d'extraction et analyse HPLC pour permettre une utilisation en routine, fiable et rapide. Au niveau du Bassin d'Arcachon, la variation saisonnière de la concentration des polyphénols a été réalisée sur une période de 18 mois, tant pour *Zostera marina* que *Z. noltii*. Les résultats permettent de déterminer un niveau de base, qu'il conviendra cependant d'affiner par une reprise du suivi.

3. Laboratoires participant

(Liste complète du personnel impliqué dans les documents complémentaires)

Les laboratoires participant à ce volet sont spécialisés dans les différentes disciplines impliquées dans l'approche proposée. Ils sont issus de différents organismes : IFREMER (Arcachon et Brest), Université Bordeaux 1 / CNRS (UMR EPOC) et Laboratoire Phyvalbio, Université de Toronto et Institut des Biosciences Marines à Halifax. Différentes actions de recherche et d'observation sont d'ores et déjà menées en collaboration par ces laboratoires notamment en ce qui concerne les études environnementales sur les bivalves marins.

4. Calendrier et livrables

Actions à mener	Coordination	Année 1		Année 2	
		Objectifs	Délivrables	Objectifs	Délivrables
Impact du Huître sur son environnement	G. Bachelet	Définition de la stratégie Mise en place des expérimentations et du suivi temporel	- Communication orale (Conseil Régional)	Expérimentations Suivi temporel	- Communication orale (Conseil Régional) - Publication scientifique
Environnement / comportement Syst. acquisition autonome	JC Massabuau	Faisabilité		Acquisition in situ	Site Web / publication
Développement des codes de calcul	G. Durrieu	Paramétrisation/ modélisation	- Communication orale (Conseil Régional) Publication scientifique	Application mesures in situ	- Communication orale (Conseil Régional) Publication scientifique
Caractérisation comportement / paramètres milieu	JC Massabuau	Caractérisation pour syst. actuel	- Communication orale (Conseil Régional) Publication scientifique	Caractérisation pour syst. autonome	- Communication orale (Conseil Régional) Publication scientifique
Zoobenthos / composés phénoliques	M. Grignon-Dubois	Suivi de la production de l'herbier Calibration : composés phénoliques / qualité herbier Test des extraits sur microphytes	- Communication orale (Conseil Régional) - Communication orale (Conseil Régional)	Protocole standardisé de suivi de qualité Test des extraits sur microphytes	- Communication orale (Conseil Régional) Publications scientifiques
Une thèse ayant débuté sur la partie Huître dans son environnement, une partie des livrables sera acquise en année 3 de la thèse (manuscrit de thèse et publications) Une partie du travail proposé en valvométrie étant liée à un financement de thèse, une partie des objectifs ne sera atteinte qu'en année 3 : Synthèse des outils disponibles pour traiter le signal Caractérisation du comportement en conditions non perturbées Premières informations sur les modifications liées à des perturbations Délivrables : Identiques à ceux des années précédentes et valorisation par la rédaction de la thèse et de publications scientifiques					

5. Moyens demandés

(Le détail du financement demandé ainsi que la justification sont donnés dans les documents complémentaires)

Les moyens demandés concernent de l'équipement permettant le travail sur les composés phénoliques des zostères et l'alimentation en énergie du système d'acquisition automatique en valvométrie.

Les moyens en fonctionnement sont demandés pour permettre l'acquisition de données concernant les travaux engagés sur l'impact de l'Huître sur son environnement (30 k€) et l'action en retour ainsi que sur les travaux concernant les zostères et leurs composés phénoliques (4.2 k€).

Les salaires sont demandés pour le travail à effectuer en valvométrie :

- 1/2 thèse (le candidat devra être un mathématicien de formation, il travaillera en binôme avec un biologiste – post-doc demandé ; l'autre 1/2 thèse sera financée par l'Université de Toronto au Canada).
- 1 post-doc sur 1 an (le candidat devra être un biologiste, connaissant bien la physiologie des bivalves et coutumier de l'usage des mathématiques, il travaillera en étroite collaboration avec le thésard, mathématicien de formation).

Références bibliographiques

- Asmus H., Asmus R.M. & Reise K. (1990) Exchange processes in an intertidal mussel bed: a Sylt-flume study in the Wadden Sea. *Ber. Biol. Anst. Helgoland* 6 : 1-79
- Badman D.G. (1974) Changes in activity in a freshwater clam in response to oxygen concentration. *Comp. Biochem. Physiol.* 47A: 1265-1271.
- Barillé L., Prou J., Héral M. & Razet D. (1997) Effects of high natural seston concentrations on the feeding, selection, and absorption of the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 212 : 149-172
- Bennett M.F. (1964) The rhythmic activity of the quahog, *M. mercenaria*, and its modification by light. *Biol. Bull. Mar. Biol.* 107 : 174-191.
- Blanchet H. (2004) Structure et fonctionnement des peuplements benthiques du Bassin d'Arcachon. Thèse Doct. Océanographie, Univ. Bordeaux 1, 227 p.
- Borcherding J. (1994) The "Dreissena-monitor" – Improved Evaluation of Dynamic Limits for the Establishment of Alarm-Thresholds during Toxicity Tests and for Continuous Water Control. In *Freshwater Field Tests for Hazard Assessment of Chemicals*. Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London and Tokyo. pp. 477-484.
- Borcherding J. (2006) Ten years of practical experience with the Dreissena-Monitor, a biological early warning system for continuous water quality monitoring. *Hydrobiologia* 556 : 417-426
- Bouget J-F. & Mazurie J. (1997) Dispositif de surveillance biologique de la qualité d'eau d'un site conchylicole estuarien utilisant un biocapteur valvaire muni d'huître et de moules. *TMS* 11 : 71-79.
- Bouget J.F. (2001). Etude du valvomètre de 1994 à 2000. Rapport interne Ifremer. Direction des Ressources vivantes. Département des Ressources Aquacoles. 28 pp.
- Bricelj V.M., L. Connell, K. Konoki, S. P. MacQuarrie, T. Scheuer, W. A. Catterall & V. L. Trainer (2005). Sodium channel mutation responsible for saxitoxin resistance in clams increases risk of PSP. *Nature* 434 : 763-767.
- Brown F.A. (1954) Persistent activity rhythms in the oyster. *Am. J. Physiol.* 178 : 510-514.
- Brown F.A., Bennett M.F., Webb H. & Ralph C. (1956). Persistent daily, monthly, and 27-day cycles of activity in the oyster and quahog. *J. Exp. Zool.* 131 : 235-262.
- Buchsbaum, R.N., Short, F.T. & Cheney, D.P. (1990) *Aquat. Bot.* 37, 291.
- Collier A.S., Ray S.M., Magnitzky A.W. & Bell J.O. (1953) Effect of dissolved organic substances on oyster. *Fish. Bull. U. S.* 54 : 167-185.
- Czembor N., Giamberini L. & Pihan J-C. (1997) Effects of mexel 432 on pumping and valve activities of zebra mussel: used of a new experimental evaluation system. Proceeding of the 7th International Zebra Mussel and others Aquatic Nuisance Organisms Conference, New Orleans, USA.
- Dame R., Dankers N., Prins T., Jongsma H. & Smaal A. (1991) The influence of mussel beds on nutrients in the western Wadden Sea and eastern Scheldt estuaries. *Estuaries* 14 : 130-138
- Dame R.F. & Dankers N. (1988) Uptake and release of materials by a Wadden Sea mussel bed. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 118 : 207-216
- Dame R.F. & Patten B.C. (1981) Analysis of energy flows in an intertidal oyster reef. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 5 : 115-124
- Dame R.F., Zingmark R.G. & Haskin E. (1984) Oyster reefs as processors of estuarine materials. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 83 : 239-247
- Englund V. & Heino M. (1994) Valve movement of *Anodonta anatina* and *Unio tumidus* (Bivalvia, Unionidae) in a eutrophic lake. *Ann. Zool. Fennici.* 31 : 257-262.

- Floch A. (1994) Un biocapteur biologique original enregistrant les mouvements valvaires des mollusques bivalves. Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes. pp. 165.
- Fournier E., Tran D., Denison F., Massabuau J.-C. & J Garnier-Laplace (2004) Valve closure response to uranium exposure for a freshwater bivalve *Corbicula fluminea* : quantification of the influence of pH. *Envir. Tox. Chem.* 23 : 1108-1114.
- Fudjii T. (1977) Measurement of periodic open and shut shell movement of bivalves by the strain-gauge method. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 43 : 895-901.
- Galstoff P.S. (1928) Experimental study of the function of the oyster gills and its bearing on the problems of oyster culture, and sanitary control of the oyster industry. *Bull. U.S. Bur. Fish.* 44 : 1-39.
- Gangnery A., Bacher C. & Buestel D. (2001) Assessing the production and the impact of cultivated oysters in the Thau lagoon (Mediterranean, France) with a population dynamics model. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58 : 1012-1020
- Gerwick W. H., Tan L. T. & Sitachitta N. (2001) in *The Alkaloids: Chemistry and Biology*, ed. Cordell, G. A. (Academic, New York), pp. 75-184.
- Gil-Turnes M. S., Hay M. E. & Fenical W. (1989) *Science* 246 : 116-118.
- Gouletquer P., Bachelet G., Sauriau P.G. & Noel P. (2002) Open Atlantic coast of Europe – A century of introduced species into French waters. In Leppäkoski E. et al. (eds) *Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management*. Kluwer, Dordrecht, p. 276-290
- Graf G. (1992) Benthic-pelagic coupling: A benthic view. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 30 : 149-190
- Grosholz E. (2002) Ecological and evolutionary consequences of coastal invasions. *Trends Ecol. Evol.* 17 : 22-27
- Ham K.D. & Peterson M.J. (1994) Effects of fluctuating low-level chlorine concentration on valve movement behaviour of the Asiatic clam (*Corbicula fluminea*). *Environ. Toxicol. Chem.* 13 : 493-498.
- Harrison P.G. & Chan A.T. (1980) *Marine Biology* 61 : 21-26.
- Harrison P.G. (1982) *Marine Biology* 67 : 225-230.
- Heinonen J., Kukkonen J., Penttinen O-P. & Holopainen I. (1997) Effects of hypoxia on valve-closure time and bioaccumulation of 2,4,5-Trichlorophenol by the freshwater clam *Sphaerium corneum* [L.]. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 36 : 49-56.
- Higgins P.J. (1980) Effects of food availability on the valve movement and feeding behavior of juvenile *Crassostrea virginica* (Gmelin). I. Valve movement and periodic activity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 45 : 229-244.
- His E. (1970) Un dispositif simple permettant d'étudier le comportement des huîtres sous des conditions expérimentales ou des conditions naturelles de milieu. *Science et pêche, Bull. Inst. Pêches marit.* : 196.
- His E. (1976) Contribution à l'étude biologique de l'huître dans le bassin d'Arcachon. Activité valvaire de *Crassostrea angulata* et de *Crassostrea gigas*; application à l'étude de la reproduction de l'huître japonaise. Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1. pp. 63.
- Imlay M.J. (1968) Environmental factors in activity rhythms of the freshwater clam *Elliptio complanatus catawbensis* (Lea). *Am. Midl. Nat.* 80 : 508-528.
- Jenner H.A., Nopper F. & Sikking T. (1989) A new system for the detection of valve movement responses of bivalves. KEMA scientific and technical report 1989-7-2. KEMA, Arnhem, Netherlands 7 : 91-98.
- Jensen P. R., Jenkins K. M., Porter D. & Fenical W. (1998) *Appl. Environ. Microbiol.* 64 : 1490-1496.
- Jones C.G., Lawton J.H. & Shachak M. (1994) Organisms as ecosystems engineers. *Oikos* 69 : 373-386
- Josefsen S.B. & Schlüter L. (1994) The influence of an intertidal mussel bed (*Mytilus edulis* L.) on nutrient fluxes in the Kerteminde Fjord, Denmark; a flume study. In Dyer K.R. & Orth R.J. (eds) *Changes in fluxes in estuaries: implications from science to management*. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark, p. 249-256
- Kim K., Harvell C. D., Kim P. D., Smith G. W. & Merkel S. M. (2000) *Mar. Biol.* 136 : 259-267.
- Kim K., Kim P. D., Alker A. P. & Harvell C. D. (2000) *Mar. Biol.* 137 : 393-401.
- Kohlmeyer J. & Kohlmeyer E. (1979) *Marine Mycology: The Higher Fungi*. Academic, New York.
- Kraemer KJM & Foekema EM (2000) The "mussemonitor" as biological early warning system. The first decade. In Biomonitoring and biomarkers as indicators of environmental changes. A handbook. Vol II. FM Butterworth, ME Gensebatt-Bonaparte & A Gunatilaka (eds). Kluwer/Plenum, pp 59-87.
- Kramer K. J.M., Jenner H.A. & De Zwart D. (1989) The valve movement response of mussels: a tool in biological monitoring. *Hydrobiologia*. 188/189 : 433-443.
- Kubaneck J., Jensen P.R., Keifer P.A., Sullards M.C., Collins D.O. & Fenical W. (2003) Seaweed resistance to microbial attack: A targeted chemical defense against marine fungi. *PNAS*, 100 : 6921.
- Leguerrier D., Niquil N., Petiau A. & Bodoy A. (2004) Modeling the impact of oyster culture on a mudflat food web in Marennes-Oléron Bay (France). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 273 : 147-162
- Marceau F. (1909) Recherche sur la morphologie, l'histologie et la physiologie comparée des muscles adducteurs des mollusques acéphales. *Arch. Zool. Exp. Gén.* (ser 5), 2 : 295-469.
- Massabuau J.-C., Burtin B. & Weathly M. (1991) How is O₂ consumption maintained independent of ambient oxygen in mussel *Anodonta cygnea*? *Respir. Physiol.* 83 : 103-114.
- McCorkle S.T., Shirley T.C. & Dietz T.H. (1979) Rhythms of activity and oxygen consumption in the common pond clam, *Ligumia substratta* (Say). *Can. J. Zool.* 57 : 1960-1964.
- Milne L. & M. Milne (1951) The eelgrass catastrophe. *Sci. Amer.* 184 : 52-56.
- Mouabad A. & Pihan J.-C. (1993) Le test comportemental de *Dreissena polymorpha*: un outil biologique de prévision et d'évaluation de la toxicité en milieu d'eau douce. *Hydroécol. Appl.* 5 : 97-109.

- Nelson T.C. (1960) The feeding mechanism of the oyster. II. On the gills and palps of *Ostrea edulis*, *Crassostrea virginica*, and *C. angulata*. *J. Morph.* 107 : 163-191.
- Palumbi S.R. (2001) Humans as the world's greatest evolutionary force. *Science* 293 : 1786-1790
- Rasmussen E. (1977) The wasting disease of eelgrass (*Zostera marina*) and its effect on environmental factors and fauna, p. 1-51 in Mc Roy, C.P. & C. Helfferich, *Seagrass ecosystems, a scientific perspective*, Marcel Dekker, New York.
- Rheinheimer G. (1992) *Aquatic Microbiology*. Wiley, New York, 3rd Ed.
- Ruesink J.L., Lenihan H.S., Trimble A.C., Heiman K.W., Micheli F., Byers J.E. & Kay M.C. (2005) Introduction of non-native oysters: ecosystem effects and restoration implications. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36 : 643-689.
- Salanki J. (1964) Contributions to the problem of daily rhythm in the activity of the freshwater mussel *Anodonta cygnea* L. *Annal. Biol. Tihany*. 31 : 109-116.
- Salanki J. (1965) Oxygen level as a specific regulator in the rhythmic activity of freshwater mussel *Anodonta cygnea* L. *Acta. Biol. Hung.* 15 : 299-310.
- Salanki J. & Véro M. (1969) Diurnal rhythm of activity in freshwater mussel (*Anodonta cygnea* L.) under natural conditions. *Annal. Biol. Tihany*. 36 : 95-107.
- Sloff W., De Zwart D. & Marquenie J.M. (1983) Detection limits of a biological monitoring system for chemical water pollution based on mussel activity. *Bull. Envir. Contam. Toxicol.* 30 : 400-405.
- Smaal A. & Zurburg W. (1997) The uptake and release of suspended and dissolved material by oysters and mussels in Marennes-Oléron Bay. *Aquat. Living Res.* 10 : 23-30
- Sow M (2006) Modélisation et traitement de données en Ecologie (application à l'éthologie marine). Master 2 MSRO. Ecole Doctorale de Mathématiques et Informatique de l'Université Bordeaux 1. 63 p.
- Todd J.S., Zimmerman R.C., Crews P. & Alberte R.S. (1993) *Phytochem.* 34 : 401.
- Tran D., Boudou A. & Massabuau J-C. (2001) How water oxygenation level influences cadmium accumulation pattern in the Asiatic clam *Corbicula fluminea*. *Environ. Toxicol. Chem.* 20 : 2073-2080.
- Tran D., Bourdineaud J-P, Massabuau J-C & Garnier-Laplace J. (2005) Modulation of uranium bioaccumulation by hypoxia in the freshwater clam *Corbicula fluminea*: induction of MXR and Hsp60 in gill tissues. *Envir. Tox. Chem* 24 : 2278-2284
- Tran D., Ciret P., Ciutat A., Durrieu G & Massabuau J.-C. (2003) Estimation of potential and limits of bivalve closure response to detect contaminants: application to cadmium. *Envir. Tox. Chem.* 22 : 914-920.
- Tran D., Fournier E., Durrieu G. & Massabuau J.-C. (2004) Copper detection in the Asiatic clam *Corbicula fluminea*: optimum valve closure response. *Aquatic Toxicology* 66 : 333-343
- Tran D., J-C Massabuau & J Garnier-Laplace (2003) The effect of carbon dioxide on uranium bioaccumulation in the freshwater clam *Corbicula fluminea*. *Envir. Tox. Chem.* 23 : 739-747.
- Zurburg W., Smaal A., Héral M. & Dankers N. (1994) *In situ* estimations of uptake and release of material by oysters in the Bay of Marennes-Oléron (France). In Dyer K.R. & Orth R.J. (eds) *Changes in fluxes in estuaries: implications from science to management*. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark, p. 239-242

<u>Allocations :</u> x de thèse ☐ post-doctorale					
<u>Financement :</u> x Financement 50.% Région Aquitaine - Cofinancement Région Aquitaine – EPST – EPIC si oui, lequel : Université de Toronto, Canada - Cofinancement Région Aquitaine – entreprise si oui, laquelle :					
<u>Etablissement d'accueil :</u> Nom du tuteur : Jean-Charles Massabuau (HDR) et Gilles Durrieu Nom et adresse du laboratoire d'accueil : UMR 5805 EPOC, Avenue des Facultés, 33405 TALENCE CEDEX Nom du Directeur du laboratoire : Philippe Bertrand Téléphone : 05 56 22 39 25 Fax : 05 56 54 93 83 Email : jc.massabuau@epoc.u-bordeaux1.fr					
Titre du sujet : Modélisation statistique des liens entre le comportement de l'huître (acquis par valvométrie) et les variations des caractéristiques de l'environnement dans le Bassin d'Arcachon					
Descriptif synthétique (maximum 10 lignes) : Les communautés animales des zones côtières sont soumises aux contraintes anthropiques. La nécessité de gestion de ces zones et de leur biocénose nécessite la mise en place d'outils de diagnostic pour qualifier leur état. Pour ce qui concerne les compartiments biologiques, la difficulté tient à la diversité et à la détermination d'indicateurs universels. Une alternative au suivi d'espèces indicatrices est le suivi d'indicateurs témoins. En zone côtière, les communautés de suspensivores sont particulièrement bien développées, les bivalves filtreurs en étant un constituant majeur. Les huîtres étant un des représentants majeurs de la faune du Bassin d'Arcachon, on suit depuis mars 2006 leur comportement par application sur le terrain d'un outil développé à la Station Marine d'Arcachon depuis 1997, la valvométrie non invasive. Nous proposons le développement de cette technique en portant l'effort sur le traitement mathématique du signal. D'abord développée pour l'étude de l'éthologie des bivalves, elle vise bien sûr actuellement à être appliquée au problème de l'ostréiculture du Bassin.					
Projet demandé au titre des priorités régionales		Oui	x	Non	☐
→ Projet en lien avec le développement économique et social :		Oui	x	Non	☐
→ Grand projet :		Oui	☐	Non	☐
Si oui, nom du Grand Projet :					
→ Equipe ayant obtenu la coordination d'un contrat européen :		Oui	☐	Non	☐
Si oui, lequel :					
→ Chercheurs nouvellement installés en Aquitaine :		Oui	☐	Non	☐

Allocations : ☐ de thèse x post-doctorale		
Financement : x Financement 100.% Région Aquitaine - Cofinancement Région Aquitaine – EPST – EPIC si oui, lequel : - Cofinancement Région Aquitaine – entreprise si oui, laquelle :		
Etablissement d'accueil : Nom du tuteur : Jean-Charles Massabuau (HDR) et Gilles Durrieu Nom et adresse du laboratoire d'accueil : UMR 5805 EPOC, Avenue des Facultés, 33405 TALENCE CEDEX Nom du Directeur du laboratoire : Philippe Bertrand Téléphone : 05 56 22 39 25 Fax : 05 56 54 93 83 Email : jc.massabuau@epoc.u-bordeaux1.fr		
Titre du sujet : Analyse du comportement de l'huître (acquis par la modélisation du signal valvométrique) en fonction des variations des caractéristiques de l'environnement dans le Bassin d'Arcachon		
Descriptif synthétique (maximum 10 lignes) : Le travail proposé sur l'huître cultivée est de modéliser à terme son comportement en fonction des paramètres du milieu et rechercher, pour le Bassin d'Arcachon, un potentiel de biocapteur chez elle ou un autre bivalve. Complexe, ambitieuse et par essence pluridisciplinaire, l'idée est d'associer dans le même bureau un mathématicien, pour son potentiel analytique sur des grandes séries de données, et un biologiste pour sa connaissance de la biologie des bivalves. En effet un biologiste seul n'a pas la formation pour manipuler et appliquer les outils mathématiques et informatiques, ainsi que les concepts pour déconvoluer les enregistrements journaliers multiples collectés (pratiquement 2 millions de données par jour). Un mathématicien n'a pas de formation de biologiste pour appréhender l'animal et son environnement dans sa complexité. Nous n'avons pas actuellement dans notre équipe de biologiste disposant de suffisamment de liberté pour assurer cette tâche. Le candidat devra pouvoir aller faire un stage dans le laboratoire du Prof Bricelj, à Halifax, Canada, où des souches d'algues toxiques sont disponibles ainsi que des dispositifs ad'hoc pour leur manipulation sans danger pour l'environnement.		
Projet demandé au titre des priorités régionales → Projet en lien avec le développement économique et social : → Grand projet : Si oui, nom du Grand Projet : Eau et développement durable → Equipe ayant obtenu la coordination d'un contrat européen : Si oui, lequel : → Chercheurs nouvellement installés en Aquitaine :	Oui x Non ☐ Oui x Non ☐ Oui x Non ☐ Oui ☐ Non ☐ Oui ☐ Non ☐	Non ☐ Non ☐ Non ☐ Non ☐ Non ☐

APPEL A PROJETS 2007

COMPETENCES DES EQUIPES INTERVENANT DANS LE PROJET DE RECHERCHE

➤ I – Personnels impliqués dans le projet par laboratoire

Il vous est demandé de fournir le nom, la qualification (enseignant-chercheur, chercheur, doctorant, ingénieur, technicien, administratif,...), et le courrier électronique de chaque membre prenant part au projet de recherche, en classant par laboratoires et équipes de recherche, ainsi que le taux de participation de chaque laboratoire partenaire.

VOLET [L'Huître dans son environnement]	
<u>Unité Mixte de Recherche CNRS-Université Bordeaux 1 « Environnements et Paléoenvironnements Océaniques (EPOC) » - UMR 5805</u> <i>Plusieurs équipes de ce laboratoire participent au projet avec les chercheurs suivants (ne figurent dans cette liste que les personnels participant au projet). Les adresses électroniques sont obtenues suivant le mode r.dupont@epoc.u-bordeaux.fr</i> <u>ECOBIOC</u> - Bachelet Guy, Directeur de Recherche CNRS, Ecologie benthique - Bourrasseau Line, Technicienne EN, microbiologie - Del Amo Yolanda, Maître de Conférence, phytoplancton - Jude Florence, Maître de Conférence, Ecologie microbienne - Lebleu Pascal, Technicien EN, logistique terrain, observations - Salvo Flora, doctorante, Ecologie benthique - Sautour Benoît, Maître de Conférence, Ecologie planctonique <u>GEMA</u> - Ciret Pierre, Ingénieur d'étude CNRS, Electronique - Durrieu Gilles, Maître de Conférence, Mathématiques - Legeay Alexia, Maître de Conférence, Ecophysiologie - Massabau Jean-Charles, Directeur de Recherche CNRS, Ecophysiologie - Post doctorat demandé - Thèse demandée <u>METHYS</u> - Sottolichio Aldo, Maître de Conférence, Physique-sédimentologie	20 5 10 5 10 100 10 20 10 10 20 100 100 5
<u>Phytochimie et Valorisation de la Biomasse (PhyValBio), Univ. Bordeaux 1</u> - Grignon-Dubois Micheline, DR CNRS, chimiste, m.grignon-dubois@phyvalbio.u-bordeaux1.fr - Rezzonico Bernadette, TE CE (EN), chimiste, b.rezzonico@phyvalbio.u-bordeaux1.fr	10 10
<u>Institute for Marine Biosciences, National Research Council, Halifax, Canada</u> Bricelj Monica, monica.bricelj@nrc.ca	5

🔗 Moyens de recherche des équipes participantes

(liste du matériel lourd en propre ou en commun)

EQUIPEMENTS	EQUIPE RESPONSABLE
UMR EPOC	
4 Véhicules de terrain	Services communs
ADCP	EPOC/DYNECO
Analyse C,S particulaire	GEMA
Analyse Corg dissous	GEMA
analyse élémentaire ICPMS	GEMA
analyse élémentaire par Absorption At.	GEMA
Analyseur CHN	ECOBIOC
Analyseur de gaz LICOR 7000	EPOC
Autoanalyseur sels nutritifs	ECOBIOC
Autoclaves	ECOBIOC
Biochimie moléculaire	GEMA
Bouée de houle hte fréquence Triaxis (large Truc Vert)	METHYS
Bouée houlographe S4 DW	METHYS
Calcimètre automatique	Sédimentologie
Capteurs physiques terrain	METHYS + ECOBIOC
carottiers	Services communs
Chromato gaz	ECOBIOC et ISO
Centrifugeur BR 311	ECOBIOC
Centrifugeuse réfrigérée	ECOBIOC
Compteur beta	ISOPAL
Compteur de particules	ECOBIOC
Courantomètre-profileur acoustique	METHYS
Cryoconservateur (-80°C)	ECOBIOC
Distillateur	ECOBIOC
Doppler AWAC (Nortek)	METHYS
Etuves (dont 4 microbiologie)	ECOBIOC
Filets plancton	ECOBIOC
Granulométrie laser	Sédimentologie
Hottes Aura	ECOBIOC
Houlographe et accessoires	METHYS
HPLC	ECOBIOC
Modèle 2DH SURF_SVWB	METHYS
Modèle SWAN de simulation des vagues	METHYS
Moyens d'observation optiques classiques (loupes, microscopes, microscopes inversés, contraste de phase, épifluorescence, vidéo)	ECOBIOC et ISOPAL
Moyens de calcul : stations dédiées, accès aux moyens lourds Bx1	Toutes équipes
Navire de la Station Marine d'Arcachon	ECOBIOC
5 pH mètres terrain	ECOBIOC
Plate-forme analytique (microscopes DM600 et Axio Imager A1)	ISOPAL - Sédimentologie
PCR	ECOBIOC
Potentiométrie, spectro UV-Vis	GEMA
Radioscopie de carottes et analyse d'images	Sédimentologie et Géologie Marines (Sédim)
Respirométrie	GEMA
Scintillateur	ECOBIOC
Sondes multi paramétrique YSI / SEABIRD	EPOC
Sonicateur	ECOBIOC
Spectrophotomètre	ECOBIOC

Spectromètre alpha	Partage ISOPAL et CENBG
Spectromètre gamma	Partage ISOPAL et CENBG
Spectromètre isotopes lourds TIMS	ISOPAL, Toulouse en partage
Spectromètre masse isotopes stables O,C,N, H (eaux, carbonates)	ISOPAL
Spectrométrie masse isotopes stables C, N (matière organique), couplé CHN	ISOPAL
6 stations de mesures automatiques haute fréquence sur le complexe estuarien Garonne-Dordogne- Gironde MES, O2, pH, S%, T°C	UMR EPOC maître d'œuvre, Mise en place en 2004 (convention Agence de l'Eau/Région/SMIDDEST, SMEAG, EPIDOR, CUB, PAB, EDF, Bordeaux1)
Super-calculateur du pôle M3PEC	METHYS
Turbidimètres optiques OBS	METHYS
Vélocimètres acoustiques ADV	METHYS

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

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.

- “Uptake of domoic acid-producing *Pseudo-nitzschia* multiseries by the Eastern oyster, *Crassostrea virginica* Gmelin 1791: risk assessment of species-specific management” (2005-), MAFRA L., dir. M. Bricelj (Dalhousie Univ., Canada)
- Caractérisation de la production primaire planctonique dans le Bassin d’Arcachon, facteurs de contrôle. GLE C., Dir P. Chardy, Y. Del Amo, B. Sautour.

DEA se rapportant au projet uniquement :

Sujet de DEA, nom de l'Etudiant

- Variabilité haute fréquence des compartiments planctoniques dans une lagune semi-fermée (Bassin d’Arcachon) en période printanière - GOBERVILLE E. (2007), Univ. Bordeaux 1
- Simulation de la dispersion de populations planctoniques au moyen d’un modèle hydrodynamique MARS 2-D. Application aux larves de coques *Cerastoderma edule* du Bassin d’Arcachon - GOUILLIEUX B. (2006), Master 2 Sciences et Technologies, mention Systèmes Ecologiques, spécialité Fonctionnements et dysfonctionnements des écosystèmes aquatiques (Université Bordeaux 1)
- Modélisation et traitement de données en Ecologie (application à l’éthologie marine) - SOW M. (2006). Master 2 MSRO, Mathématique et Statistiques, Univ. Bordeaux 1
- Influence du ver parasite Polydore sur le comportement de l’huître *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793). Etude de l’impact respiratoire et du stress oxydant associé - CHAMBON C. (2005). Master 2 Recherche Sciences et Techniques, mention Sciences de la Terre, de l’Océan, de l’Aménagement et de l’Environnement, spécialité Environnement, Université Bordeaux 1
- Les défenses chimiques chez les herbes marines - FLEREAU A. (2005). Master 2 Chimie, Univ. Bordeaux 1
- Etude de la fraction phénolique de *Phyllospadix torreyi* - BARBARA A. (2006). Master 2 Chimie, Univ. Bordeaux 1
- Echouages de plantes marines : un déchet vert source de substances bio-actives - COULIER Y. (2007), Master 2 Chimie, Univ. Bordeaux 1
- Effects of brown tide and other picoplanktonic algae on hard clams, *Mercenaria mercenaria* - ROBBINS H. (2006). M.S., Biology Department, Dalhousie Univ., Canada
- Potential for management by species of PSP-affected bivalves and evaluation of its feasibility in the Philippines - SAMONTE P. (2006), M.S. in Marine Management, Dalhousie Univ., Canada

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

Publications dans revues à comité de lecture	27
Communications	26
Conférences - invités	1
TOTAL	54

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

1 - Livres ou revues

1. Archambault M.-C., **V.M. Bricelj**, J. Grant, D.M. Anderson, 2004. Effects of suspended and sedimented clays on juvenile hard clams, *Mercenaria mercenaria*, within the context of harmful algal bloom mitigation. *Mar. Biol.* 144: 553-565
2. Blanchet H., de Montaudouin X., Chardy P., **Bachelet G.** (2005) Structutring factors and recent changes in subtidal macrozoobenthic communities of a coastal lagoon, Arcachon Bay (France). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 64: 561-576
3. **Bricelj V.M.**, L. Connell, K. Konoki, S. P. MacQuarrie, T. Scheuer, W. A. Catterall, V. L. Trainer, 2005. Sodium channel mutation responsible for saxitoxin resistance in clams increases risk of PSP. *Nature* 434: 763-767.
4. **Bricelj V.M.**, S. MacQuarrie, B. Twarog, V. Trainer, 2004. Characterization of sensitivity to PSP toxins in North American populations of the softshell clam *Mya arenaria*. pp. 172-174 In: K.A. Steidinger, J.H. Landsberg, C.R. Tomas and G.A. Vargo (Eds.). Harmful Algae, 2002. Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Florida Institute of Oceanography and IOC of UNESCO, St. Petersburg, Florida, USA
5. **Bricelj V.M.**, S. MacQuarrie, R. Smolowitz. 2004. Concentration-dependent effects of toxic and non-toxic isolates of the brown tide alga *Aureococcus anophagefferens* on growth of juvenile bivalves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 282: 101-114.
6. **Briollais L.**, Tzontcheva A, Bull S. (2003) Multilevel Modeling for the Analysis of Longitudinal Blood Pressure Pedigree Data in the Framingham Heart Study. *BMC Genet* 4 (suppl. 1): S19
7. Bull SB, John S, **Briollais L.** (2005) Fine Mapping by Linkage and Association in Nuclear Family and Case-control Designs. *Genet Epidemiol* 29 Suppl. 1: S48-58
8. David V., Chardy P., **Sautour B.** (2006). Fitting Predator-Prey model to zooplankton time-series in the Gironde estuary (France): ecological significance of the parameters *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **67**: 605-617.
9. David V., **Sautour B.**, Chardy P. (2007). The paradox of the long-term decrease of the clutch-size of the calanoid copepod *Eurytemora affinis* in a highly turbid estuary (Gironde estuary, France) and the stability of species abundances. *J. Plankton Res.* (en révision).
10. David V., **Sautour B.**, Chardy P., **Leconte M.** (2005). Long term survey of the zooplanktonic variability in a turbid estuary : Gironde estuary (France). *Estuarine and Coastal Shelf Science*, **64**: 171-184.
11. David V., **Sautour B.**, Chardy P., **Leconte M.** (2006). Successful colonisation of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana in the oligomesohaline area of the Gironde estuary (France): Natural or Anthropogenic forcing ? *J. Plankton Res.* (sous presse).
12. David V., **Sautour B.**, Galois R., Chardy P. (2006). The paradox high zooplanktonic biomasses - low vegetal particulate organic matter in a high turbidity zone: what way for energy transfers? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **333**: 202-218.
13. Fournier E., Adam C., **Massabuau J.-C.**, Garnier-Laplace. J. (2005). Bioaccumulation of waterborne selenium in the Asiatic clam *Corbicula fluminea*: influence of feeding-induced ventilatory activity and selenium species. *Aquatic Toxicology* 72: 251-260

14. Fournier E., Tran D., Denison F., **Massabuau J.-C.**, J Garnier-Laplace (2003). Valve closure response to uranium exposure for a freshwater bivalve *Corbicula fluminea* : quantification of the influence of pH. *Envir. Tox. Chem* 23:1108-111
15. **Grignon-Dubois M.**, **Rezzonico B.** Pentacyclic triterpenes from *Plumeria inodora*. *Chemistry of Natural compounds*, sous presse
16. **Massabuau J.-C.**, D. Tran (2003) Ventilation, a recently described step limiting heavy metal contamination in aquatic animals. *J. Phys IV* 107 : 839-843
17. Mirea L, **Briollais L.**, Bull SB. (2004) Detection of genetic heterogeneity among families with multiple affected relatives. *Genetic Epidemiol* 26, 44-60
18. Petit P., **Grignon-Dubois M.**, Bourgeois P., Moretti C. Isolation of two unusual rotenoids bearing a dioxepin ring, from *Lonchocarpus floribundus* Benth. *Biochemical Systematics and Ecology*, sous presse
19. Pinnaduwa D, **Briollais L.** (2005) Comparison of Genotype- and Haplotype-based Approaches for Fine-Mapping of Alcohol Dependence using COGA data. *BMC Genet.* (sous presse)
20. Rojas L.B., **M. Grignon-Dubois**, A. Usubillaga, **B. Rezzonico** (2004) Triterpenoids from *Sarcostemma clausum* (Jacq.) Roem. & Schult. *Chem. Nat. Comp.* 40, 565
21. Rojas L.B., **M. Grignon-Dubois**, **B. Rezzonico**, A. Usubillaga (2006) Isolation of plumieride from *Plumeria inodora*. *Chemistry of Natural compounds*, 41 (6), 730
22. Romero, O., Armand, L., **Crosta, X.** and Pichon, J.J., 2005, The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 3. Tropical/Subtropical related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*, 223, 49-65.
23. Tackx M., Azémar F., Boulêtreau S., De Pauw N., Bakker K., **Sautour B.**, Gasparini S., Soetaert K., Van Damme S., Meire P. (2004). Zooplankton in the Schelde estuary, Belgium and the Netherlands. Long term trends in spring populations. *Hydrobiologia* 540:275-278.
24. Tran D., Bourdineaud J-P, **Massabuau J.-C.**, Garnier-Laplace J. (2005). Modulation of uranium bioaccumulation by hypoxia in the freshwater clam *Corbicula fluminea*: induction of MXR and Hsp60 in gill tissues. *Envir. Tox. Chem* 24 : 2278-2284
25. Tran D., **Ciret P.**, Ciutat A., **Durrieu G.**, **Massabuau J.-C.** (2003). Estimation of potential and limits of bivalve closure response to detect contaminants: application to cadmium. *Envir. Tox. Chem.* 22 : 4. 22 (4): 914-920
26. Tran D., Fournier E., **Durrieu G.**, **Massabuau J.-C.** (2004) Copper detection in the Asiatic clam *Corbicula fluminea*: optimum valve closure response. *Aquatic Toxicology*. 66: 333-343
27. Tran D., Fournier E., **Durrieu G.**, **Massabuau J.-C.** (2006) Inorganic mercury detection by valve closure response in the freshwater clam *Corbicula fluminea*: integration of time and water metal concentration changes. *Envir. Tox. Chem* sous presse

2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

1. Achamlale S., **Grignon-Dubois M.**, **Rezzonico B.** (2004) Zostères du bassin d'Arcachon – déchet vert ou biomasse recyclable ? Etude chimique en vue de sa valorisation. Rencontre Andalou-Marocaine sur la chimie des produits naturels, Marrakech, 16-18 septembre 2004
2. **Bricelj V.M.** (2005). A genetic basis for toxin accumulation in shellfish populations: softshell clams as a case study. ECOHAB Modeling Workshop, Portland, Maine. Avril 2005
3. **Bricelj V.M.** (2005). Interactions between toxic phytoplankton and bivalve molluscs, primary vectors of toxins. International Atomic Energy Agency (IAEA) Marine Environment Laboratory, Monaco, Septembre 2005
4. **Bricelj M.** (2005) Effects of brown tide on shellfish and an example of a HAB control method using clay for red tides. Brown Tide Management Workshop, Suffolk County Dept. of Health Services, Yaphank, NY. Novembre 2005
5. **Bricelj M.** (2005) Adaptation of softshell clam, *Mya arenaria*, populations to paralytic shellfish poisoning (PSP) toxins: a molecular basis for toxin resistance. Biology Department, Dalhousie University, Halifax, novembre 2005
6. **Bricelj M.** (2006). Interactions between bivalve mollusks and harmful phytoplankton. LEMAR, Institut Européen de la Mer (IUEM), Brest, France. Novembre 2006
7. **Bricelj V.M.**, L. Connell, K. Konoki, S.P. MacQuarrie, T. Scheuer, W.A. Catterall, V.L. Trainer (2005).

Sodium channel mutation responsible for saxitoxin resistance in clams increases risk of PSP. 2nd Yamada Symposium, organized by the Yamada Science Foundation, Awaji Is., Japan. Septembre 2005

8. **Bricelj V.M.**, L. Connell, K. Konoki, S.P. MacQuarrie, T. Scheuer, W.A. Catterall, V.L. Trainer (2005) A sodium channel mutation that confers saxitoxin resistance in softshell clams increases the risk of paralytic shellfish poisoning in humans. Estuarine Research Federation (ERF) Conference, Norfolk, VA. Octobre 2005
9. **Bricelj V.M.**, S.P. MacQuarrie. 2005. Effects of brown tide on hard clam larvae and implications for population recruitment. Larvi'05. Fish and Shellfish Larviculture Symposium. Oostende, Belgium
10. **Briollais L.** (2005) Comparison of several tree-based methods to detect complex gene interactions. Salford Systems Data Mining Workshop, New-York, March 28-30, 2005
11. **Briollais L., Durrieu G.** (2005) Sequential design for microarray experiments. Third Seattle Symposium in Biostatistics: Statistical Genetics and Genomics. November 21 - 22, 2005. Seattle, Washington, USA
12. David V., **Sautour B.**, P.Chardy P., **Leconte M.** (2005). Long-term changes of the calanoid copepod *Eurytemora affinis* in the Gironde estuary and its relationships with environmental parameters. 9th International Conference on Copepoda, Hammamet (Tunisia, juillet 2005).
13. **Grignon-Dubois M.**, Achamlale S., **Rezzonico B.** (2006) Les échouages de zostères : une nouvelle source de myo-inositol. Chimie moléculaire et molécules bioactives, Meknes, Maroc, 4-5 mai 2006
14. **Massabuau J.C.** (2003) Ecophysiologie des animaux aquatiques, où est la vérité ? CREMA L'Houmeau, UMR Ifremer-CNRS. 21 Novembre 2003
15. **Massabuau J.C.** (2004) Les variations d'activité ventilatoire, un facteur clé dans les processus de bioaccumulation chez le bivalve. Journées thématiques internes Ifremer sur la contamination des mollusques bivalves. Nantes, 25-26 mai 2004.
16. **Massabuau J.C., Ciret P., Durrieu G.** (2005) Présentation de l'outil valvométrie non-invasive. 2ème Journée Pôle Capteur Métrologie. 17 mars 2005, LAAS-CNRS, Toulouse
17. **Massabuau J.C.**, Tran D. (2003) Ventilation, a recently described step limiting heavy metal contamination in aquatic animals. XII International Conference on Heavy Metals in the Environment "ICHMET Grenoble - France / 26-30 May 2003
18. **Massabuau J.C.**, Tran D. (2003) Relationship between ventilation, oxygen and plankton concentration in the freshwater clam, *Corbicula fluminea*. Troisième congrès international des Sociétés Européennes de Malacologie. La Rochelle (France) 24 - 27 juin 2003
19. **Rezzonico B.**, Achamlale S., **Grignon-Dubois M.** (2006) Dosage de l'acide zostérique dans les échouages de *Zostera noltii*. Chimie moléculaire et molécules bioactives, Meknes, Maroc, 4-5 mai 2006
20. **Rezzonico B., Grignon-Dubois M.** (2005) Les échouages d'herbes marines, nouvelles sources de produits à haute valeur ajoutée. Rencontres Thématiques de Chimie : Valorisation des matières premières renouvelables d'origine végétale et marine, Rennes, 16-17 nov. 2005
21. Rojas L.B., **Grignon-Dubois M.**, Usubillaga A. (2004) Etude phytochimique de *Plumeria inodora*. Rencontre Andalou-Marocaine sur la chimie des produits naturels, Marrakech, 16-18 sept. 2004
22. **Sautour B.**, David V., Chardy P., **Del Amo Y., Jude F.**, Raymond N. (2006) Variabilité spatio-temporelle et évolution des communautés planctoniques. Colloque de restitution ECOBAG (Bordeaux, 28 Mars 2006).
23. Shi E., J. Knight, **L. Briollais**, V. Onay, I. Andrusis, H. Ozcelik (2004). Detection of gene-gene interactions associated with breast cancer risk in a population-based case-control study using regression models adjusted for by Bootstrap resampling techniques. Hawaii International Conference on Statistics, Mathematics and Related Fields Honolulu, Hawaii, June 9-12, 2004
24. Tran D., **Massabuau J.C.**, Garnier-Laplace J. (2003) Relation entre la durée de l'ouverture valvaire et le taux de bioaccumulation de l'uranium chez le bivalve *C. fluminea*. Influence de l'oxygène. 3ème congrès international des sociétés Européennes de Malacologie. La Rochelle (France) 24 - 27 juin 2003.
25. Tran D., **Massabuau J.C.**, Garnier-Laplace J. (2003). How oxygen demand can influence valve opening duration and uranium uptake in the gills of the freshwater clam *Corbicula fluminea*. Third Symposium for European freshwater sciences. 13-18 juillet 2003, Edimbourg
26. **Tran D., Massabuau J.C.**, Garnier-Laplace J., Bourdineaud J-P. (2004). Ecophysiological approach of uranium bioaccumulation in the bivalve *Corbicula fluminea*: towards the integration of the physiological status of the animal in bioavailability models. SETAC Europe, 14th Annual Meeting. Prague, Czech Republic, 18-22 April 2004

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

Thèses
UMR EPOC
• Sabine Castelle : comportement géochimique du cadmium et du mercure dans les gradients de densité, redox et de salinité du système fluvio-estuarien girondin, Gérard Blanc, <u>financement : bourse Région Aquitaine</u> • Marc-Vincent Commarieu : processus biogéochimiques dans l'estuaire de la Gironde : impact des oscillations redox, Henri Etcheber, Gwénaél Abril, <u>financement : bourse Région</u> • Cécile Dang : dynamique des populations de palourdes sur le Bassin d'Arcachon, Aquitaine et estuaire de Munnaka (Euskadi) : conséquences sur la gestion des populations exploitées, Xavier de Montaudouin, <u>financement : bourse Région Aquitaine - Euskadi</u> • Valérie David : réseau tropique planctonique dans l'estuaire de la Gironde, Pierre Chardy, Benoît Sautour, <u>financement : bourse Région</u> • Ika Paul-Pont : Sensibilité et réponse adaptative des populations de bivalves (coques, palourdes) soumis à un stress multiple: infestation parasitaire, contamination bactérienne, pollution métallique, Xavier de Montaudouin, Magalie Baudrimont, <u>financement : bourse Région Aquitaine</u> • Matthieu Canton : Suivi des apports continentaux en composés biogènes dans le Bassin d'Arcachon, transformation aux embouchures des cours d'eau, impact sur le métabolisme, Pierre Anschutz, <u>financement : bourse Région Aquitaine</u>

Projets	Porteurs	Années	Montants	Durées
UMR EPOC				
Erosion côtière par télédétection (ecotel)	Jean-Marie Froidefond	2002		1 an
Mesure de la production primaire, et de l'impact génomique de stress oxydant et métallique dans les écosystèmes aquatiques	Yolanda del Amo et Jean-Paul Bourdineaud	2002	114,2 k€	1 an
La recherche océanographique sur le littoral aquitain	Pierre Chardy	2002		2 ans
Géochimie des éléments traces et géochimie isotopique appliquées à l'environnement	Claude Pujol	2003	1 051 k€	1 an
Fonctionnement et dysfonctionnement des systèmes aquatiques	Florence Jude	2003	64 k€	2 ans
Observation pour la recherche sur les environnements littoraux et aquatiques aquitains	Philippe Bertrand	2004	316 k€	2 ans
Analyse automatisée par fluorescence X de la composition chimique des dépôts sédimentaires	Philippe Martinez	2005	275 k€	2 ans

Volet « L'Huître dans son environnement »

A. MOTS CLES (Tout ce qui peut aider à préciser le domaine de recherche du projet présenté)

Bassin d'Arcachon - Ecosystèmes littoraux / Ecologie de l'Huître / Couplage colonne d'eau – sédiment / Médiateurs chimiques / Phytoplancton.

B. EQUIPES FRANCAISES TRAVAILLANT SUR LE SUJET OU SUR DES THEMATIQUES SEMBLABLES.

Etablissement	Intitulé de l'équipe	Nom, prénom et coordonnées
Institut Universitaire Européen de la Mer Technopole Brest-Iroise, Place Copernic, 29280 PLOUZANE	UMR CNRS 6539 LEMAR	Hily Christian, Thouzeau Gérard 02 98 49 86 40 ; 02 98 49 86 39 christian.hily@univ-brest.fr gerard.thouzeau@univ-brest.fr
Université de La Rochelle Avenue Michel Crépeau, 17042 LA ROCHELLE	UMR CNRS 6217 CRELA	Thomas-Guyon H. Tél. : 05 46 50 02 97 thomas@univ-lr.fr

C. EQUIPE ETRANGERE TRAVAILLANT SUR LE SUJET OU SUR DES THEMATIQUES SEMBLABLES

Etablissement	Intitulé de l'équipe	Nom, prénom et coordonnées
Norwegian Institute for Water Research Nordnesboder 5 N-5005 Bergen Norvège		Dominique DURAND Phone: +47 5530 2267 Email: Dominique.Durand@niva.no

Annexe 4 : Observation / surveillance : Evolution à long terme

Coordination B. Sautour (UMR EPOC) - J.P. Dreno (IFREMER)

1. Problématique

L'importance de fréquentation des zones côtières et leur forte exploitation (biologique, industrielle, ...) implique une meilleure connaissance de leur évolution ainsi que des processus impliqués afin d'aboutir à une meilleure compréhension de leur fonctionnement et donc à l'acquisition d'éléments indispensables à une bonne gestion. Le lien entre les causes de perturbation et les effets observés sur le fonctionnement de l'écosystème n'est pas toujours facilement identifiable, alors que la demande sociétale concernant les mécanismes impliqués dans ces perturbations et les projections dans l'avenir sont fortes (e.g. problématiques liées à la gestion des stocks exploités, aux effets des changements climatiques sur les écosystèmes côtiers).

La connaissance du fonctionnement des écosystèmes, et donc la mise en évidence d'outils permettant leur gestion dans la perspective d'un développement durable, ne peuvent se faire qu'en prenant en compte différentes échelles spatio-temporelles. Les suivis effectués à des fins d'observation à petite échelle spatio-temporelle permettent de préciser les processus impliqués dans le fonctionnement de l'écosystème. Les suivis à long terme permettent de replacer ces acquis dans un contexte plus général en caractérisant l'évolution de paramètres à grande échelle (en les reliant notamment à des changements globaux), et en retour de dissocier cette tendance des modifications à plus petite échelle.

C'est dans ce cadre que l'IFREMER et l'UMR EPOC ont développé depuis de nombreuses années des activités récurrentes d'observation focalisées sur l'évolution du Bassin d'Arcachon, en support à la recherche fondamentale ou sur sollicitation d'agences techniques ou de collectivités territoriales.

Ce volet présente donc ces activités d'**observations récurrentes** à long terme. Les activités en cours sont développées dans un premier temps puis, dans un second temps, les objectifs spécifiques des 2 années du projet ainsi que l'échéancier correspondant. Enfin une partie est dédiée au **développement d'outils nouveaux** (ou d'outils non utilisés dans le Bassin d'Arcachon), dont l'apport sera à terme un plus indiscutable en terme d'observation et de gestion du milieu mais aussi en recherche fondamentale (développement de micro-capteurs et développement d'un outil de caractérisation du transport sédimentaires).

A moyen terme ce volet s'enrichira des apports des autres volets du programme de manière à faire éventuellement évoluer l'acquisition vers de nouveaux paramètres et d'autres stratégies pertinentes (volet hydrodynamique, contaminants).

1. Problématique.....	118
2. Projet de recherche	119
2.1. Objectifs	119
2.2. Activités récurrentes en cours :.....	119
2.2.1. EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES :.....	120
2.2.2. ACQUIS DE LA PREMIERE ANNEE DU PROGRAMME (dotation région 2006)	121
2.2.3. VERS UNE OPTIMISATION DES MOYENS	121
2.3. Perspectives.....	122
2.3.1. BILAN DES ACQUIS	122
2.3.2. AQUISITIONS COMPLEMENTAIRES :	124
2.3.3. DEVELOPPEMENT D'OUTILS de GESTION du MILEU	128
2.4. Accès aux données.....	130
3. Laboratoires participant	131
4. Calendrier et livrables.....	131
5. Moyens demandés	133

2. Projet de recherche

2.1. Objectifs

Les objectifs concernent l'évolution des caractéristiques des masses d'eau et de la **production biologique** pélagique et benthique en lien avec les problématiques liées à la **productivité** du milieu (notamment pour les **espèces exploitées** : e.g. problèmes rencontrés depuis quelques années en terme de **phytoplancton toxique** d'une part et recrutements très irréguliers de **larves d'huîtres** d'autre part).

Les objectifs opérationnels de ces activités d'observation concernent :

- l'acquisition d'un ensemble de paramètres descripteurs du fonctionnement du système,
- la mutualisation des données à destination (Base de données et accès aux données),
 - o d'agences techniques ou de collectivités territoriales,
 - o de la communauté scientifique,
 - o du grand public.

Il s'agit grâce à l'observation systématique et coordonnée, d'homogénéiser l'acquisition d'un corps de paramètres (hydro climatiques, chimiques et biologiques) communs à tous les sites, afin :

- i) de permettre une étude comparée de séries à long terme des zones littorales (extraction des tendances, établissement de situations de normalité),
- ii) d'établir un cadre spatio-temporel pour les actions de recherches ayant en outre pour objectif d'expliquer la variabilité observée,
- iii) de proposer les « états de référence » nécessaires à la gestion du milieu et à plus long terme les jeux de données nécessaires à la modélisation de l'évolution des systèmes étudiés.

Les objectifs scientifiques en liaison avec les impératifs de **gestion de l'environnement** sont orientés vers :

- la **caractérisation des variations** observées en s'appuyant sur un cadre d'observation interrégional voire national (ex : SOMLIT¹¹) 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 ;
- la **compréhension des causes de variations** grâce à un interfaçage avec les programmes de recherche permettant :
 - d'une part d'avancer dans la compréhension des évolutions observées et des forçages impliqués
 - d'autre part de préciser le contexte temporel et spatial des études fines (limitées dans le temps et dans l'espace) menées dans les actions programmatiques.

Ces activités d'observation présentent un caractère transverse par rapport aux autres volets du programme dans la mesure où :

- *les activités inhérentes aux suivis récurrents peuvent servir de plate forme opérationnelle aux activités de recherche ;*
- *les données acquises servent à cadrer spatialement et temporellement les résultats issus d'études de processus plus ciblées dans le temps.*

2.2. Activités récurrentes en cours :

Les acquisitions actuelles de données s'articulent principalement autour d'un suivi hydrologique de l'IFREMER Arcachon (ARCHYD), de la composante locale du Service d'Observation de l'INSU (SOMLIT) et de suivis des compartiments biologiques réalisés par l'IFREMER Arcachon et l'UMR EPOC. Ils assurent l'acquisition d'un corps de paramètres descripteurs de base du fonctionnement de l'écosystème, complété par des acquisitions présentant un intérêt local (production biologique).

¹¹ Service d'Observation labellisé par l'INSU depuis 1997 et impliquant 7 stations marines réparties sur les 3 façades maritimes

2.2.1. EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES :

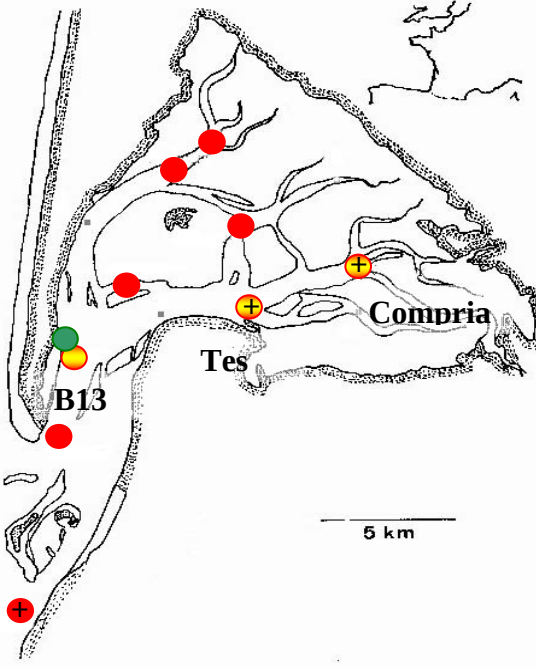
Afin de répondre aux objectifs fixés, les stratégies ont été fixées en ce qui concerne :

- Les paramètres
- L'échantillonnage : sites et acquisition
- Les analyses et les mesures
- La gestion des données

a. Paramètres

Les paramètres actuellement suivis sont pertinents tant pour les aspects de la physico-chimie des eaux que pour la biologie. Ces paramètres ont été choisis, non pas nécessairement en temps que témoins de dysfonctionnement des milieux naturels, mais comme descripteurs du fonctionnement de l'écosystème. Acquis à une fréquence suffisante, ils permettent la caractérisation de l'évolution à l'échelle pluriannuelle, voire pluri décennale, de l'écosystème et la validation de modèles couplés physique-chimie-biologie (e.g. David *et al*, 2005).

	●●	●●	●
Périodicité	8 jours	15 jours	6 mois
Température	*	*	
Salinité	*	*	
Oxygène	*	*	
PH		*	
NH ₄	*	*	
NO ₂	*	*	
NO ₃	*	*	
PO ₄	*	*	
Si(OH) ₄	*	*	
Matière en suspension (MES)	*	*	
Azote organique particulaire		*	
Carbone organique particulaire		*	
Chlorophylle <i>a</i>	*		
Phytoplancton (flore totale)		+	
Zooplancton		*	
Macrofaune benthique des herbiers à <i>Zostera marina</i>			*
	ARCHYD	ARCHYD SOMLIT EPOC	EPOC



Les points signalés par un « + » indiquent des stations REPHY (flore planctonique)

b. Echantillonnage : Sites et acquisition

Les échelles d'observation basse fréquence, décrites ci-dessus permettent d'atteindre un objectif de caractérisation de l'évolution à long terme des écosystèmes (tendances à l'échelle pluri décennale, cycles pluriannuels, évolution de la biodiversité, de la productivité, ... : Beaugrand, 2000, 2001, Abramova & Tuschling, 2005, David *et al*, 2005). Elles ont en outre été choisies à partir d'un compromis entre la charge de travail à long terme et la pertinence des acquis à cette échelle temporelle. Les sites suivis ont été choisis en fonction de leur représentativité du milieu (connue d'après les études synoptiques antérieures (souvent « limitées » dans le temps et/ou dans l'espace du fait de la charge de travail), e.g. : Bouchet, 1968, Guillocheau, 1988, Auby *et al*, 1999, Vincent, 2002, Blanchet, 2005) et/ou en fonction de leur degré d'exposition à une variable du milieu (e.g. impact anthropique).

Sites	Coordonnées	
	Latitude	Longitude
Bouée 13	44°38'22 N	1°14'05 W
Tès	44°40'00 N	1°10'00 W
Comprian	44°40'77 N	1°05'96 W
Bouée 7	44°32'60 N	1°15'75 W
Courbey	44°40'66 N	1°12'17 W
Jacquets	44°43'22 N	1°10'95 W
Girouasse	44°41'95 N	1°08'75 W

c. Analyses et mesures

Le protocole d'échantillonnage et d'analyses a été adopté à partir des standards reconnus dans le domaine (Aminot et Kérouel, 2004 ; standard de prélèvements pour les compartiments biologiques) et de l'expérience des équipes impliquées.

Quatre types de contrôles sont en outre mis en œuvre :

- la tenue régulière de fiches de calibration pour les capteurs (T°C, oxygène dissous, pH);
- des certifications d'étalonnage constructeur à périodicité spécifiée;
- **des intercomparaisons annuelles (nationales dans le cadre du SOMLIT et des essais inter**

laboratoires IFREMER (EIL), traitements de doubles par des laboratoires non impliqués (CREMA L'Houmeau, PAE Brest, Institut PASTEUR).

d. Accès aux données

La gestion des données est assurée au sein de l'UMR EPOC et de l'IFREMER (Bases de Données DOMINO de l'UMR EPOC, SOMLIT de l'INSU et QUADRIGE de l'IFREMER) :

- site web de l'IFREMER :

<http://www.ifremer.fr/delao/francais/valorisation/quadrige/index.htm>

- site web de l'INSU (Sciences de la planète :

http://www.domino.u-bordeaux.fr/somlit_national/) pour les données labellisées SOMLIT

- site web UMR EPOC, pages « Observation » :

<http://www.domino.u-bordeaux.fr/observation/> .

2.2.2. ACQUIS DE LA PREMIERE ANNEE DU PROGRAMME (dotation région 2006)

La demande faite à la Région en 2006 concernait l'acquisition d'équipement analytique avec pour objectif le renforcement (renouvellement) du parc analytique dédié aux activités d'observation et de recherche.

Dans ce cadre les financements ont été obtenus pour l'acquisition¹² :

- de 2 sondes multi paramètres (acquisition et renouvellement),
- d'un fluorimètre de paillasse (renouvellement),
- d'un turbidimètre de paillasse,
- d'un microscope,
- d'un auto analyseur de sels nutritifs.

2.2.3. VERS UNE OPTIMISATION DES MOYENS

S'agissant d'acquisition de données d'observation les séries en cours sont maintenues avec comme objectifs :

¹² Le complément de financement devrait être acquis :

* dans le cadre d'un PPF SOMLIT (évalué positivement – dotation non encore déterminée)

* sur le BQR de l'Université Bordeaux 1. (acquis)

* grâce également à un co-financement de l'Ifremer.

- le maintien de leur qualité (séries labellisées et/ou utilisées par la communauté scientifique et/ou les agences et collectivités territoriales) en assurant le renouvellement d'une partie de l'équipement dédié à l'observation (2006)
- un meilleur interfaçage des moyens des différents organismes pratiquant des activités d'observation / surveillance
- une meilleure compréhension des modifications observées et des forçages impliqués, grâce à l'acquisition de nouveaux paramètres.

Depuis de nombreuses années l'UMR EPOC et l'IFREMER Arcachon collaborent sur des programmes de recherche (formalisées au travers de conventions). Cette collaboration s'étend progressivement aux activités d'observation (ARCHYD-Ifremer et SOMLIT-INSU dans l'UMR-EPOC). Cette problématique commune (objectifs scientifiques, sites d'acquisition, paramètres) a naturellement amené les 2 organismes à envisager une mutualisation des moyens pour l'observation de l'évolution du milieu qui se traduit depuis 2 ans par une utilisation commune des moyens à la mer et une optimisation du temps de travail des personnes impliquées.

L'objectif est cependant plus ambitieux puisqu'il s'agit à terme de mutualiser mesures, analyses (pour les paramètres communs) et données. A l'heure actuelle, l'acquisition de paramètres communs est réalisée en double sur les mêmes sites et avec une même périodicité de manière à pouvoir comparer précisément les séries de données obtenues et éventuellement revenir sur les méthodes (intercalibration). A partir de 2007-08, une fois l'interfaçage des méthodes réalisé, l'acquisition et les analyses/mesures des paramètres seront réalisées de manière commune aux 2 organismes.

Cette évolution sera formalisée au moins dans un premier temps par une nouvelle convention concernant la mutualisation des moyens à la mer, des moyens analytiques (cf. ci-dessus), des activités des personnes concernées. A terme (et sans doute à court terme) le cadre de la convention devra s'élargir pour permettre une accréditation sur l'acquisition, les mesures et les analyses réalisées. Ce nouveau cadre administratif n'est pas encore défini (personne morale à définir ?) : les contacts sont en cours avec Benoît Belaieff pour l'IFREMER et Karine Abado (SAIC Université Bordeaux 1) pour travailler en ce sens.

2.3. Perspectives

Outre le renforcement du parc analytique et une évolution du cadre opérationnel, les activités d'observation réalisées dans le Bassin d'Arcachon vont évoluer sous l'impulsion :

- de la nécessité d'une meilleure prise en compte de la gestion des écosystèmes littoraux en liaison avec le monde socio-économique (pressions anthropiques croissantes, gestion des stocks d'espèces exploitées, e.g. problèmes ostréicoles récents dans le Bassin),
- de l'intérêt croissant de la communauté scientifique pour l'observation de l'évolution des écosystèmes (stabilité et résilience des écosystèmes, changement global, impacts anthropiques, ...),
- une productivité accrue du fait de la mutualisation prévue ci-dessus.

Cette évolution est envisagée suivant 4 axes :

- un **bilan de l'évolution du Bassin** d'Arcachon sur les 20 dernières années, axés sur l'évolution des caractéristiques hydrobiologiques des masses d'eau ;
- l'acquisition de **nouveaux paramètres** qui permettra de mieux caractériser le fonctionnement de cet anthroposystème ;
- une réflexion dans un premier temps, puis la mise en place à terme de suivis à haute fréquence de manière à caractériser certains processus sous jacents aux évolutions observées ;
- le développement de **capteurs de l'évolution du système** (capteurs intégrateurs de modification et capteurs spécifiques de variations de certains compartiments).

2.3.1. BILAN DES ACQUIS

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, à l'heure actuelle, il apparaît nécessaire d'améliorer la résolution de l'étude des processus en ayant des stratégies d'études à haute fréquence et en parallèle d'avoir des informations sur le long terme.

L'objectif de cette proposition est de caractériser l'évolution de paramètres environnementaux en milieu côtier (Bassin d'Arcachon) à grande échelle (suivi à long terme) en la reliant à des changements globaux et permettre de dissocier cette tendance de modifications à plus petite échelle (impact anthropique par exemple).

A l'heure actuelle les séries de données acquises de façon récurrente sur les paramètres descripteurs du fonctionnement de cet écosystème doivent permettre la mise en évidence spécifique de l'évolution récente du Bassin d'Arcachon (20 ans)¹³ :

- identification des variations,
- mise en relation des modifications de l'écosystème et des modifications climatiques et/ou anthropiques,
- définition d'un « état de référence » de l'écosystème à cette échelle de temps,
- meilleure connaissance des hypothèses concernant les forçages impliqués (liaison avec la gestion de l'écosystème).

Une idée émergente actuellement est que le changement de régime qui a été détecté en Mer Baltique, Mer Noire, Mer du Nord et peut être même dans le Pacifique Nord et l'est de l'Océan Atlantique Nord fait partie d'un changement de forçage climatique qui aurait touché au moins l'ensemble des régions extratropicales de l'hémisphère Nord (Reid 2005). Il serait donc intéressant de voir s'il est détecté sur le littoral français et plus particulièrement dans le Bassin d'Arcachon fortement influencé comme toutes les zones côtières par le climat (Viitasalo *et al*, 1995) et par les impacts locaux des activités humaines.

Il s'agit donc d'analyser les séries de données environnementales en faisant référence à la fois :

- à un contexte climatique à grande échelle (ex: indice NAO océanique et atmosphérique, variabilité de la température, vent, turbulence, champ de pression, circulation méridionale et zonale)
- à des indicateurs locaux/régionaux de l'impact anthropogénique.

Les objectifs spécifiques de cette proposition sont donc, en utilisant le jeu de données existant (paramètres descripteurs des caractéristiques des masses d'eau) et les données complémentaire issues de différent(e)s structures / organismes (SOMLIT, séries temporelles historiques des Stations Marines (Roscoff, Brest, Bordeaux) Météo France, IFREMER, etc...), données pour la mer du Nord, la Manche et la région située au large du golfe de Gascogne :

- d'examiner la variabilité du climat à l'aide d'analyses statistiques multivariées (ACP, corrélations glissantes, semi-variogrammes locaux) et d'évaluer cette variabilité le long du littoral atlantique (méthode de groupement et d'ordination) ;
- de faire la part de ce qui peut être attribué aux modifications anthropiques (locales / globales) et à la variabilité climatique (quantification de l'influence des paramètres : méthodes statistiques locales et globales) ;
- d'examiner les liens entre les systèmes biologiques pour lesquels les données historiques existent et cette variabilité¹⁴.

¹³ Ce travail est à rapprocher de travaux similaires réalisés sur l'estuaire de la Gironde dans le cadre d'une thèse financée par la Région (Thèse de Valérie David, UMR EPOC, financement Région, soutenue en 2006) qui ont permis une caractérisation fine de l'évolution de cet écosystème (masses d'eau et compartiments planctoniques associés) sur les 30 dernières années.

Parmi les objectifs finalisés de ce travail :

- il nous paraît indispensable d'avoir, comme outil d'aide à la gestion du milieu, une bonne caractérisation de l'évolution récente du Bassin, notamment vis-à-vis du changement global et des échanges de plus en plus fréquents entre écosystèmes littoraux et de leurs effets de plus en plus fréquemment observés (e.g. espèces introduites) ou modifications de la répartition des grands biomes, (e.g. travaux de G. Beaugrand) ;

- ce travail doit aussi nous permettre d'optimiser notre stratégie de suivi sur le long terme, en terme de fréquence d'échantillonnage par exemple (actuellement 8j et 15j pour les paramètres de la colonne d'eau : tous les paramètres sont-ils à suivre à cette fréquence ? La part de variabilité expliquée sur le long terme acquise avec un suivi hebdomadaire est-elle significativement plus importante que celle déterminée avec un suivi bimensuel ?).

Rattachement à des programmes :

Du fait de son emprise spatiale (échelles globale / locale), la problématique développée dans cette proposition est rattachée aussi bien à des programmes de recherche nationaux que régionaux :

Services d'Observation de l'INSU : Service d'Observation en Milieu Littoral (SOMLIT), PNEC, LITEAU.

D'autre part le développement de cette approche est particulièrement pertinent pour les programmes internationaux : EUROCEANS, GLOBEC, IMBER et METAOCEANS.

Collaborations envisagées :

IFREMER, CEMAGREF, METEO France, Réseau MARS, National Oceanic and Atmospheric Administration (données NOAA et COADS).

2.3.2. AQUISITIONS COMPLEMENTAIRES :

2.3.2.1. Paramètres

Les paramètres complémentaires dont le suivi récurrent à long terme est envisagé sont liés aux caractéristiques environnementales « naturelles » de l'écosystème et aux pressions anthropiques.

Sont ciblés des paramètres pour lesquels le besoin est identifié :

- pour le court terme, d'après les connaissances générales acquises sur les écosystèmes littoraux et sur le Bassin d'Arcachon en particulier,
- pour le futur, d'après les manques qui seront identifiés par les travaux menés dans les autres volets de ce programme (dans la mesure où les compétences pourront être mobilisées)¹⁵.

Dans le cadre de ce projet il s'agit donc de paramètres ou de compartiments habituellement suivis (lorsque les compétences existent) pour décrire le fonctionnement des écosystèmes littoraux (à l'échelle locale ou globale) et d'éventuels paramètres liés aux activités anthropiques dont le suivi peut s'avérer

¹⁴ le bassin est caractérisé comme toutes les zones d'interface par une forte hétérogénéité qui s'exprime notamment aux petites échelles spatio-temporelles en réaction par exemple, aux caractéristiques hydrodynamiques, aux variations tidales, aux variations instantanées de la météo et aux apports anthropiques (e.g. Seuront *et al*, 2001 ; Vincent *et al*, 2002). La hiérarchisation entre ces forçages locaux et instantanés d'une part et l'évolution climatique moyen-long terme d'autre part sera examinée à moyen terme à partir des acquisitions haute fréquence qu'il est prévu de développer dans cet écosystème à moyen terme (§ 1.2.2.2).

¹⁵ il s'agit de paramètres non suivis à l'heure actuelle, liés aux pressions anthropiques locales ou non, dont l'identification dépendra des travaux réalisés dans ce programme (ex. : hydrodynamique, contaminants, ...); les stratégies pertinentes d'acquisition (paramètres, sites, fréquence) seront déterminées une fois ces paramètres et leurs caractéristiques identifiées. Les 2 années de ce programme seront donc consacrées à identifier les suivis qu'il nous semblera pertinent de mettre en place dans un second temps.

intéressant. Dans ce cas, la pertinence des sites à suivre, des fréquences à utiliser pour caractériser l'évolution à l'échelle pluri décennale est connue.

a) Suivi benthique : Microphytobenthos (Xavier Crosta) et macrofaune (Hugues Blanchet)

En complément du suivi réalisé sur la biodiversité des herbiers à *Zostera marina*, un suivi benthique prenant en compte différents compartiments (microphytobenthos, macrofaune) et paramètres accompagnateurs (granulométrie, matière organique, biomasse des microphytes) est proposé sur des sites caractéristiques du Bassin d'Arcachon.

Microphytobenthos : Jusqu'à présent aucun travail spécifique et suivi n'était prévu sur ce compartiment (en dehors des mesures de production réalisées par le CRELA dans le cadre du PNEC lagunes atlantiques). L'importance de ces micro-algues est connue tant en ce qui concerne 1) leur participation aux bilans de production primaire et aux cycles des macro-nutriments (Si, N), notamment dans les zones dans lesquelles la superficie de l'estran est très développée, 2) leur participation aux flux d'alimentation des organismes filtreurs suspensivores lorsque le couplage benthopélagique est développé, deux caractéristiques du Bassin d'Arcachon. Cette communauté abrite en outre des espèces réputées toxiques. Le suivi de ce compartiment de micro-algues benthiques est rendu possible de façon récurrente sur le Bassin du fait de l'implication d'un collègue spécialiste des diatomées dans le Service d'Observation de l'UMR EPOC. Le début est prévu en année 2 du projet (après 1 année de mise au point). Il sera réalisé en prenant en compte un des groupes dominant (diatomées) de cette communauté. La stratégie de suivi (sites, niveau hypsométrique, heures de prélèvement) et la mise au point de la méthode d'identification seront définies en année 1, pour un début en année 2 (fréquence d'acquisition 15 jours, au minimum 3 sites suivis).

Les paramètres accompagnateurs de ce suivi seront : la température du sédiment, la salinité, la teneur en carbone organique particulaire (COP), la biomasse des microphytes, la teneur en oxygène, les teneurs en macro-nutriments et la macrofaune benthique (sur un site cf. paragraphe suivant). Les stations de suivi seront sélectionnées en année 1 et se situeront à proximité des stations Tès, Bouée 13 et Comprian afin d'intégrer les gradients de salinité, de confinement, et de teneur en nutriments.

Faune benthique : Un suivi de la faune invertébrée benthique est proposé sur une des 3 stations située dans le chenal du Teychan (44°40.650 N ; 1°06.199 W), à proximité d'une station d'observation des paramètres de la colonne d'eau (Comprian). En raison de sa position à l'interface eau-sédiment, de la durée de vie relativement longue et de la sédentarité des organismes qui la compose la macrofaune invertébrée benthique est en effet reconnue comme un bio-critère prometteur pour l'observation et la bio-surveillance des changements naturels et anthropogéniques des milieux côtiers et littoraux (e. g. Pearson & Rosenberg, 1978 ; Dauvin, 1993 ; Borja et al., 2000). De plus, cette faune joue, par son activité bioturbatrice et sa position dans le réseau trophique un rôle important dans le cycle de la matière et des nutriments en domaine littoral.

Nous disposons d'un état des lieux 2002 pour la station qui sera suivie (Blanchet, 2005). Cette station sera également intégrée au réseau de surveillance du paramètre Invertébrés Benthiques pour la Masse d'Eau Côtière "Arcachon Amont" dans le cadre de la DCE (Directive Cadre Eau), géré, pour les eaux côtières, par l'IFREMER (cofinancement du suivi).

Les paramètres analysés seront les suivants :

- caractéristiques complémentaires du sédiment (granulométrie, biomasse des microphytes, profil et teneur en carbone organique particulaire (COP) et labilité du COP).
- abondance, diversité et biomasse de la macrofaune (sur tamis de 1 mm) invertébrée benthique échantillonnée à la benne ;
- abondance, diversité et biomasse de la mégafaune (sur filet de 1 cm) benthique échantillonnée à la drague ;

L'échantillonnage est envisagé tous les mois, tous les deux mois ou trimestriellement selon les premiers résultats obtenus : la première année sera consacrée à déterminer le meilleur compromis entre faisabilité et qualité de l'information recueillie afin de déterminer le pas de temps optimal pour le suivi temporel à long terme de ce nouveau paramètre.

Ce suivi poursuit un double objectif, le premier concerne l'observation du milieu et de ses changements au travers du suivi du compartiment benthique afin de mettre en évidence une évolution naturelle du milieu ou sa dégradation, le second, à vocation plus fonctionnelle cherchera à identifier l'importance du couplage entre benthopélagique.

De précieuses informations seront obtenues à partir de l'étude simultanée des paramètres de la colonne d'eau acquis dans le cadre de ce projet et des paramètres benthiques (identification des périodes de production, des périodes de recrutement benthique, meilleure caractérisation sur le long terme de la variabilité de ces paramètres, ...). Ces informations seront utiles pour les travaux de modélisation du fonctionnement du réseau trophique du Bassin d'Arcachon. Notamment nous chercherons à déterminer quelle est la fraction de COP issue de l'activité biologique dans la colonne d'eau rendue disponible pour la faune benthique et quelle est l'importance de ce couplage (e.g. Chardy, 1993 ; Chauvaud *et al.*, 2000 ; Lee *et al.*, 2002) par rapport aux autres sources potentielles de COP pour la faune benthique subtidale (production de l'herbier intertidal à *Zostera noltii*, production microphytobenthique des zones vaseuses et sablo-vaseuses environnantes).

b) Paramètres intégrateurs de l'évolution de l'écosystème :

Nous proposons par ailleurs de suivre des paramètres qui nous permettront, en complément de ce nous obtiendrons sur les caractéristiques des compartiments pélagiques et benthiques et de leur biocénoses, de mieux comprendre le fonctionnement du Bassin d'Arcachon et de mieux caractériser son évolution sur le long terme :

- suivi de l'évolution des apports allochtones au Bassin d'Arcachon (marins et continentaux) grâce aux isotopes stables de l'azote et du carbone, en compléments d'indicateurs déjà acquis (salinité, sels nutritifs) ;
- suivi de l'évolution du métabolisme du système (autotrophie/hétérotrophie) en lien avec la problématique de la productivité des zones littorales et de leur rôle dans le cycle du carbone (puits ou sources ?).

Apports allochtones (Nicolas Savoye) : Une des questions d'actualité concernant la gestion des zones littorales concerne la modification à long terme des caractéristiques des apports marins et continentaux (diminution des débits en lien avec le changement global, salinisation des écosystèmes, augmentation des apports en nutriments). Ces modifications ont des conséquences sur le métabolisme et la productivité de ces écosystèmes (concentration des matières en suspension, teneurs en oxygène, eutrophisation, pénétration d'espèces marines, etc...). Les isotopes stables du carbone et de l'azote sont un outil de choix pour qualifier la matière organique particulaire (Savoye *et al.*, 2003), pour en déterminer l'origine (Gearing 1988) et pour quantifier les différentes sources quand ces dernières sont peu nombreuses (Fontugne et Jouanneau 1987) dans les écosystèmes côtiers. Ce sont donc des proxys de choix pour suivre l'évolution de l'apport en matériel particulaire et dissous dans les zones côtières. Les isotopes stables de l'azote peuvent permettre par ailleurs d'estimer l'utilisation relative des nutriments azotés, au moins en période printanière (Savoye *et al.*, 2003).

L'intégration de tels outils dans le cadre de l'observation du milieu permettra de suivre l'évolution à long terme des apports continentaux (matière organique particulaire et nutriments azotés) et de toute modification majeure du cycle de l'azote dans le bassin d'Arcachon. Ces outils seront aussi utilisés à l'échelle des façades Manche et Atlantique françaises dans le cadre du Service d'Observation du Milieu Littoral. La comparaison avec d'autres écosystèmes des façades Manche et Atlantique permettra de déterminer si les modifications observées en local sont d'ordre climatique (e.g. modification de la pluviométrie à grande échelle) ou anthropique (e.g. modification des prélèvements d'eau sur la Bassin versant à une échelle locale).

Le métabolisme de l'écosystème (Gwénaél Abril) définit son état en tant que puits ou source de carbone, en relation avec les processus biogéochimiques (production primaire et respiration) dont la variabilité dépend de la diversité fonctionnelle des communautés biologiques. (Gattuso *et al.* 1998). La production primaire du bassin d'Arcachon se partage entre le phytoplancton, le microphytobenthos et les herbiers de zostères. Cette activité photosynthétique est un puits de CO₂ atmosphérique et la source de matière organique majeure dans le milieu aquatique. La matière organique ainsi synthétisée alimente la

respiration benthique et pélagique ainsi que la production bactérienne et alimentent ensuite le réseau trophique, notamment la macrofaune benthique. La mesure directe d'échange de CO₂ atmosphérique par eddy-covariance, aussi bien à marée haute qu'à marée basse constitue une mesure intégrative du métabolisme de l'écosystème et renseigne sur la capacité trophique du système au cours des cycles saisonniers. Cette méthode intègre les échanges de carbone par de larges surfaces (environ 10 000 m²) (Papale et al. 2006). En milieu intertidal, elle fonctionne aussi bien à marée haute (échange air-eau résultat du métabolisme benthique et pélagique) qu'à marée basse (métabolisme benthique uniquement) et elle peut être entièrement automatisée de manière à acquérir des séries temporelles qui seront couplées à des mesures simultanées de pCO₂ dans l'eau (Abril et al. 2006). L'application de cette technique sur un écosystème côtier tel que le bassin d'Arcachon constituera une première et revêt donc un caractère particulièrement novateur. De plus, cette approche intégrative est parfaitement complémentaire des recherches proposées ici sur le phytoplancton, le microphytobenthos et les bactéries. Une demande de post-doc a été déposée au CNRS cette année pour développer cette technique à l'UMR EPOC. D'autre part, au cours de l'année 2006, des contacts étroits avec deux équipes pratiquant cette technique en milieu terrestre (Lab. d'Aérodologie (Toulouse) et IRSN (Cherbourg)) ont été renforcés et des compétences techniques du service commun de l'UMR EPOC ont été sollicitées sur ce sujet. Suite à cette réflexion, il s'avère aujourd'hui que la technique d'Eddy-covariance peut d'ores et déjà être mise en place sur le bassin d'Arcachon, moyennant un investissement dans un système optimisé d'acquisition en continu du vent vertical et des fluctuations de la concentration en CO₂ atmosphérique à haute fréquence. Nous proposons dans le cadre de cet AO d'acquérir cet équipement et de le tester en 2007, puis de le mettre en œuvre à partir de 2008 à la station centrale de Compiègne (optimale du fait de sa situation par rapport aux vents dominants) sur des périodes relativement longues (1 semaine tous les 2 mois) de manière à appréhender les variations saisonnières, puis interannuelles de la productivité et du métabolisme du bassin d'Arcachon.

2.3.2.2. Prise en compte de la variabilité spatiale et temporelle à petite échelle

L'hétérogénéité à petite échelle spatio-temporelle des zones littorales, liée à la forte variabilité des processus physiques, des apports continentaux et des processus biologiques (benthiques et pélagiques), implique la prise en compte d'échelles d'observation pertinentes avec les échelles de temps et d'espace auxquelles s'expriment les processus impliqués (Saiz *et al.*, 1992 ; Seuront & Lagadeuc 2001). L'acquisition à petite échelle spatio-temporelle permet :

- de caractériser les processus impliqués dans les variations observées à plus grande échelle,
- de dégager les tendances d'évolution des caractéristiques propres à ces processus,
- de déterminer la représentativité des résultats acquis à plus basse fréquence (ce que ne permet pas toujours une approche synoptique classique).

Cette acquisition est difficilement envisageable à grande échelle du fait de l'importante charge de travail qu'elle implique. Elle nécessite donc l'identification de sites représentatifs des processus à étudier, de l'emprise spatiale des mesures à effectuer, de la fréquence d'acquisition. Elle est en outre facilitée par l'utilisation de capteurs pour certains paramètres dont l'acquisition est fiable en continu et à haute fréquence dans le milieu. Il s'agit de paramètres concernant :

- les forçages physiques et climatiques (vitesses, directions des courants, salinité, température),
- certains processus importants dans les zones littorales (charge en particules, pénétration de la lumière),
- le suivi d'un compartiment biologique (phytoplancton en fluorescence)¹⁶.

De manière à aller plus loin dans la compréhension de la variabilité des processus aux petites échelles spatio-temporelles, nous proposons de mettre en place une acquisition de ce type dans le Bassin d'Arcachon.

¹⁶ D'autres types de capteurs sont disponibles sur le marché mais sont soit en phase de développement, soit difficiles à utiliser en zone littorale, du fait notamment de l'important fouling qui y est observé.

Cet objectif prévu à moyen terme (2009) nécessite une réflexion sur différents points :

- la localisation des sites à instrumenter : a priori 2 sites sont susceptibles d'être suivis (eaux néritiques externes : proximité des apports marins / eaux néritiques internes : proximité des apports continentaux majeurs (Leyre), qui sont des sites suivis à basse fréquence). La localisation précise doit faire l'objet d'un consensus dégagé d'après les objectifs fixés et les besoins exprimés pour les différents paramètres à prendre en compte. Cette synthèse est prévue dans les 2 années à venir, à partir des acquis actuels et de ceux des actions qui seront menées pendant les 2 années de ce programme (hydrodynamique, transport sédimentaire, localisation du suivi benthique).
- Le type de paramètres à suivre. Il s'agit a priori de paramètres dont l'acquisition est fiable en milieu littoral : bilan des possibilités en fonction de l'expertise des organismes déjà impliqués dans ce type d'acquisition : IFREMER, OSU dont l'OASU (sur le système fluvio-estuarien Garonne/Dordogne/Gironde).
- Le type de traitement de données à mettre en place : la quantité de données transmises ne permet que difficilement un travail d'interprétation à partir des données brutes. Il apparaît donc nécessaire de développer des outils synthétiques de caractérisation des variations à haute fréquence.
- La tenue à la mer de ces systèmes autonomes : si dans le Bassin d'Arcachon le problème ne devrait pas se poser, la question est à évoquer si l'implantation d'un système d'acquisition automatique à l'extérieur du Bassin sur le proche plateau continental s'avère pertinente (en liaison avec la caractérisation des structures hydrodynamiques à l'extérieur du Bassin et les accumulations éventuelles de phytoplancton).

Les réponses à ces questions ne sont pas simples nous proposons donc d'établir dans le cadre de ce programme un cahier des charges et des objectifs pertinents et raisonnables pour la mise en place et l'utilisation de ces systèmes dans un second volet.

2.3.3. DEVELOPPEMENT D'OUTILS de GESTION du MILEU

2.3.3.1. Outil de caractérisation du transport des particules dans le Bassin d'Arcachon

La modélisation de la dispersion et du dépôt des particules en suspension dans le bassin est importante à plusieurs titres. D'une part, la turbidité des eaux générée par les particules minérales et organiques en suspension est un paramètre physique qui, au même titre que la température et/ou la salinité, joue un rôle sur la production primaire. D'autre part, la qualité des matières en suspension est essentielle pour la production conchylicole. Enfin, si l'on considère le compartiment planctonique comme une population de particules en suspension, il est possible de simuler sa dynamique dès lors que l'on dispose d'outils de simulation prenant en compte les comportements spécifiques du vivant (production, croissance, etc.). Enfin cette modélisation est aussi importante dans une optique finalisée concernant la dispersion des particules dont la remise en suspension est générée par les activités anthropiques (dragages et rejets de dragages, opérations d'éradication des récifs d'huîtres sauvages, etc...). En ce sens le développement de cet outil de connaissance et de gestion de l'écosystème constitue une action qui sera intégrée à terme dans les problématiques évoquées dans ce programme : transport sédimentaire, contaminants particuliers, dispersion larvaire, variabilité de la qualité du pool nutritif des organismes suspensivores (dont les organismes benthiques, e.g. Huîtres) un travail commun est d'ores et déjà prévu dans le cadre de ce programme, Cf. Volet « l'Huître dans son Environnement ».

Pour pouvoir à terme simuler la variabilité spatiale et saisonnière de la dispersion des matières en suspension dans le bassin, nous proposons d'initier une modélisation couplée hydro-sédimentaire, en exploitant des outils de modélisation existants. Cette étape, définissant une situation de normalité est une étape indispensable et préalable à l'identification et caractérisation des effets d'activités anthropiques. Dans un premier temps, il s'agira de réussir le couplage d'un modèle hydrodynamique simulant les courants de marée, avec un modèle de transport particulaire en suspension, capable de traiter plusieurs variables simultanées (Waeles et Le Hir, 2004). Le modèle MARS-2D, mis en place et validé par

l'Ifremer, sera le modèle hydrodynamique de base (Plus et Durand, 2003). Les avantages de ce modèle sont i) qu'il intègre l'effet du vent sur les courants, ii) qu'il tient compte des débits d'eau douce apportés par la Leyre et les autres cours d'eau adjacents, iii) d'être correctement validé par des mesures de marée et d'intensité des courants, et iv) de fournir une résolution spatiale fine (mailles de 64 m de côté) qui permet de distinguer les chenaux des estrans, sans trop pénaliser les temps de calcul.

Les objectifs spécifiques sont :

- d'intégrer dans le modèle MARS-Arcachon un module de transport particulaire en suspension prenant en compte les principaux processus sédimentaires (transport, érosion, dépôt) ; ce module se basera sur les travaux de Waeles et Le Hir (2004), qui ont développé un modèle "multiclasses" prenant en compte simultanément le charriage et la suspension de plusieurs classes granulométriques de sédiments. Ce modèle, dans une version simplifiée antérieure (Cugier et Le Hir, 2001), avait permis à l'équipe proposante de simuler le bouchon vaseux et le transport des suspensions dans l'estuaire de la Gironde (Sottolichio et al., 2001).
- d'intégrer l'effet des vagues sur l'érosion des sédiments, au moyen d'une superposition des frottements dûs aux courants et aux vagues ; le calcul des courants étant réalisé par MARS, la simulation des vagues se fera au moyen du logiciel SWAN, disponible à EPOC et implanté dans la configuration du bassin (Davancens, 2006)
- de valider le modèle, notamment en termes de capacité à simuler la dispersion et les échelles de turbidité dans la zone lagunaire, mais aussi en termes de capacité à simuler les zones de dépôt et d'érosion lors de situations hydrologiques typiques (cycles de marée, cycles saisonniers)

Pour mener à bien ce projet, la présente demande concerne une allocation de recherche post-doctorale pour un océanographe physicien ayant la pratique du couplage des modèles numériques hydrosédimentaires.

Ce projet tirera profit des travaux en cours dans le Bassin, soutenus en partie dans le cadre de l'AO Région 2006, Thème 1 - Dynamique de la côte sableuse ; sous-thème 3 - Hydrodynamique sédimentaire des milieux estuariens et lagunaires. Ainsi, les mesures *in situ*, nécessaires pour la validation des modèles, seront fournies par un suivi expérimental effectué par l'équipe proposante en collaboration avec l'Ifremer (projet PNEC). Ce suivi consiste à enregistrer en continu la turbidité et les remises en suspension par les courants et les vagues au moyen de capteurs physiques autonomes dans les zones d'estrans en divers points du bassin (une contribution de la Région a été obtenue en 2006 pour le financement d'un capteur). Par ailleurs, des complémentarités seront trouvées avec un travail de recherche en méthodes numériques de modélisation hydrodynamique, initié en 2006 dans le cadre d'une thèse pilotée par le TREFLE. Ce travail doit permettre à terme de disposer de techniques de résolution numérique fine pour décrire l'hydrodynamique dans des secteurs sensibles tels que les zones découvrantes.

De manière générale, la modélisation des problèmes de transport et de dispersion de particules est très dépendante de la qualité de la paramétrisation de la turbulence. Or, dans les environnements peu profonds, tel que le Bassin d'Arcachon, les écoulements turbulents sont dominés par des macro-structures quasi-bidimensionnelles, dont la dynamique est très différente de celle de la turbulence tridimensionnelle « classique ». Pour simuler correctement ces écoulements il peut être nécessaire de développer des paramétrisations sous-mailles spécifiques (cf. Uittenbogaard et Van Vossen (2003)), dites HLES (« Horizontal large-eddy simulation »). Dans le cadre de ce projet, et en fonction de la réussite du couplage hydro-sédimentaire, nous envisageons de tester la sensibilité de la dispersion des sédiments du modèle à la paramétrisation de la turbulence HLES. Ceci permettra d'évaluer le besoin d'une modélisation plus sophistiquée de la turbulence dans l'avenir proche.

2.3.3.2. Optimisation du suivi des communautés phytoplanctoniques (flore totale et phytoplancton toxique, Danièle Maurer, Jean Paul Dreno) :

Les communautés planctoniques du Bassin d'Arcachon sont suivies depuis de nombreuses années (phyto- et zoo- : cf. ci-dessus). Le suivi du compartiment phytoplanctonique est actuellement réalisé dans le cadre du REPHY. Les problèmes récents liés pour certains à la présence d'algues

toxiques, nous ont amené à développer une étude plus précise de la communauté phytoplanctonique : données complémentaires acquises dans le travail (post-doc Région) débuté en 2006 (et poursuivi dans le cadre de ce projet) concernant le lien entre hydrodynamique et communautés phytoplanctoniques (notamment espèces réputées toxiques : voir Volet « hydrodynamique et communautés phytoplanctoniques »).

Le développement d'une éventuelle nouvelle stratégie de prélèvement sera étudié pendant les 2 années du programme, à partir des données historiques et à partir de cette approche plus ciblée. Sa mise en place passera en outre par un renforcement des compétences sur ce compartiment (le travail actuel ne peut se faire que grâce à la participation d'une collègue en post doctorat, en appui des compétences locales, voir volet « hydrodynamique et phytoplancton »).

Parallèlement à ce travail de suivi « classique », un travail de mise au point d'un système automatisé d'identification sera finalisé dans ce programme. Dans le cadre des campagnes d'échantillonnage, 400 prélèvements pour les observations phytoplanctoniques ont été réalisés en 2006 et au moins autant le seront en 2007. L'analyse manuelle au microscope, utilisée actuellement en routine, est longue et fastidieuse, et elle nécessite des opérateurs spécialisés. Une nouvelle méthode visant à automatiser l'analyse des échantillons est en cours de mise au point par l'IFREMER et l'Université de Mons Hainaut (Belgique). Elle consiste en une analyse des images recueillies par un flowcam (Babin *et al.*, 2005), à l'aide d'un logiciel nommé PhytoImage. Cette technique est prometteuse puisqu'elle est déjà applicable en partie au compartiment zooplanctonique (Grosjean *et al.* 2004).

La demande de financement concerne l'acquisition du flowcam, nécessaire pour créer une base d'images à partir d'échantillons *in situ* (jeu d'apprentissage) et rendre opérationnel le logiciel PhytoImage. Le premier travail consistera donc à la création de la banque d'images (année 1 et 2) et à la mise en place progressive de l'outil pour un suivi récurrent (interfaçage des 2 méthodes : années 2 et suivantes).

2.3.3.3. Collecte de macro-observations (Hugues Blanchet, Sylvie Latrille, Benoît Sautour) :

Les observations actuellement réalisées concernent des zones définies comme étant représentatives de l'écosystème ou d'une partie de celui-ci. Leur choix et le choix des fréquences d'acquisition dépendent de la faisabilité des suivis, l'emprise spatiale et temporelle est en partie pénalisée par ces stratégies. Le Bassin d'Arcachon est un écosystème très fréquenté par les professionnels (notamment ostréiculteurs) qui sont donc à même de recueillir des informations à large échelle spatiale et avec une fréquence de l'ordre de la journée. Nous proposons donc en collaboration avec la commission environnement des ostréiculteurs (S. Latrille) d'étudier la faisabilité de la mise en place de collectes organisées de macro-observations.

Il s'agira :

- dans un premier temps de définir sur quoi doit porter l'observation (macro algues ? méduses ?,) ;
- d'identifier sur quels critères il est possible de se baser (critères robustes laissant peu de place à l'interprétation) ;
- d'établir des fiches d'observation et de les valider ;
- de prévoir un stockage de ces informations en BDD de manière à pouvoir les croiser avec les données acquises par ailleurs.

Les 2 premiers points seront développés en année 1, les fiches et leur validation seront réalisées en année 2 pour une mise en place ultérieure en fonction du retour d'expérience.

2.3.3.4. Développement de micro capteurs

Le développement de ces capteurs est proposé avec pour objectif le développement de capteurs pour des compartiments biologiques pour lesquels i) des traceurs naturels spécifiques ne sont pas connus ou n'existent pas, ii) l'identification est complexe. Ces développements faisant appel à des compétences très diverses et complémentaires font l'objet d'un développement particulier dans un volet « Capteurs ».

2.4. Accès aux données

La gestion actuelle des données continuera à être assurée au sein de l'UMR EPOC et de l'IFREMER (Bases de Données DOMINO de l'UMR EPOC, SOMLIT de l'INSU et QUADRIGE de l'IFREMER, adresse des BDD mentionnés § 2.2.1) :

L'interfaçage entre ces bases de données est en cours de discussion (Antoine Huguet, IFREMER, Benoît Sautour EPOC / SOMLIT), la lisibilité de l'accès aux données sur le réseau sera assurée grâce à un portail présentant les métadonnées liées à ces acquisitions et les moyens d'accès (Anne Guchan, Conseil Régional).

3. Laboratoires participant

(Liste complète du personnel impliqué dans les documents complémentaires)

Les participants à ce volet sont spécialistes de différentes disciplines et sont originaires de plusieurs organismes : IFREMER Brest et Arcachon ainsi qu'Université Bordeaux 1 / CNRS (UMR EPOC). Différentes actions de recherche et d'observation sont d'ores et déjà menées en collaboration par ces laboratoires.

4. Calendrier et livrables

L'ensemble des paramètres mentionnés ci-dessous constitue donc le corps de paramètres acquis dans le cadre de l'observation du Bassin d'Arcachon et ceux dont le suivi est envisagé à partir de ces 2 années de programme.

			Périodicité
Colonne d'eau	Dissous	Température *	8j/15j
		Salinité *	8j/15j
		Oxygène *	8j/15j
		PH	8j/15j
		NH ₄	8j/15j
		NO ₂	8j/15j
		NO ₃	8j/15j
		PO ₄	8j/15j
		Si(OH) ₄	8j/15j
	Particulaire	Matière en suspension (MES) *	8j/15j
		Azote organique particulaire	15j
		Carbone organique particulaire	15j
Benthos	Sédiment	Granulométrie	A déterminer+
		Carbone organique particulaire	15j
	Biocénose	Biomasse microphytes (Chla)	15j
		Diatomées	15j
		Macrofaune zone interne	A déterminer+
		Macrofaune herbiers	6 mois
	Apports	Isotopes stables	15j
Param. intégraterus	Métabolisme Productivité	Flux de CO ₂	A déterminer+
Outils.	<i>Particules en suspension</i> <i>Phytoplancton</i> <i>Fiches de suivi / obs.</i> <i>Capteurs</i>	<i>Transport sédimentaire</i> <i>Automatisation</i> <i>Observations macroscopiques</i> <i>Micro capteurs</i>	<i>Développement</i> <i>/</i> <i>Faisabilité</i>

+ : à déterminer d'après les premiers résultats acquis et les sources de variabilité identifiées
en gris : paramètres labellisés IFREMER/SOMLIT
en gras : début d'acquisition dans le cadre de ce projet
en italique : outils à développer

Outre le travail d'acquisition spécifique pour les paramètres dont l'acquisition est en cours, l'**année 1** du projet sera consacrée à :

- à l'évolution du cadre opérationnel (mutualisation des moyens) ;
- à la mise au point du suivi de nouveaux paramètres porteurs d'information, pour une mise en place en année 2 ;
- au bilan de l'évolution du Bassin sur les 20 dernières années ;
- au développement des outils de transport sédimentaire et de reconnaissance du phytoplancton.

L'**année 2** sera consacrée :

- à la mise en place du suivi des nouveaux paramètres à partir des acquis de l'année 1 ;
- à la validation de l'utilisation en routine des outils (reconnaissance phytoplancton)

L'étude de faisabilité d'un suivi de macro-observations se déroulera sur les 2 années pour une mise en place éventuelle dans un second volet.

Actions à mener		Coordination	Année 1	Année 2	Délivrables
Cadre opérationnel	Mutualisation des moyens	B. Sautour et J.P. Dreno	Intercomparaison des méthodes Comparaisons des séries de données (IFREMER / EPOC)	Mutualisation des analyses	Suivi commun
Suivi	Colonne d'eau Contaminants anthropiques Paramètres colonne d'eau Phytoplancton Zooplancton	H Budzinski G. Trut, B. Sautour D. Maurer B. Sautour	Identification Poursuite de l'acquisition Poursuite de l'acquisition Poursuite de l'acquisition	Faisabilité / outils Suivi Suivi Stratégie optimisée? Suivi	Données en Base de données
	Benthique Paramètres accompagnateurs Microphytobenthos Macrofaune Zone interne Diversité herbiers de Zostères	H. Blanchet X. Crosta H. Blanchet X. de Montaudouin	Faisabilité / Stratégie Faisabilité / Stratégie Faisabilité / Stratégie Suivi	Suivi Suivi Suivi Suivi	Stratégie en année 1 Données en Base de données en année 2
	Paramètres intégrateurs Forçages environnementaux : Isotopes Métabolisme de l'écosystème / productivité	N. Savoye G. Abril	Suivi Mise au point	Suivi Suivi	Stratégie en année 1 Données en Base de données en année 2
	Evolution à long terme de l'écosystème	D. Maurer, B. Sautour Post-doctorat	Identification des variations Etat de référence	Hypothèses sur les forçages impliqués (anthropiques, climatiques)	Publication scientifique Communication orale (Conseil Régional)
Mise en place d'outils	Identification automatique phytoplancton (Flowcam)	J.P. Dreno, D. Maurer	Création banque images	Tests in situ Interfaçage méthodes	Données en Base de données en cours d'année 2
	Transport sédimentaire	A. Sottolichio	Insertion module transport / MARS 2D Sensibilité Validation	Sensibilité Validation	Publication scientifique Communication orale (Conseil Régional)
	Fiches de suivis / macro-observations	S. Latrille, H. Blanchet, B. Sautour	Création des fiches	Validation	Fiches standardisées

Une partie des objectifs n'est envisagée que pour un second volet du programme (année 3 et suivantes) :

- suivi des contaminants anthropiques : pré requis manquants ou incomplets à l'heure actuelle et acquis dans le Volet contaminants de ce programme
- aide au suivi des communautés phytoplanctoniques (Flowcam) : création banque d'image et interfaçage des méthodes dans ce programme : suivi en année 3
- optimisation du suivi phytoplancton (stratégie, sites) : faisabilité à déterminer dans ce programme pour une mise en place éventuelle en année 3
- fiches de macro-observations : faisabilité pour une mise en place éventuelle en année 3
- transport sédimentaire : insertion du module et validation pour une utilisation de l'outil en année 3

Le développement des outils micro capteurs fait l'objet d'un volet propre dans ce programme.

5. Moyens demandés

(Le détail du financement demandé ainsi que la justification sont donnés dans les documents complémentaires)

L'aide demandée à la Région concerne l'acquisition de données de manière à caractériser l'évolution des conditions environnementales du Bassin (capteur de CO₂) ou le développement d'outils (Flowcam, ADCP) et un accompagnement sur les travaux de traitement de données et de modélisation.

Allocations de recherche :

- Un post-doctorat (12 mois) est demandé pour travailler sur le bilan de l'évolution du Bassin d'Arcachon sur les 20 dernières années
- Un post doctorat (12 mois) est sollicité pour le développement du module de transport sédimentaire.

Equipements :

- Flowcam (optimisation du traitement des échantillons phytoplanctoniques)
- Capteur de CO₂ (productivité de l'écosystème, métabolisme du système, changement global)
- Etuve (conditionnement des échantillons benthiques)
- ADCP (acquisition de données : développement du module de transport sédimentaire).

Fonctionnement

- Frais pour analyses et campagnes

Références bibliographiques

- Abramova E., Tuschling K. (2005). A 12-year study of the seasonal and interannual dynamics of mesozooplankton in the Laptev Sea: significance of salinity regime and life cycle patterns. *Global Planetary Change*, 48: 141-164.
- Abril G., Richard S. and Guérin F. (2006) In-Situ measurements of dissolved gases (CO₂ and CH₄) in a wide range of concentrations in a tropical reservoir using an equilibrator. *Science of the total Environment*. 354: 246-251.
- Armand, L., Crosta, X., Romero, O. and Pichon, J.J., 2005, The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 1. Sea ice related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*, 223, 93-126.
- Babin et 10 coll. (2005). New approaches and Technologies for observing Harmful Algal Blooms. *Oceanography I*, 18:2. Ed. The Oceanography Society.
- Beaugrand G., Ibanez F., Lindley J.A. (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*, 200 : 93-102.
- Beaugrand G., Ibanez F., Lindley J.A. (2001). Geographical distribution and seasonal and diel changes in the diversity of calanoid copepods in the North Atlantic and North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 219 : 189-203.
- Blanchet H. (2005). Structure et fonctionnement des peuplements benthiques du Bassin d'Arcachon. Thèse, Université Bordeaux 1, 222 pages.
- Borja, A., Franco, F. and Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1100-1114.
- Bouchet J.M. (1968). Etude océanographique des chenaux du Bassin d'Arcachon. *Thèse de doctorat d'état*, Univ. Bordeaux 1, 163 pp.
- Chardy, P. (1993). La modélisation du système benthique: niveau de représentation des processus biologiques. *Océanis* 19, 119-145.
- Chauvaud, L., Jean, F., Ragueneau, O. and Thouzeau, G. (2000). Long-term variation of the Bay of Brest ecosystem: benthic-pelagic coupling revisited. *Marine Ecology Progress Series* 200, 35-48.
- Crosta X., Armand L., Romero O. et Pichon J.J. (2005). The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 2. Open ocean related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*, 223, 66-92.
- Crosta X., Pichon J.J. et Labracherie M. (1997). Distribution of *Chaetoceros* resting spores in modern peri-antarctic sediments. *Marine Micropaleontology*, 29, 283-299.
- Cugier, P. et P. Le Hir, 2001. Development of a 3D hydrodynamic model for coastal ecosystem modelling. Application to the plume of the Seine river (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Sc.*, 55 (5) : 673-695
- Dauvin J.-C. (1993). Le benthos : Témoin des variations de l'environnement. *Océanis* 19, 25-53.
- David V. (2006) – Caractérisation des relations proies/prédateurs des premiers maillons du réseau trophique pélagique estuarien. Thèse Univ. Bordeaux 1, 265 pp + annexes.
- David V., Sautour B., Chardy P., Leconte M. (2005). Long term survey of the zooplanktonic variability in a turbid estuary: Gironde estuary (France). *Estuarine and Coastal Shelf Science* 64: 171-184.
- Fontugne, M. R., J-M. Jouanneau, 1987. Modulation of the particulate organic carbon flux to the ocean by a macrotidal estuary: evidence from measurements of carbon isotopes in organic matter from the Gironde system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 24, 377-387.
- Gattuso J-P, Frankignoulle M, Wollast R (1998) Carbon and carbonate metabolism in coastal aquatic ecosystems. *Annu Rev Ecol Syst* 29: 405-434.
- Gearing, J.N., 1988. The use of stable isotope ratios for tracing the nearshore-offshore exchange of organic matter. *In*: Jansson BO (ed) Coastal-offshore ecosystem interaction. Lecture notes on coastal and estuarine studies, 22. Springer-Verlag Berlin Heidelberg p 69-101.

- Grosjean Ph., Picheral M., Warembourg C., Gorsky G. (2004) Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the Zooscan digital imaging system. *ICES J. Mar. Sci.* 61:518-525.
- Guillocheau (1988). Répartition spatio-temporelle du phytoplancton du Bassin d'Arcachon. Thèse Univ. Marseille II, 156 pp.
- Lee, J.-Y., Tett, P., Jones, K., Jones, S., Luyten, P., Smith, C. and Wild-Allen, K. (2002). The PROWQM physical-biological model with benthic-pelagic coupling applied to the northern North Sea. *Journal of Sea Research* 48, 287-331.
- Papale D., Reichstein M., Aubinet M., Canfora E., Bernhofer C., Kutsch W., Longdoz B., Rambal S., Valentini R., Vesala T., Yakir D. (2006) Towards a standardized processing of Net Ecosystem Exchange measured with eddy covariance technique: algorithms and uncertainty estimation. *Biogeosciences*, Vol. 3, pp 571-583, 27-11-
- Pearson, J. C. and Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 16, 229-311.
- Plus, M. et N. Durand, 2003. Le modèle hydrodynamique du Bassin d'Arcachon. Description Générale et validation. Rapport interne IFREMER, 29 p.
- Reid, C. (2005). "Atlantic wide regime shift?" Newsletter. Globec International 11 (2): 9-10.
- Romero O., Armand L., Crosta X. et Pichon J.J. (2005). The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 3. Tropical/Subtropical related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*, 223, 49-65.
- Saiz E., Alcaraz M., Paffenhofer G.-A. (1992). Effects of small-scale turbulence on feeding rate and gross-growth efficiency of three *Acartia* species (Copepoda, Calanoida). *J. Plankton Res.*, 14 (8), 1085-1097.
- Savoye N., A. Aminot, P. Tréguer, M. Fontugne, N. Naulet, R. Kerouel, 2003. Dynamics of particulate organic matter $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ during spring phytoplankton blooms in a macrotidal ecosystem (Bay of Seine, France). *Marine Ecology Progress Series*, 255, 27-41.
- Seuront L., Lagadeuc Y. (2001). Multiscale patchiness of the calanoid copepod *Temora longicornis* in a turbulent coastal sea. *J. Plankton Res.*, 23: 1137-1145.
- Uittenbogaard, R.E. and Van Vossen, B. 2003. Subgrid-scale model for Quasi-2D turbulence in shallow water. Proc. of Int. Sallow-Flows Symp. P 169-176.
- Vincent D., 2002. Dynamique et nutrition du zooplancton en milieu lagunaire macrotidal (Bassin d'Arcachon) : flux de carbone et d'azote associés. Conséquences sur le pool nutritif et sur les organismes. Thèse Univ. de la Méditerranée, 393 pp.
- Vincent D., Luczak C, Sautour B (2002). Effects of a brief climatic event on zooplankton community structure and distribution in Arcachon Bay. *JMBA, U.K.* 82 : 21-30.
- Waeles, B. et P. Le Hir 2004. Modélisation du transport des sédiments mixtes (vase et sable fin). VIIIèmes Journées Nationales Génie Civil – Génie Côtier, Compiègne, 7-9 septembre 2004

Allocations : ☐ de thèse ☒ post-doctorale	
Financement : ☒ Financement 100% Région Aquitaine ☐ Cofinancement Région Aquitaine – EPST – EPIC si oui, lequel : ☐ Cofinancement Région Aquitaine – entreprise si oui, laquelle :	
Etablissement d'accueil : Nom du tuteur : Sautour Benoît Nom et adresse du laboratoire d'accueil : Station Marine – UMR EPOC, 2 rue Jolyet – 33120 Arcachon Nom du Directeur du laboratoire : Philippe Bertrand Téléphone : 05 56 22 39 01 Fax : 05 56 83 51 04 Email : b.sautour@epoc.u-bordeaux1.fr	
Titre du sujet : Evolution à long terme du Bassin d'Arcachon – Variations périodiques et apériodiques des paramètres environnementaux, identification des forçages.	
Descriptif synthétique (maximum 10 lignes) : Les suivis sur le long terme, permettent 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). Peu de travaux sur l'évolution à long-terme des écosystèmes lagunaires ont été réalisés malgré le caractère anthropisé de ceux-ci. Dans le Bassin d'Arcachon de nombreux travaux ont été réalisés afin de caractériser son fonctionnement et les interactions avec les milieux marin et continental à des échelles de temps variées. Par ailleurs, des suivis récurrents sont en cours depuis une vingtaine d'années (ARCHYD, SOMLIT) constituant une base de données conséquente devant permettre de dégager les caractéristiques de l'évolution récente de cet écosystème préservé. 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 (des éléments complémentaires sont donnés dans le § 2.3.1. Annexe 4 volet « Observation/surveillance »). Rattachement à des programmes : Service d'Observation de l'INSU : Service d'Observation en Milieu Littoral (SOMLIT), PNEC, LITEAU, EUROCEANS, GLOBEC, IMBER et METAOCCEANS Collaborations : G. Beaugrand (UMR ELICO), B. Belaieff (IFREMER) et METEO France, Réseau MARS, National Oceanic and Atmospheric Administration (données NOAA et COADS)	
Projet demandé au titre des priorités régionales	Oui ☒ Non ☐
→ Projet en lien avec le développement économique et social :	Oui ☒ Non ☐
→ Grand projet :	Oui ☒ Non ☐
Si oui, nom du Grand Projet :Eau et développement durable	
→ Equipe ayant obtenu la coordination d'un contrat européen :	Oui ☐ Non ☒
Si oui, lequel :	
→ Chercheurs nouvellement installés en Aquitaine :	Oui ☐ Non ☒

Allocations : ☐ de thèse ☒ post-doctorale	
Financement : ☒ Financement 100 % Région Aquitaine - Cofinancement Région Aquitaine – EPST – EPIC si oui, lequel : - Cofinancement Région Aquitaine – entreprise si oui, laquelle :	
Etablissement d'accueil : Université Bordeaux 1 Nom du tuteur : Aldo Sottolichio (Maître de Conférences) Nom et adresse du laboratoire d'accueil : UMR CNRS 5805 EPOC - avenues des Facultés - 33405 Talence cedex Nom du Directeur du laboratoire : Philippe Bertrand (DR CNRS) Téléphone : 05 40 00 88 49 Fax : 05 56 84 08 48 Email : a.sottolichio@epoc.u-bordeaux1.fr	
Titre du sujet : <u>Modélisation multi-variables du transport et de la dispersion des matières en suspension sous l'effet des courants et de vagues dans le domaine lagunaire d'Arcachon</u>	
Descriptif synthétique (maximum 10 lignes) : La dynamique des matières en suspension dans la colonne d'eau est un paramètre environnemental essentiel des milieux littoraux, par son influence sur la turbidité de l'eau (qui limite la production primaire) et par le flux de dépôt engendré au fond, qui influence la production conchylicole et les changements morphologiques à long terme. Notre projet consiste à mettre en place le couplage d'un modèle hydrodynamique simulant les courants de marée, avec un modèle de transport particulaire en suspension innovant, capable de traiter plusieurs variables simultanées et prenant en compte les principaux processus physiques (transport, remise en suspension, dépôt). Le modèle sera validé en termes de capacité à simuler la dispersion et les échelles de turbidité dans la zone lagunaire. La validation s'appuiera sur notre suivi expérimental de la turbidité et de la remise en suspension des particules sous l'effet des courants et des vagues (la problématique scientifique est détaillée dans le § 2.3.3.1. Annexe 4 volet « Observation/Surveillance »).	
Projet demandé au titre des priorités régionales → Projet en lien avec le développement économique et social : → Grand projet : Si oui, nom du Grand Projet : Eau et développement durable → Equipe ayant obtenu la coordination d'un contrat européen : Si oui, lequel : → Chercheurs nouvellement installés en Aquitaine :	Oui ☒ Non ☐ Oui ☒ Non ☐ Oui ☒ Non ☐ Oui ☐ Non ☒ Oui ☐ Non ☒

APPEL A PROJETS 2007

COMPETENCES DES EQUIPES INTERVENANT DANS LE PROJET DE RECHERCHE

➤ I – Personnels impliqués dans le projet par laboratoire

Il vous est demandé de fournir le nom, la qualification (enseignant-chercheur, chercheur, doctorant, ingénieur, technicien, administratif,...), et le courrier électronique de chaque membre prenant part au projet de recherche, en classant par laboratoires et équipes de recherche, ainsi que le taux de participation de chaque laboratoire partenaire.

VOLET [Observation]	
<u>Unité Mixte de Recherche CNRS-Université Bordeaux 1 « Environnements et Paléoenvironnements Océaniques (EPOC) » - UMR 5805</u> <i>Plusieurs équipes de ce laboratoire participent au projet avec les chercheurs suivants (ne figurent dans cette liste que les personnels participant au projet). Les adresses électroniques sont obtenues suivant le mode r.dupont@epoc.u-bordeaux.fr</i>	
➤ ECOBIOC (Station Marine d'Arcachon et Talence) –écologie et biogéochimie marine	
• Abril Gwenaél, Chargé de Recherche CNRS, biogéochimie	15
• Anschutz Pierre, Professeur, biogéochimie	5
• Bachelet Guy, Directeur de Recherche CNRS, écologie benthique	5
• Bec Béatrice, Post Doctorante, écologie du phytoplancton	100
• Blanchet Hugues, Maître de Conférence, écologie benthique	10
• Bourrasseau Line, Technicienne EN, écologie marine, observations	5
• De Montaudouin Xavier, Maître de Conférence, écologie benthique	5
• Del Amo Yolanda, Maître de Conférence, écologie pélagique, production primaire	5
• Lebleu Pascal, Technicien EN, logistique terrain, observations	20
• Parra René, Technicien EN, écologie marine	15
• Sautour Benoît, Maître de Conférence, écologie pélagique, zooplancton	10
• Savoye Nicolas, chercheur CNAP, biogéochimie observations	10
• Post Doctorat demandé (Bilan évolution récente du Bassin)	100
➤ METHYS (Talence) – hydrodynamique et morphodynamique littorale	
• Bonneton Natalie - Maître de Conférences - hydrodynamique tourbillonnaire	5
• Bonneton Philippe - Directeur de Recherche CNRS - modélisation hydrodynamique	5
• Froidefond Jean-Marie, Chargé de Recherche CNRS, télédétection	5
• Parisot Jean-Paul - Professeur - modélisation hydrodynamique	5
• Sottolichio Aldo, Maître de Conférence, dynamique estuarienne	20
• Post doctorat demandé (modélisation transport sédimentaire)	100
➤ GEMA (Station Marine d'Arcachon et Talence) – géochimie	
• Derriennic Hervé, Technicien EN, analyses élémentaires, terrain	5
• Etcheber Henri, Chargé de Recherche CNRS, biogéochimie	5
• Etcheveria Bruno, Technicien EN, analyses chimiques	5

➤ Paléo-océanographie (Talence) – radionucléides	10
• Billy Isabelle, Technicienne EN, isotopes stables et radionucléides	5
• Crosta Xavier, CR CNRS, paléo-océanographie	
➤ Services communs de l'UMR EPOC	10
• Caillou Arnaud, Ingénieur d'Etude CNRS, développement bases de données	5
• Escalier Jean-Michel, Ingénieur d'étude CNRS (réseau informatique)	
Station IFREMER Arcachon	
• Auby Isabelle – Chercheur – iauby@ifremer.fr	5
• D'Amico Florence – Technicienne – fdamico@ifremer.fr	20
• Dreno Jean Paul – Chercheur – jean.paul.dreno@ifremer.fr	10
• Maurer Danièle – Chercheur – d.maurer@ifremer.fr	5
• Plus Martin, chercheur, mplus@ifremer.fr - modélisation hydrodynamique MARS	5
• Trut Gilles – Chercheur – gtrut@ifremer.fr	20
Ifremer DYNECO/Physique Sédimentaire - Brest	
• Cayocca Florence, chercheur, fcayocca@ifremer.fr -modélisation morphodynamique	10
• Le Hir Pierre, chercheur, plehir@ifremer.fr - modélisation hydrosédimentaire	10

Moyens de recherche des équipes participantes

EQUIPEMENTS	EQUIPE RESPONSABLE
UMR EPOC	
4 Véhicules de terrain	Services communs
ADCP	EPOC/DYNECO
Analyse C,S particulaire	GEMA
Analyse Corg dissous	GEMA
analyse élémentaire ICPMS	GEMA
analyse élémentaire par Absorption At.	GEMA
Analyseur CHN	ECOBIOC
Analyseur de gaz LICOR 7000	EPOC
Autoanalyseur sels nutritifs	ECOBIOC
Autoclaves	ECOBIOC
Biochimie moléculaire	GEMA
Bouée de houle hte fréquence Triaxis (large Truc Vert)	METHYS
Bouée houlographe S4 DW	METHYS
Calcimètre automatique	Sédimentologie
Capteurs physiques terrain	METHYS + ECOBIOC
carottiers	Services communs
Chromato gaz	ECOBIOC et ISO
Centrifugeur BR 311	ECOBIOC
Centrifugeuse réfrigérée	ECOBIOC
Compteur beta	ISOPAL
Compteur de particules	ECOBIOC
Courantomètre-profileur acoustique	METHYS
Cryoconservateur (-80°C)	ECOBIOC
Distillateur	ECOBIOC
Doppler AWAC (Nortek)	METHYS
Etuves (dont 4 microbiologie)	ECOBIOC
Filets plancton	ECOBIOC
Granulométrie laser	Sédimentologie
Hottes Aura	ECOBIOC
Houlographe et accessoires	METHYS

HPLC	ECOBIOC
Modèle 2DH SURF_SVWB	METHYS
Modèle SWAN de simulation des vagues	METHYS
Moyens d'observation optiques classiques (loupes, microscopes, microscopes inversés, contraste de phase, épifluorescence, vidéo)	ECOBIOC et ISOPAL
Moyens de calcul : stations dédiées, accès aux moyens lourds Bx1	Toutes équipes
Navire de la Station Marine d'Arcachon	ECOBIOC
5 pH mètres terrain	ECOBIOC
Plate-forme analytique (microscopes DM600 et Axio Imager A1)	ISOPAL - Sédimentologie
PCR	ECOBIOC
Potentiométrie, spectro UV-Vis	GEMA
Radioscopie de carottes et analyse d'images	Sédimentologie et Géologie Marines (Sédim)
Respirométrie	GEMA
Scintillateur	ECOBIOC
Sondes multi paramétrique YSI / SEABIRD	EPOC
Sonicateur	ECOBIOC
Spectrophotomètre	ECOBIOC
Spectromètre alpha	Partage ISOPAL et CENBG
Spectromètre gamma	Partage ISOPAL et CENBG
Spectromètre isotopes lourds TIMS	ISOPAL, Toulouse en partage
Spectromètre masse isotopes stables O,C,N, H (eaux, carbonates)	ISOPAL
Spectrométrie masse isotopes stables C, N (matière organique), couplé CHN	ISOPAL
7 stations de mesures automatiques hte fréquence sur le complexe estuarien Garonne-Dordogne- Gironde MES, O2, pH, S‰,T°C	UMR EPOC maître d'œuvre, Mise en place en 2004 (convention Agence de l'Eau/Région/SMIDDEST, SMEAG, EPIDOR, CUB, PAB, EDF, Bordeaux1)
Super-calculateur du pôle M3PEC	METHYS
Turbidimètres optiques OBS	METHYS
Vélocimètres acoustiques ADV	METHYS
IFREMER	
Altimètres à ultra-sons ALTUS	EPOC, DYNECO-PHYSED
Fluorimètre de paillasse	LER Arcachon
Modèle MARS-2D	LER Arcachon
Sonde température-salinité	LER Arcachon
Spectrophotomètre de paillasse	LER Arcachon

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

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.

- Caractérisation des relations proies/prédateurs des premiers maillons du réseau trophique pélagique estuarien. (Valérie DAVID (financement Région) – Dir. B. Sautour et P. Chardy). Thèse Université Bordeaux 1. Soutenance Juin 2005, Mention TH.
- Modélisation numérique des écoulements tidaux en milieux peu profonds. Application à l'étude de l'hydrodynamique du bassin d'Arcachon. Aurélie Le Dissez (2006). Directeur : A. Sottolichio
- Modélisation de la turbidité en Bretagne Sud. Caroline Tessier (2006) Directeur P. Le Hir
- Modélisation morphodynamique de l'embouchure de la Seine et des vasières associées, Benoît Waeles (2005) Directeur P. Le Hir
- Modélisation du transport particulaire dans le panache du Rhône et le Golfe du Lion, application au devenir de traceurs radioactifs, François Dufois (depuis 2005), Directeur P. Le Hir
- Etude de l'effet des installations conchylicoles sur la dynamique sédimentaire, Youen Kervella (depuis 2006), Directeur F. Cayocca
- Commarieu. MV Dynamique de l'oxygène et du dioxyde de carbone dans un estuaire hyperturbide : respiration et échanges atmosphériques.. 2003-...

DEA se rapportant au projet uniquement :

Sujet de DEA, nom de l'Etudiant

- Carasco. A (2005) *Impact d'un herbier de zostère naines sur les processus diagénétiques en milieu intertidal.*
- 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.
- Susperregui, A.S. , 2005 - Hydrodynamique sédimentaire des estrans vaseux du bassin d'Arcachon., M2 ENVOLH, Univ. Bordeaux 1.
- Davancens, J. 2006, Simulation numérique des agitations dans un domaine lagunaire (bassin d'Arcachon). M2 OACT, Univ. Pierre et Marie Curie (Paris).
- Morgan Dussauze, Influence du vent sur la dynamique sédimentaire en Baie du Mont Saint-Michel : Comparaison modèle-mesures. 2006, M2 Univ. Bretagne Occidentale

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

Publications dans revues à comité de lecture	23
Communications	34
Conférences - invités	1
TOTAL	58

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

1 - Livres ou revues

1. **Abril G.** and Borges A.V. (2004). Carbon dioxide and methane emissions from estuaries. In: Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes. Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. A. Tremblay, L. Varfalvy, C. Roehm and M. Garneau (Eds) Environmental Science Series, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 187-207.
2. **Abril G.**, Commarieu M.-V and Guérin F. (2007) Enhanced methane oxidation in an estuarine turbidity maximum. Limnology and Oceanography. In press.
3. **Abril G.**, Commarieu M.-V, Maro D, Fontugne M, Guérin F. & Etcheber H. (2004) A massive dissolved inorganic carbon release at spring tide in a highly turbid estuary. Geophysical Research Letters 31, L09316, doi:10.1029/2004GL019714.
4. **Abril G.**, Guérin F., Richard S., Delmas R., Galy-Lacaux C., Gosse P., Tremblay A., Varfalvy L., Dos Santos M.A. and Matvienko B. (2005) Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-year old tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana). Global Biogeochemical Cycles, 19: GB4007, doi:10.1029/2005GB002457. PDF
5. **Abril G.**, Richard S. and Guérin F. (2006) In-Situ measurements of dissolved gases (CO₂ and CH₄) in a wide range of concentrations in a tropical reservoir using an equilibrator. Science of the total Environment. 354: 246-251.
6. Armand, L., **Crosta, X.**, Romero, O. and Pichon, J.J., 2005, The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 1. Sea ice related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*, 223, 93-126.
7. **Blanchet, H.**, de Montaudouin, X., Chardy, P. and Bachelet, G. (2005). Structuring factors and recent changes in subtidal macrozoobenthic communities of a coastal lagoon, Arcachon Bay (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **Sous presse**.
8. **Blanchet, H.**, de Montaudouin, X., Lucas, A. and Chardy, P. (2004). Heterogeneity of macrozoobenthic assemblages within a *Zostera noltii* seagrass bed: diversity, abundance, biomass and structuring factors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **61**, 111-123.
9. Borges A.V., Delille B. Schiettecatte L.-S., Gazeau F. **Abril G.** & Frankignoulle M. (2004). Gas transfer velocities of CO₂ in three European estuaries (Randers Fjord, Scheldt and Thames). Limnology and Oceanography. 49(5): 1630-1641.
10. Borges A.V., Schiettecatte L.-S., **Abril G.**, Delille B. and Gazeau F. (2006) Carbon dioxide in European Coastal waters. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 70(3): 375-387.
11. Cottet, M., de Montaudouin, X. and **Blanchet, H. L.** (2006). *Spartina anglica* eradication experiment and in situ monitoring assess structuring strength of habitat complexity on marine macrofauna at high tidal level. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* in press.

12. Coynel A., Etcheber H., **Abril G.**, Maneux E., Dumas J. & Hurtrez J.H (2005) Contribution of small mountainous rivers to particulate organic carbon input in the Bay of Biscay. *Biogeochemistry* 74: 151–171 PDF
13. **Crosta, X.** and Koç, N., Diatoms: From micropaleontology to isotope geochemistry. In Hilaire-Marcel, C. and de Vernal, A. (eds), *Methods in Late Cenozoic Paleoceanography*, Elsevier, pp.
14. **Crosta, X.**, Armand, L., Romero, O. and Pichon, J.J., 2005, The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 2. Open ocean related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*, 223, 66-92.
15. David V., Chardy P., **Sautour B.** (2006). Fitting Predator-Prey model to zooplankton time-series in the Gironde estuary (France): ecological significance of the parameters *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **67**: 605-617.
16. David V., **Sautour B.**, Chardy P. (2007). The paradox of the long-term decrease of the clutch-size of the calanoid copepod *Eurytemora affinis* in a highly turbid estuary (Gironde estuary, France) and the stability of species abundances. *J. Plankton Res.* (en révision).
17. David V., **Sautour B.**, Chardy P., **Leconte M.** (2005). Long term survey of the zooplanktonic variability in a turbid estuary : Gironde estuary (France). *Estuarine and Coastal Shelf Science*, **64**: 171-184.
18. David V., **Sautour B.**, Chardy P., **Leconte M.** (2006). Successful colonisation of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana in the oligomesohaline area of the Gironde estuary (France): Natural or Anthropogenic forcing ? *J. Plankton Res.* (sous presse).
19. David V., **Sautour B.**, Galois R., Chardy P. (2006). The paradox high zooplanktonic biomasses - low vegetal particulate organic matter in a high turbidity zone: what way for energy transfers? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **333**: 202-218.
20. Deborde J., Anschütz P. Chaillou G., Etcheber H., Commarieu M.-V., Lecroart P. and **Abril G.** (2007) Phosphorus dynamics in turbid estuarine systems: Example of the Gironde estuary (France). *Limnology and Oceanography*. In press.
21. Delmas R., Richard R., Guérin F., **Abril G.**, Galy-Lacaux C., Delon C. & Grégoire A. (2004) Long term greenhouse gas emissions from the hydroelectric reservoir of Petit Saut (French Guiana) and potential impacts. In: Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes. Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments. A. Tremblay, L. Varfalvy, C. Roehm and M. Garneau (Eds) Environmental Science Series, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 293-312
22. Etcheber H., Taillez A., **Abril G.**, Garnier J., Servais P., Moatar F. and Commarieu M.-V. (2007) Particulate organic carbon in the estuarine turbidity maxima of the Gironde, Loire and Seine estuaries: origin and lability. *Hydrobiologia*, in press.
23. Fontugne M., Maro D., Tenailleau L., **Abril G.**, Commarieu M.-V., Germain P., Hébert D., Rozet M., Voiseux C., Solier L., Noury C., Hatté C. and Paterne M. (2005) Radionuclides transfer between water and atmosphere in the Loire estuary (FLORE project). *Radioprotection*, 40: 557-562. PDF
24. Guérin F., **Abril G.**, Richard S., Burban B., Reynouard C., Seyler P. and Delmas R. (2006) Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: significance of downstream rivers. *Geophysical Research letters* 33, L21407, doi:10.1029/2006GL027929. PDF
25. Guérin F., **Abril G.**, Serça D., Delon C., Richard S., Delmas R., Tremblay A., and Varfalvy L. (2007) Gas transfer velocities of CO₂ and CH₄ in a tropical reservoir and its river downstream. *Journal of marine systems* , in press.
26. Le Dissez, A., D. Sous, S. Vincent, J.-P. Caltagirone and **A. Sottolichio** (2005). A novel implicit method for coastal hydrodynamics modeling: application to the Arcachon lagoon. *Comptes Rendus Mécanique*, Vol. 333, 11 : 796-803
27. Robert S., Blanc G., Schaefer 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. *Marine Chemistry*. 87: 1-13.
28. Romero, O., Armand, L., **Crosta, X.** and Pichon, J.J., 2005, The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 3. Tropical/Subtropical related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology Palaeoecology*, 223, 49-65.
29. Tackx M., Azémar F., Boulêtreau S., De Pauw N., Bakker K., **Sautour B.**, Gasparini S., Soetaert K., Van Damme S., Meire P. (2004). Zooplankton in the Schelde estuary, Belgium and the Netherlands. Long term trends in spring populations. *Hydrobiologia* 540:275-278.

30. Waeles, B., **Le Hir**, P. and Silva Jacinto, R. (2004). Cross-shore morphodynamical modelling of an intertidal mudflat. *Comptes Rendus Geosciences*, Vol. 336, 11 : 1025-1033

2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

1. Abril G. 2004. Carbon dioxide and methane emissions from rivers and estuaries. CarboEurope-Freshwater workshop, Dec. 2004, Paris. Oral (solicited)
2. Abril G., Commarien MV, Etcheber H., Taillez A 2004. Carbon biogeochemistry in two Atlantic turbid estuaries. EGU first general assembly, April 2004, Nice. Oral (G. Abril).
3. Abril G., Commariou M.-V. and Guérin F. 2006. Turbidity enhances methane oxidation in an estuary. Open Science Conference on the GHG Cycle in the Northern Hemisphere organised by CarboEurope-IP, CarboOcean and NitroEurope-IP, 14-18 November 2006, Sissi-Lassithi, Crete, Greece. Oral (G. Abril).
4. Abril G., Guérin F., Richard S. and Delmas R. 2005. Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir. 37th International Liège Colloquium on Ocean Dynamics : Gas Transfer At Water Surfaces, May 2005, Liège. Oral (G. Abril).
5. Abril G., Maro D. Fontugne M., Moatar F. Etcheber H. and Meybeck M. 2005. Lateral *versus* vertical carbon fluxes along river-estuary continua: the case of the eutrophic Loire River (France). ASLO summer meeting, June 2005 Santiago de Compostela. Poster.
6. Abril G., Maro D., Fontugne M. Moatar F., Siclet F., Commariou M.V. Guérin F. and Herbert D. 2006. Gas exchange of CO₂ in a turbulent and eutrophic river. Open Science Conference on the GHG Cycle in the Northern Hemisphere organised by CarboEurope-IP, CarboOcean and NitroEurope-IP, 14-18 November 2006, Sissi-Lassithi, Crete, Greece. Poster.
7. Anschütz P., Deborde J, Abril G., Deflandre B, Chaillou G., Sundby B. (2005) Sediment-water column exchanges during a tidal cycle in the Arcachon lagoon. (SW-France). ASLO summer meeting. June 2005 Santiago de Compostela. Poster
8. **Blanchet, H**, Dauvin, J.-C., Bachelet, G., Bessineton, C., de Montaudouin, X., Desclaux, C., Desroy, N., Duhamel, S., Jourde, J., Lavesque, N., Mayot, S., Sauriau, P.-G., Ruellet, T., Simon, S. (2006). Development of benthic indicators and indices approaches in muddy soft-bottom communities WITHIN the European Water Framework Directive (WFD) along the French coasts. ASLO summer Meeting, June 5-9 2006. Victoria, British Columbia, Canada.
9. **Blanchet, H**, Dauvin, J.-C., Bachelet, G., Bessineton, C., de Montaudouin, X., Desclaux, C., Desroy, N., Duhamel, S., Jourde, J., Lavesque, N., Mayot, S., Sauriau, P.-G., Ruellet, T., Simon, S. (2006). Recherche d'indices biotiques adaptés aux communautés benthiques des milieux semi-fermés dans le cadre de la Directive Cadre Eau. Séminaire Seine-Aval, June 19-20 2006. Rouen, France.
10. Borges A.V., L. S. Schiettecatte, G. Abril, B. Delille & F. Gazeau, Carbon dioxide in European coastal waters, Open Science Conference on the GHG Cycle in the Northern Hemisphere organised by CarboEurope-IP, CarboOcean and NitroEurope-IP, 14-18 November 2006, Sissi-Lassithi, Crete, Greece.
11. Borges A.V., L. S. Schiettecatte, G. Abril, B. Delille & F. Gazeau, 2006. Carbon dioxide in European coastal waters, EGU General Assembly, 02-07 April 2006, Vienna, Austria
12. Bouillon S., F. Dehairs, G. Abril & A.V. Borges, 2005. Distribution and sources of organic carbon in a mangrove seagrass ecosystem (Gazi Bay, Kenya), European Geosciences Union General Assembly, 24-29 April 2005, Vienna, Austria
13. Bouillon S., P. Mangion, A.V. Borges, M. Grue, G. Abril, F. Dehairs, S. Ulomi, M.R. Flindt, J. Machiwa, & E. Kristensen, 2006. Water column biogeochemistry of a pristine and a human impacted Tanzanian mangrove system, 2nd Meeting on Mangrove Macrobenthos, 25-30 June 2006, Gold Coast, Australia.
14. **Cayocca, F.**, Dussauze, M., Le Hir, P., Bassoullet, P., Jestin, H., 2006, Modélisation hydro-sédimentaire de la Baie du Mont Saint-Michel, GCGC 2006, Brest, France
15. **Cayocca, F.**, Le Hir, P., Bassoullet, P., 2006, Numerical modeling of mixed sediments dynamics Mont Saint Michel Bay, France, MUDCOAST 2006, Porto Alegre, Brésil
16. **Cayocca, F.**, Le Hir, P., Bassoullet, P., Jestin, H., Cann P., 2005, Morphological evolutions of a macrotidal bay under natural conditions and anthropogenic modifications, Proceedings RCEM 2005, Urbana Champaign, USA, G. Parker and M. Garcia (Eds.), pp.151-160
17. **Cayocca, F.**, Le Hir, P., Bassoullet, P., Jestin, H., Cann P., 2005, Sedimentary processes in a shell fish farming environment; Mont Saint Michel Bay, France, Proceedings INTERCOH 2005, Saga, Japan

18. Commarieu M. V., Abril G., Anschutz P., Guérin F., Deborde J. 2005. Seasonal variability of oxygen and pCO₂ in the Garonne and Dordogne tidal Rivers at the entrance of the Gironde estuarine turbidity maximum (SW France). ASLO summer meeting. June 2005 Santiago de Compostela. Oral (MV Commarieu).
19. Commarieu MV, Abril G. 2004. Do oxic/anoxic oscillations in estuarine turbidity maxima accelerate continental particulate organic matter mineralization? An experimental approach in the Gironde. EGU first general assembly, April 2004, Nice. Poster.
20. Commarieu MV, Abril G. 2004. Particulate and dissolved respiration in estuarine turbidity maxima. 38ème colloque International de l'Estuarine and coastal Science Association. Sept. 2004. Poster.
21. Coynel A., Etcheber H., Abril G., Maneux E., Dumas J., Hurtrez J.H 2004. Contribution of small mountainous rivers to particulate organic carbon input in the Bay of Biscay. Colloque d'Océanographie du Golfe de Gascogne. June 2004, Pau. Oral (G. Abril)
22. David V., **Sautour B.**, P.Chardy P., **Leconte M.** (2005). Long-term changes of the calanoid copepod *Eurytemora affinis* in the Gironde estuary and its relationships with environmental parameters. 9th International Conference on Copepoda, Hammamet (Tunisia, juillet 2005).
23. Deborde J, Anshutz P, Abril G. 2004. The Dynamics of phosphorus in turbid estuaries : the case of the Gironde (France). 38ème colloque International de l'Estuarine and coastal Science Association. Sept. 2004. Poster.
24. Deborde J., Anschutz P., Abril G., Chaillou G. (2005) Phosphorus reactivity in turbid estuarine systems: example of the Gironde estuary (SW-France). ASLO summer meeting. June 2005 Santiago de Compostela. Oral (J. Deborde).
25. Etcheber H., Taillez A., Abril G., Garnier J., Servais P., Moatar F. and Commarieu M.V. 2004 Particulate organic carbon in the Estuarine Turbidity Maxima of the Gironde, Loire and Seine Estuaries: origin and lability. 38ème colloque International de l'Estuarine and coastal Science Association. Sept. 2004. Oral (H. Etcheber).
26. Guérin F, Abril G. 2004. Kinetics of methane oxidation in a tropical reservoir (Petit Saut, French Guiana). EGU first general assembly April 2004, Nice. Poster.
27. Guérin F., Abril G. 2005. Methane oxidation in a tropical reservoir and its river downstream. ASLO summer meeting. June 2005 Santiago de Compostela. Poster.
28. Guérin F., Abril G., Serça D., Delon C., Richard S., Delmas R., Tremblay A. and Varfalvy L. 2005. Gas transfer velocities in a tropical reservoir and its river downstream: wind speed and rainfall effects. 37th International Liège Colloquium on Ocean Dynamics : Gas Transfer At Water Surfaces, May 2005, Liège. Oral (F. Guérin).
29. Guérin, F., R. Delmas, M.P. Bonnet, R. Baïlle, P. Marsaleix, C. Delon, S. Richard, G. Abril. Modeling of CO₂ and CH₄ emissions by a tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana). Joint IGAC/CACGP/WMO Symposium, 17-23 September 2006, Cape Town, South Africa. Poster.
30. Lavesque N., **Blanchet H.**, De Montaudouin X., Chardy P., Andouche A., Capdepuuy M., Weber O., Guérin G. « Distribution of benthic macrofauna in a macrotidal lagoon in relation with biological and physical parameters ». I/X International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, June 2004. Pau, France.
31. Lavesque N., Desclaux C., **Blanchet H.**, Sauriau P.-G., Dauvin J.-C., Desroy N., Bachelet G. and Xavier de Montaudouin (2006). X International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay, April 19-21 2006. Vigo, Galicia. Spain.
32. Le Dissez A., **A. Sottolichio**, J.P. Caltagirone, S. Vincent, D. Sous (2005). Modélisation numérique des tendances hydrosédimentaires dans le bassin d'Arcachon. 10ème Congrès Français de Sédimentologie ASF, 11-13 oct. 2005, Presqu'île de Giens
33. Le Dissez, **A.**, **Sottolichio**, D. Sous, S. Vincent, J.P. Caltagirone (2006) A 2DH Implicit Model Applied To The Circulation In To A Real Shallow Tidal Embayment: the Arcachon Lagoon (France). 30th Int. Conf. on Coastal Eng. ICCE, 3-9 sept. 2006 San Diego (USA),
34. **Le Hir**, P., Cann, P., Jestin, H. and Bassoullet, P. (2006). Instrumentation légère pour la mesure de l'érodabilité des sédiments vaseux ou sablo-vaseux. IXèmes Journées Nationales Génie Civil-Génie Côtier, (Eds) Aber-Wrac'h.
35. **Le Hir**, P., Cann, P., Waeles, B. and Bassoullet, P. (2005). Erodability of natural sediments : towards an erosion law for sand/mud mixtures from laboratory and field erosion tests. 8th International Conference on Cohesive Sediment transport, Saga (Japan).

36. Richard S., F. Guérin, G. Abril, R. Delmas, C. Galy-Lacaux, C. Reynouard, B. Burban. (2005) Impact of biomass decomposing during first years after dam construction: exemple of Petit-Saut Reservoir (French Guiana). Proceeding of international seminar on greenhouse fluxes from hydro-reservoir & workshop on modeling Greenhouse gas emissions from reservoir at watershed level, Rio de Janeiro, Brazil, 8-12 August 2005.
37. Richard S., F. Guérin, G. Abril, R. Delmas, C. Galy-Lacaux, C. Reynouard, B. Burban. (2005) Gross greenhouse gas emissions from Petit-Saut Reservoir (French Guiana). Proceeding of international seminar on greenhouse fluxes from hydro-reservoir & workshop on modeling Greenhouse gas emissions from reservoir at watershed level, Rio de Janeiro, Brazil, 8-12 August 2005.
38. **Sautour B.** (2005). Les activités d'observation dans l'estuaire de la Gironde : résultats marquants. *Colloque CIRMAT, Rouen (6-7 Décembre 2005)*.
39. **Sautour B.** et collaborateurs du Service d'Observation de l'UMR EPOC (2005). 30 ans d'observation de l'estuaire de la Gironde. *Colloque CIRMAT (Rouen, 6-7 Décembre 2005)*.
40. **Sautour B.**, David V., Chardy P., **Del Amo Y.**, **Jude F.** **Raymond N.** (2006) Variabilité spatio-temporelle et évolution des communautés planctoniques. *Colloque de restitution ECOBAG (Bordeaux, 28 Mars 2006)*.
41. Susperregui, A.S., **A. Sottolichio**, H. Dupuis, P. Bretel, J.M. Jouanneau and O. Weber (2006) Characterization of suspended sediment dynamics in the intertidal flats of the Arcachon lagoon. *X Colloquium on Oceanography of the Bay of Biscay, 19-21 April 2006, Vigo (Spain)*

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

Thèses
UMR EPOC
• Sabine Castelle : comportement géochimique du cadmium et du mercure dans les gradients de densité, redox et de salinité du système fluvio-estuarien girondin, Gérard Blanc, <u>financement : bourse Région Aquitaine</u> • Marc-Vincent Commarieu : processus biogéochimiques dans l'estuaire de la Gironde : impact des oscillations redox, Henri Etcheber, Gwénaél Abril, <u>financement : bourse Région</u> • Cécile Dang : dynamique des populations de palourdes sur le Bassin d'Arcachon, Aquitaine et estuaire de Munnaka (Euskadi) : conséquences sur la gestion des populations exploitées, Xavier de Montaudouin, <u>financement : bourse Région Aquitaine - Euskadi</u> • Valérie David : réseau tropique planctonique dans l'estuaire de la Gironde, Pierre Chardy, Benoît Sautour, <u>financement : bourse Région</u> • Ika Paul-Pont : Sensibilité et réponse adaptative des populations de bivalves (coques, palourdes) soumis à un stress multiple: infestation parasitaire, contamination bactérienne, pollution métallique, Xavier de Montaudouin, Magalie Baudrimont, <u>financement : bourse Région Aquitaine</u> • Matthieu Canton : Suivi des apports continentaux en composés biogènes dans le Bassin d'Arcachon, transformation aux embouchures des cours d'eau, impact sur le métabolisme, Pierre Anschutz, <u>financement : bourse Région Aquitaine</u>

Projets	Porteurs	Années	Montants	Durées
UMR EPOC				
Erosion côtière par télédétection (ecotel)	Jean-Marie Froidefond	2002		1 an
Mesure de la production primaire, et de l'impact génomique de stress oxydant et métallique dans les écosystèmes aquatiques	Yolanda del Amo et Jean-Paul Bourdineaud	2002	114,2 k€	1 an
La recherche océanographique sur le littoral aquitain	Pierre Chardy	2002		2 ans

Géochimie des éléments traces et géochimie isotopique appliquées à l'environnement	Claude Pujol	2003	1 051 k€	1 an
Fonctionnement et dysfonctionnement des systèmes aquatiques	Florence Jude	2003	64 k€	2 ans
Observations pour la recherche sur les environnements littoraux et aquatiques aquitains	Philippe Bertrand	2004	316 k€	2 ans
Analyse automatisée par fluorescence X de la composition chimiques des dépôts sédimentaires	Philippe Martinez	2005	275 k€	2 ans

Volet Observation/Surveillance du milieu

A. MOTS CLES (Tout ce qui peut aider à préciser le domaine de recherche du projet présenté)

Bassin d'Arcachon - Ecosystèmes littoraux / Evolution à long terme / Observation, Surveillance, Outils de gestion / Forçages climatiques / anthropiques

B. EQUIPES FRANCAISES TRAVAILLANT SUR LE SUJET OU SUR DES THEMATIQUES SEMBLABLES.

Donner au moins deux noms avec adresse, téléphone, courrier électronique, etc. Ceci afin de pouvoir contacter ces personnes pour une aide éventuelle à la désignation d'experts.

Etablissement	Intitulé de l'équipe	Nom, prénom et coordonnées
Observatoire Océanologique de Roscoff Place Georges Teissier, BP 74 29682 ROSCOFF cedex	UMR CNRS 7127	Morin Pascal Tel. : 02.98.29.23.17 pmorin@sb-roscoff.fr
Observatoire Océanologique de Banyuls Laboratoire d'Océanographie Biologique, BP44, 66651 Banyuls-Sur-Mer	UMR CNRS 7621	Naudin Jean Jacques Tel. : 04.68.88.73.77 naudin@obs-banyuls.fr
Observatoire des Sciences de l'Univers de Marseille Campus de Luminy, 63 Av de Luminy, case 901 13288 MARSEILLE cedex 9	Centre d'Océanologie de Marseille	Raimbault Patrick Tel. : 04.91.82.91.05 Patrick.Raimbault@com.univ-mrs.fr

C. EQUIPES ETRANGERES TRAVAILLANT SUR LE SUJET OU SUR DES THEMATIQUES SEMBLABLES

Etablissement	Intitulé de l'équipe	Nom, prénom et coordonnées
Vrije Universiteit Brussel 1050 Bruxelles Belgique	Department of Analytical Chemistry	Dehairs Frank Tel. : (+32) 2 629 32 60 fdehairs@vub.ac.be
Université Libre de Bruxelles Campus Plaine CP 221 1050 Bruxelles Belgique	Ecologie des Systemes Aquatiques	Lancelot Christiane Tel (+32)2 650 59 88 Fax 02 650 59 93 lancelot@ulb.ac.be

Annexe 5 : Microcapteurs

Coordination D. Rebière (IMS) – B. Bennetau (ISM)

Ce volet capteurs, répondant à l'appel à projets 2007, volet Recherche, du Conseil Régional d'Aquitaine, a pour objectif immédiat de montrer la faisabilité d'un immunocapteur à ondes acoustiques dédié à la détection rapide de phycotoxines. A terme, le but est de réaliser un outil spécifique de contrôle, par détection et quantification de phycotoxines cibles présents dans une solution échantillon obtenue par prélèvement, sous la forme d'un équipement de coût réduit, d'utilisation simple, fournissant aux utilisateurs des informations explicites, directement sur les sites de surveillance. Ce système pourra offrir une alternative à la fois économique et efficace aux équipements plus lourds comme le chromatographe en phase liquide, le spectromètre de masse et les kits immunologiques. La caractéristique fondamentale de ce système sera de réaliser la détection rapide et l'identification immédiate d'une phycotoxine cible.

Le concept de ce système permettant un contrôle quasi temps réel de l'état sanitaire des produits issus de la conchyliculture répond à une attente non seulement du consommateur en terme de confiance mais aussi des professionnels de la mer (producteurs et mareyeurs) qui cherchent à défendre la qualité de leurs produits et à ainsi augmenter le volume de leurs ventes. Cette démarche qualité et de certification amènera un impact économique qui touchera tout un ensemble de secteurs (production, vente, acheminement, restauration, ...). L'objectif est de proposer une nouvelle méthodologie analytique, alternative au test souris, qui doit permettre de réaliser des détections plus rapides, plus appropriés et plus spécifiques. Notre approche permettrait un screening rapide d'un grand nombre d'échantillons incluant la confirmation de l'identité des toxines, et la quantification par spectrométrie de masse lorsque cela est nécessaire. Notre approche, dans le futur, devrait permettre d'accroître l'efficacité des réseaux de surveillance de la qualité du milieu marin.

Notre démarche s'inscrit dans la préservation et la gestion du littoral mais, également, dans la politique d'aménagement du territoire avec le souci du maintien et du développement durable des activités de pêche et de culture marine. En plus des enjeux économiques et sociaux régionaux, cette démarche s'inscrit aussi dans un contexte international car les ASP, les PSP et les DSP sont présentes un peu partout dans le monde.

En conclusion, notre démarche tend à promouvoir un microsystème de détection de phycotoxines dédié dont le but est d'améliorer les procédures de surveillance des produits, et de réduire ainsi les risques de santé pour le consommateur.

1. Problématique scientifique	149
2. Projet de recherche	150
2.1. Plateforme de transduction à ondes acoustiques	151
2.2. Immunorécepteur	152
3. Architecture du Projet de recherche	153
3.1. Déroulement scientifique	153
3.2 Descriptif détaillé des actions de recherche	153
4. Laboratoires participant	158
5. Calendrier	159
6. Moyens demandés	159

1. Problématique scientifique

Suite à un épisode d'intoxication majeure de consommateurs de coquillages survenu en France en 1983, l'IFREMER a mis en place sur l'ensemble du littoral français un réseau de surveillance du

phytoplancton et des phycotoxines (REPHY). En France trois types de toxines qui présentent un risque majeur ont été identifiées : les toxines DSP (Diarrhetic Shellfish Poison) produites par les algues du genre *Dinophysis*, les toxines PSP (Paralytic Shellfish Poison) produites par les algues du genre *Alexandrium* et les toxines ASP (Amnesic Shellfish Poison) produites par les algues du genre *Pseudo-nitzschia*.

Des prélèvements d'eau sont régulièrement réalisés et les espèces de phytoplancton identifiées. En cas de présence d'espèces toxiques, des prélèvements (d'huîtres par exemple) sont effectués pour évaluer la présence et la quantité de toxines. Ces analyses sont faites à l'aide de bio-essais (injection de souris, test de cytotoxicité, immuno-essais, ...) et de méthodes physico-chimiques (HPLC, spectrométrie de masse, ...) souvent lourds, plus ou moins sensibles et qui demandent un délai de réponse. Des résultats vont dépendre la décision d'interrompre la mise sur le marché. On mesure donc tout l'intérêt du délai de réponse pour l'impact économique, et l'on constate une forte demande de développement de méthodes alternatives plus performantes et moins onéreuses (Garthwaite 2000 ; Hess *et al.*, 2006).

Sur le plan national, l'IFREMER, dans son programme de développement des équipements de mesure, vise à optimiser la productivité des réseaux de surveillance et la réduction de leur coût de fonctionnement selon deux axes principaux : la mise au point de nouvelles techniques de mesure et d'analyse in situ des paramètres d'observation du littoral et le développement d'instruments et systèmes permettant leur mise en œuvre. A ce titre, le centre IFREMER Brest est aujourd'hui engagé avec un certain nombre de partenaires dans le développement d'un biocapteur d'algues toxiques en milieu marin (Lazerges *et al.*, 2006), (ANR Hab-Seachip 2005).

La détection de toxines présentes dans les coquillages repose sur le test-souris. Si l'efficacité de ce test n'est pas discutable, il n'apporte malheureusement, aucune information sur la ou les toxines responsables de la mortalité des animaux testés. Notre **objectif**, dans le cadre de ce projet, est de **détecter et identifier** non pas les micro-algues mais directement les **toxines algales** par un système biocapteur sur la base d'une réaction **immunologique** (antigène-anticorps) associée à une **plateforme de transduction à ondes acoustiques**.

2. Projet de recherche

Compte-tenu du calendrier proposé par le Conseil Régional d'Aquitaine, nous proposons de cibler dans une première approche les toxines ASP. Ce choix est motivé par la structure chimique de ces composés et la disponibilité des toxines elles-mêmes indispensables pour la validation finale des tests immunologiques.

Notre approche repose sur l'utilisation d'une plateforme de détection capable de satisfaire des critères de stabilité, de sensibilité et de sélectivité. Notre choix est de s'appuyer sur une technologie de plateforme de transduction associant des dispositifs à ondes acoustiques et des revêtements en films minces (Figure 1).

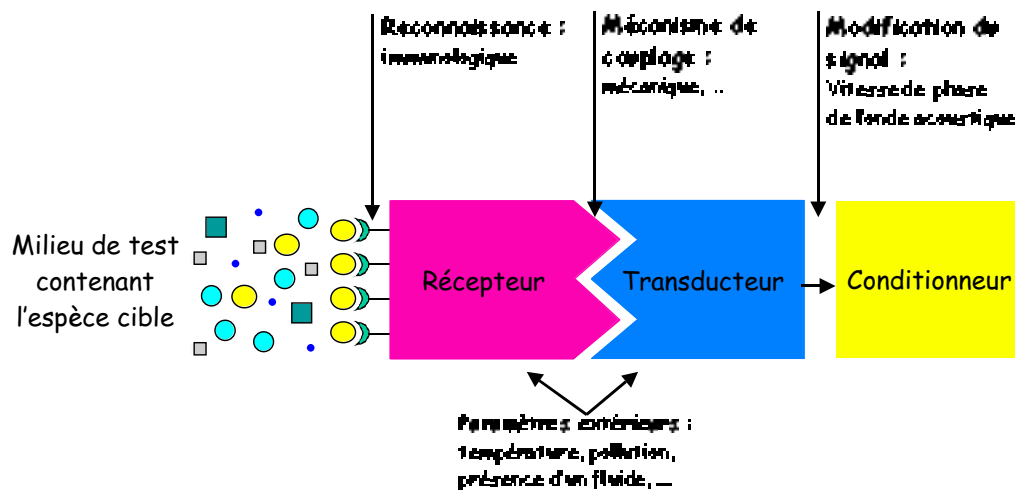


Figure 1 : Briques élémentaires.

2.1. Plateforme de transduction à ondes acoustiques

La structure de base de la technologie du capteur proposé est une ligne à retard à onde élastique (ou acoustique) constituée de structures métalliques interdigitées déposées sur un substrat piézoélectrique (Figure 2). En appliquant un signal électrique variable en entrée, une onde mécanique se propage comme un ébranlement de matière dans le transducteur ; elle est détectée plus loin à l'aide d'un second peigne métallique analogue à celui d'entrée. Une couche déposée en surface permet de guider l'onde près de la surface, et ainsi de favoriser les interactions à ce niveau. Enfin une couche sensible termine la fonctionnalisation du capteur ; elle a pour rôle de retenir spécifiquement les espèces cibles, cela se traduit par une perturbation de la propagation de l'onde qui peut être mesurée sous une forme électronique de type oscillateur, facilement exploitable.

Le choix se portera dans un premier temps sur des dispositifs à ondes acoustiques analogues à ceux étudiés jusqu'à présent sur substrat de quartz, avec une coupe cristallographique et une disposition des électrodes permettant de générer des ondes transverses horizontales, seules autorisant un fonctionnement en milieu liquide. La génération d'une onde de Love nécessite le dépôt supplémentaire d'une couche dite guidante, choisie de telle sorte que l'onde acoustique générée soit ensuite piégée dans cette couche de surface. Ce type de propagation permet d'obtenir une meilleure sensibilité aux effets, en particulier de masse, se produisant à la surface du dispositif (Du *et al.*, 1998 ; Gizeli *et al.*, 2003 ; Howe *et al.*, 2000 ; Kwon *et al.*, 2004 ; Tamarin *et al.*, 2003a 2003b et Zimmermann *et al.*, 2004).

Un premier lot de dispositifs à ondes de Love actuels, comportant chacun deux lignes à retard et une couche guidante de silice (SiO_2), sera réalisé et mis rapidement après le début du projet à la disposition du consortium pour modification chimique de surface, greffage et tests de détection.

Dans un deuxième temps, le Laboratoire IMS s'attachera à étudier les performances, notamment la sensibilité gravimétrique, afin d'optimiser la conception des dispositifs dédiés à l'application. Pour la réalisation de ces lignes à retard, le Laboratoire IMS s'appuiera sur la plateforme technologique du LAAS-CNRS (Toulouse) dans le cadre du Réseau Technologique de Base CNRS. Une instrumentation sera développée afin de conditionner (oscillateur), puis d'extraire et traiter les signaux issus du capteur.

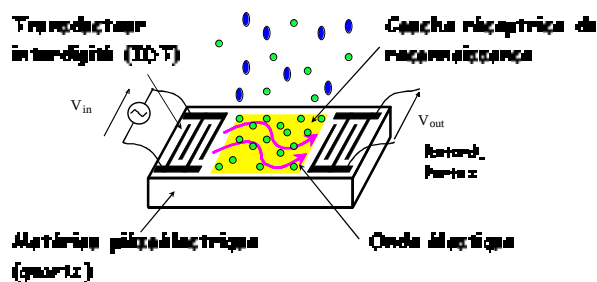


Figure 2 :

Principe d'un capteur à ondes acoustiques.

2.2. Immunorécepteur

La sélectivité est déterminée par la nature des propriétés physico-(bio)chimiques des couches sensibles. Dans notre application, ces matériaux sensibles permettront d'établir des réactions anticorps-antigène. La nature du complexe anticorps-antigène formé à la surface du dispositif à ondes acoustiques permet de définir précisément la sélectivité de l'immunocapteur par rapport à l'application visée.

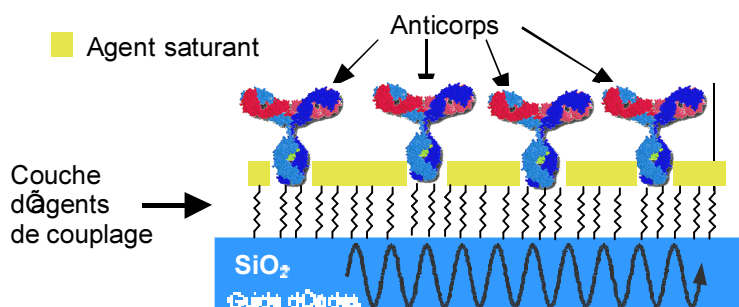


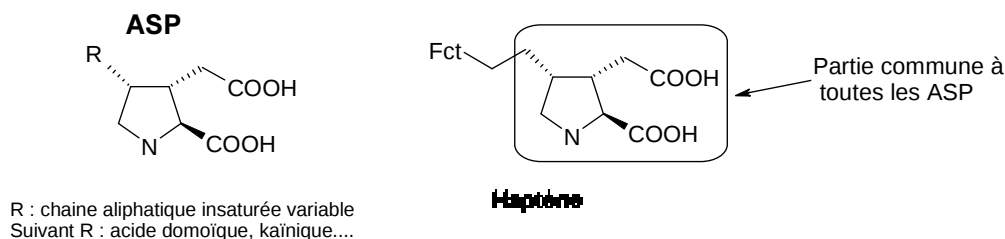
Figure 3 :

Détection Antigènes-Anticorps sur plateforme à ondes acoustiques.

L'objectif principal des recherches sera la synthèse d'haptènes pour l'obtention d'anticorps des ASP ; les travaux seront menés dans le cadre d'une Thèse, dans le groupe "Matériaux" de l'ISM.

Les ASP, comme les DSP ou PSP, sont antigéniques (reconnaissables par des anticorps) mais ne sont pas immunogéniques (ne peuvent induire la fabrication d'anticorps). Il est donc nécessaire de synthétiser des haptènes (Figure 4), qui seront ensuite greffés sur une protéine porteuse, puis injectés à un animal qui produira les anticorps.

Figure 4 :
Toxines ASP et
Haptène.



Dans la littérature internationale, peu de travaux ont été menés dans ce domaine et le manque de disponibilité d'anticorps sensibles et spécifiques de ces toxines est toujours un verrou. La mise au point des synthèses des haptènes est un processus long, qui nécessitera plusieurs mois de recherches intenses en chimie organique. Compte-tenu des délais incompressibles, les premiers anticorps obtenus ne seront testés qu'au cours de la troisième année.

Les détections, après sélection des anticorps, sont faciles de mise en œuvre et peu onéreux (2-3 € pour un capteur). Avec quelques grammes d'haptènes, on peut faire plusieurs milliers de dosage. Le test immunologique présente aussi l'avantage, lorsque les anticorps sont dirigés contre la partie commune d'une famille de toxines, de détecter un composé de cette famille qui n'a pas encore été identifié par HPLC ou GC-MS.

Le principal verrou identifié est la production d'anticorps par la synthèse d'haptènes (tâche 5). Par ailleurs des travaux préliminaires sur la validation de la plateforme à ondes acoustiques dédiée à la détection de petites molécules sont nécessaires. Pour répondre à cet objectif nous viserons la détection en eau de mer d'un toxoïde (tâche 8) disponible commercialement (toxine désactivée de taille importante - 300 kDa) pour ensuite s'attaquer à la détection de petites molécules (peptides, tâche 9) de taille voisine des toxines algales (300 à 800 Da). Ces deux premières étapes constituent un préalable indispensable à la détection de phycotoxines par une plateforme à ondes acoustiques (tâche 14).

Sur ces deux premières années, en parallèle, seront menés les travaux de synthèse des haptènes. La production d'anticorps n'interviendra qu'en début de troisième année.

Ces travaux, si la faisabilité de détection des ASP est démontrée, pourraient être étendus aux autres toxines incriminées (PSP, DSP) à l'issue des trois années.

Le biocapteur que nous proposons pourrait donc se révéler un outil très performant et complémentaire de ceux existants pour la détection et l'identification de familles de toxines en circulation dans les fluides biologiques, un domaine où peu d'informations fiables sont disponibles.

3. Architecture du Projet de recherche

3.1. Déroulement scientifique

Le travail se décompose selon les 16 tâches suivantes :

1. Pilotage (IMS/ISM/LIP)
2. Lignes à retard à ondes acoustiques sur substrat piézoélectrique (actuelles et nouvelles) (IMS)
3. Électronique de conditionnement et acquisition (IMS)
4. Cellule de test pour circulation microfluidique (IMS)
5. Synthèse des Haptènes des phycotoxines (ISM)
6. Fonctionnalisation chimique des surfaces (ISM)
7. Caractérisations de surface (ISM)
8. Immobilisation toxoïde et reconnaissance (LIP)
9. Immobilisation peptide et reconnaissance (LIP)
10. Caractérisations électriques des dispositifs à ondes de Love (IMS)
11. Production d'anticorps antiphyco toxines ASP (LIP)
12. Validation de la reconnaissance des phycotoxines ASP (LIP)
13. Greffage des anticorps sur plateforme à ondes acoustiques (LIP)
14. Tests de détection des phycotoxines ASP par plateforme à ondes acoustiques (IMS/ISM/LIP)
15. Primo-évaluation de l'immunocapteur (IMS/ISM/LIP)
16. Protection industrielle & Veille technologique et réglementaire (IMS/ISM/LIP)

3.2 Descriptif détaillé des actions de recherche

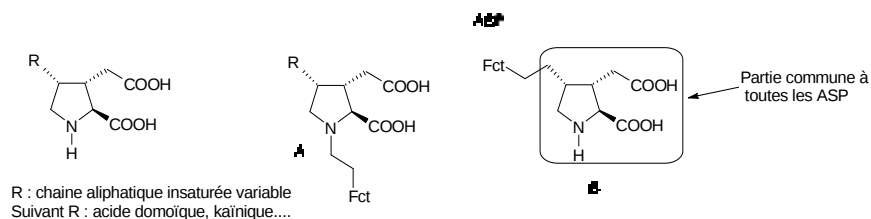
1. *Pilotage* : Le pilotage comprendra la coordination du projet, les réunions d'avancement et la rédaction des rapports.
2. *Lignes à retard à ondes acoustiques sur substrat piézoélectrique* : le choix se portera dans un premier temps sur des éléments analogues à ceux étudiés jusqu'à présent sur substrat de quartz, avec une coupe cristallographique et une disposition des électrodes permettant de générer des ondes

transverses horizontales, seules autorisant un fonctionnement en milieu liquide. La génération d'une onde de Love nécessite le dépôt supplémentaire d'une couche dite guidante, choisie de telle sorte que l'onde acoustique générée soit ensuite piégée dans cette couche de surface. Ce type de propagation permet d'obtenir une meilleure sensibilité aux effets, en particulier de masse, se produisant à la surface du dispositif. Un lot de 25 dispositifs à ondes de Love actuels, comportant chacun deux lignes à retard (pour sécurisation par redondance du signal ou possibilité à terme d'une seconde voie de mesure ou d'une voie de référence) et une couche guidante de silice (SiO_2), sera réalisé et mis rapidement après le début du projet à la disposition du consortium pour modification chimique de surface, greffage d'anticorps et tests de détection dans l'approche toxoïde. D'autres dispositifs seront étudiés et réalisés par la suite. En premier lieu, l'étude de nouvelles structures interdigitées prévoient de pouvoir diminuer les pertes d'insertion, souvent trop importantes en présence de liquide. Deuxièmement, les connaissances récentes, acquises par l'équipe Capteurs Microsystèmes de l'IMS, sur la modélisation de la propagation d'ondes de polarisation transverses horizontales guidées dans des structures multicouches complexes (substrat piézoélectrique - couche guidante isotrope - milieu liquide viscoélastique), permettent en particulier d'évaluer l'influence des propriétés mécaniques des couches guidantes sur la sensibilité gravimétrique des plateformes à ondes acoustiques. Dans le cas de notre application, il sera alors possible de dégager les propriétés optimales d'une couche guidante et d'agir ainsi sur le processus de fabrication des couches guidantes. Ces nouvelles lignes à retard autoriseront une simplification, et ainsi une plus grande robustesse, de l'électronique de conditionnement, et surtout elles permettront d'améliorer la sensibilité par une optimisation de la couche guidante. Pour la réalisation de ces lignes à retard, le Laboratoire IXL s'appuiera sur la plateforme technologique du LAAS-CNRS Toulouse (Réseau Technologique de Base - RTB).

3. *Électronique de conditionnement et acquisition* : l'électronique associée comporte notamment un circuit d'amplification radiofréquence ajustable, qui sera proche de celui utilisé actuellement, et sera adapté en fonction des caractéristiques des capteurs à ondes acoustiques qui seront développés. Ces éléments permettent un montage de la ligne à retard à ondes acoustiques sous la forme d'un oscillateur, dont la fréquence reflète directement les variations de phase et donc de vitesse de l'onde, images de la perturbation liée à l'immobilisation d'espèces cibles (ou d'anticorps) en surface du capteur. L'électronique d'acquisition se basera sur celle déjà existante, adaptée pour les besoins en laboratoire, réétudiée pour intégration sur le démonstrateur final. Deux bancs de test de laboratoire pour deux capteurs doubles chacun seront mis à la disposition du consortium.
4. *Cellule de test* : les cellules de test des capteurs seront dans un premier temps celles utilisées actuellement pour la détection de bactéries dans les eaux de baignades. Des améliorations ponctuelles seront cependant recherchées, notamment pour diminuer le volume des solutions, par limitation à la surface sensible du transducteur. En fonction des résultats, une nouvelle cellule pourra être envisagée, dans un souci d'intégration d'une circulation microfluidique en surface du capteur. De nombreuses contraintes sont à considérer à ce niveau :
 - notamment la compatibilité des matériaux utilisés avec les procédés chimiques et immunologiques mis en œuvre,
 - mais également la géométrie, qui déterminera les mouvements du fluide au-dessus du capteur et pourra ainsi influencer l'approche des phycotoxines cibles par rapport à la surface destinée à les immobiliser.
5. *Synthèse des Haptènes des phycotoxines ISM* : Afin d'obtenir des anticorps dirigés contre les phycotoxines ciblées (les ASP), des haptènes de ces composés seront synthétisés puis ensuite greffés sur une protéine porteuse, afin de déclencher la production des anticorps. Il n'existe dans la littérature que quelques articles (Garthwaite *et al.* 1998), décrivant cette approche et de toute manière les anticorps ne sont pas disponibles commercialement, ou de façon très aléatoire. De plus, les quelques exemples d'haptènes synthétisés, avec le linker sur l'atome d'azote (Figure 5, haptènes de type A) ne permettent le dosage que d'une toxine. Nous privilégions une approche plus globale

visant l'obtention d'anticorps dirigés contre la partie commune à toutes les toxines de la famille des ASP.

Figure 5 :
Toxines ASP et Haptène.

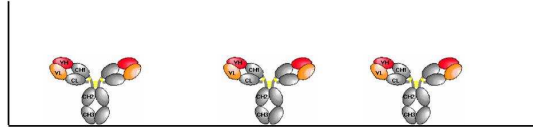


6. *Fonctionnalisation chimique des surfaces ISM* : les couches guidantes seront fonctionnalisées afin de greffer de façon covalente et reproductible les anticorps. Ainsi, des agents de couplage silylés donnant des monocouches auto-assemblées denses seront utilisés. Ces dérivés ont déjà donné d'excellents résultats au laboratoire lors de l'élaboration de puces à ADN (Bennetau *et al.* 2001a et 2001b). Parallèlement, de nouveaux agents de couplage silylés seront recherchés afin d'éviter une étape supplémentaire, pas toujours bien contrôlée, de modification de surface par des « cross-linkers » classiquement utilisés en biologie pour fixer les anticorps.
7. *Caractérisations de surface* : diverses analyses permettant de caractériser les matériaux et leurs propriétés physico-chimiques de surface sont nécessaires, à certaines étapes de réalisation (sur couche guidante, après préparation des surfaces). Elles mettront notamment en jeu les techniques d'AFM (Navarre *et al.* 2001 ; Martin *et al.* 2005a et 2005b), IR (Choplin *et al.* 2003) et angles de contact disponibles sur le site. De plus, les surfaces portant les espèces biologiques (anticorps / bactéries) seront analysées par microscopie de balayage à champ proche (SNOM) associée à la microscopie à fluorescence. Pour ce faire, des anticorps marqués par des fluorophores seront utilisés. Ces mesures permettront d'évaluer la densité et l'homogénéité des anticorps greffés, paramètres cruciaux pour la performance du capteur, en vue de valider le meilleur protocole de fonctionnalisation de la surface sensible.
8. *Immobilisation Anti-toxoïde et reconnaissance* : Nous utiliserons la toxoïde tétanique car il est possible de l'obtenir commercialement (c'est l'antigène utilisé dans la vaccination anti tétanique), également il est possible d'obtenir des anticorps monoclonaux anti toxoïde tétanique. Dans un premier temps nous allons étudier les caractéristiques des diverses molécules (affinité des anticorps, solubilité de l'antigène...). Dans un second temps nous aborderons la faisabilité d'une détection immunologique antigène/anticorps (dans le cas présent toxoïde/anti-toxoïde) en eau de mer. Les réactions immunologiques de ce type se font généralement en milieu tamponné (le plus souvent PBS) ayant une salinité beaucoup plus faible que l'eau de mer. Des anticorps possédant une forte affinité pour leur antigène devrait pouvoir être utilisés mais il convient de vérifier si ces conditions ne nécessitent pas des modifications des conditions expérimentales. Pour cela nous allons dans un premier temps réaliser des tests immunochimiques de type ELISA en faisant varier la concentration saline du milieu réactionnel.

Puis en utilisant ces paramètres nous grefferons, à l'aide de bras spécifiques synthétisés par nos collègues du laboratoire ISM, les anticorps anti-toxoïde sur la surface du capteur puis après saturation des sites non spécifiques nous ajouterons la toxoïde. Ces 2 protéines étant de tailles importantes il sera possible de visualiser directement la chute de fréquence liée à l'accrochage du monoclonal puis de la toxoïde sur l'anticorps.

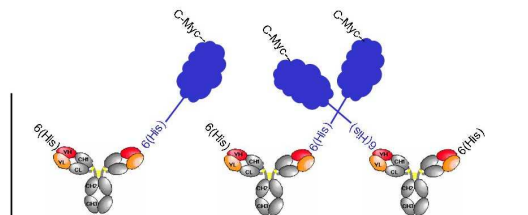
9. *Immobilisation peptide et reconnaissance* : Les phycotoxines sont des molécules de petites tailles (300-800 Da) il convient donc de réaliser un système modèle de détection indirecte de molécules de petite taille capables d'être reconnues par des anticorps monoclonaux commerciaux. Il existe plusieurs marqueurs qui sont ajoutés à des protéines synthétisées chez des bactéries, levures ou

cellules de mammifères. On peut citer C-Myc, GST, VSV-G mais un des plus utilisé est le tag polyHis : il s'agit d'un peptide de 6 Histidines qui permet l'identification des protéines fusionnées à ce tag mais également la purification sur colonnes de Ni. Il est donc simple de faire synthétiser ce peptide et d'obtenir dans le commerce des anticorps monoclonaux le reconnaissant de façon spécifique. Cette molécule sera de trop petite taille pour faire chuter la fréquence de façon significative nous devons donc procéder de façon indirecte en faisant une compétition entre le peptide polyHis et une protéine de fort poids moléculaire possédant le tag polyHis à son extrémité. Tout d'abord nous mettrons ce système au point en utilisant un test du type ELISA. La première étape consiste à fixer l'anticorps anti polyHis au fond des puits de la microplaque ELISA.

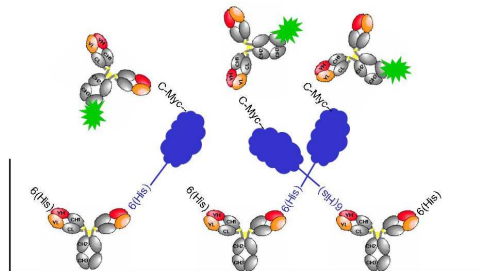


La deuxième étape est l'ajout du peptide polyHis. Différentes concentrations de peptide seront utilisées afin de déterminer une concentration insuffisante pour saturer tous les sites de reconnaissance sur les anticorps.

Ensuite nous ajouterons une protéine de haut poids moléculaire possédant à son extrémité un tag polyHis et un tag C-Myc. Cette protéine va pouvoir se fixer sur les sites libres via son tag PolyHis :



La dernière étape sera la révélation de la protéine grâce à un anticorps anti C-Myc marqué. L'intensité de la coloration sera proportionnelle à la quantité de protéine fixée donc inversement proportionnelle à la quantité de polyHis fixée :



Une fois cette technologie validée en microplaque nous vérifierons (en se refermant aux travaux sur la toxine tétanique) que ce système fonctionne en eau de mer.

Enfin nous adapterons cette méthode au capteur en greffant les anticorps antipolyHis grâce à des bras spécifiques développés au laboratoire de chimie. Si la capture du peptide par l'anticorps ne doit pas entraîner de modification mesurable de la fréquence la fixation de la protéine (avec son tag polyHis) modifiera considérablement la masse fixée sur le capteur.

Il y aura une relation entre la quantité de protéine-polyHis fixée et le nombre de sites libres après le dépôt du peptide donc avec la quantité de polyHis déposée sur le capteur

10. *Caractérisations électriques des dispositifs à ondes de Love* : les différentes structures à ondes de Love réalisées avec des couches guidantes seront caractérisées électriquement sous analyseur de

réseau pour mesurer et comparer leurs performances, en termes de génération/propagation de l'onde acoustique puis de pouvoir de transduction (sensibilité à l'effet de masse). Ces caractérisations seront réalisées avec une surface au contact d'air, puis en milieu liquide en fonction des paramètres du liquide comme la viscosité par exemple. Des caractérisations en température, grandeur d'interférence importante, seront menées pour permettre la compréhension des résultats ultérieurs lors des phases de détection des différentes espèces cibles et de validation de l'immunocapteur de phycotoxines.

11. *Production d'anticorps antiphyco-toxines (dirigés vers les ASP) :* Ces toxines sont des molécules de petite taille (haptènes) peu ou pas immunogènes. Pour obtenir des anticorps contre ces molécules, il est nécessaire d'immuniser les animaux avec les toxines :

Soit couplées à une macromolécule protéique porteuse à l'aide d'un bras de liaison chimique

Soit synthétisées chimiquement de manière à orienter plus précisément la spécificité des anticorps obtenus et en évitant toute toxicité pour les souris auxquelles nous devrions faire de multiples injections.

Ces couplages rendent les molécules immunogènes c'est-à-dire qu'elles induiront la génération d'anticorps dirigés contre ces molécules chez l'animal ayant reçu une injection. Il s'en suit toute une série de techniques pour sélectionner les anticorps les plus spécifiques et les plus affins envers ces toxines.

L'objectif de cette phase du projet comprend deux étapes :

a) l'obtention d'anticorps anti-toxines à partir de toxines du commerce couplées chimiquement à une macromolécule ;; cette étude servira de modèle pour la caractérisation des anticorps obtenus (notamment leurs critères d'affinité et de spécificité), ainsi que la mise au point et le développement de tests immuno-chimiques de détection en milieu naturel des couples toxines/antitoxines. Deux toxines standard du commerce (acide domoïque et acide okadaïque) seront couplées à une macromolécule porteuse (type sérum albumine) à l'aide d'un bras de liaison choisi en fonction de la nature chimique des toxines. L'immunogène ainsi synthétisé servira à l'immunisation d'animaux et permettra l'obtention d'anticorps polyclonaux (chez le lapin) et monoclonaux (chez la souris).

b) Pour la seconde étape, des toxines (ou des parties de toxines) synthétisées chimiquement par le laboratoire de chimie et couplées à des molécules porteuses également fournis par les chimistes associés au projet serviront d'immunogènes pour l'obtention d'anticorps monoclonaux.

En effet, ces molécules nouvellement synthétisées auront leur site antigénique spécifiquement préservés et devraient induire une réponse anticorps très spécifique. Les tests mis au point précédemment permettront une approche immuno-chimique directement applicable à la caractérisation de ces anticorps monoclonaux, et à leur utilisation sur le système capteur.

12. *Validation de la reconnaissance des phycotoxines :* Les anticorps monoclonaux seront caractérisés en fonction de leur affinité et de leur spécificité en utilisant les méthodes classiques d'immunologies. Il conviendra également d'étudier le potentiel de chaque clone en vue d'une production d'anticorps en moyenne échelle. En effet certains hybridomes sécrètent des molécules très intéressantes mais en très petites quantités, la stabilité des lignées cellulaires devra aussi être analysée. Une fois toutes les études faites en test immuno-chimique il sera possible d'utiliser ces anticorps pour faire une couche sensible. Pour cela nous nous appuyerons sur toutes les études faites avec les molécules modèles : Toxoïdes et polyHis.

13. *Greffage des anticorps sur plateforme à ondes acoustiques (anticorps) :* les méthodes de greffage seront évaluées au préalable sur différentes surfaces types (lames de verre,). Des tests immunologiques et des caractérisations de surface permettront de comparer l'intérêt des différentes

surfaces en terme d'efficacité du greffage des anticorps. Ces greffages seront ensuite réalisés sur la plateforme à ondes acoustiques.

14. *Tests de détection des phycotoxines ASP par plateforme à ondes acoustiques* : les capteurs équipés de biorécepteurs spécifiques seront mis en situation de détection avec introduction de l'espèce cible afin de valider le fonctionnement de l'immunocapteur. Les performances du capteur en termes de sensibilité, seuils de détection, spécificité seront évaluées.
15. *Évaluation et optimisation de l'immunocapteur* : durant la troisième année , le démonstrateur sera évalué, les résultats comparés à ceux obtenus par des tests classiques et aux seuils de risque faisant l'objet des normes actuelles.
16. *Veille technologique et réglementaire & Protection industrielle* : cette veille technologique et réglementaire (état de l'art, marché, réglementation) a pour but de garantir la viabilité et l'intérêt de notre système d'immunocapteurs appliqué à la détection de phycotoxines. En ce qui concerne la propriété industrielle les innovations scientifiques et technologiques brevetables feront l'objet d'un dépôt éventuel de brevet en copropriété.

4. Laboratoires participant

(Liste complète du personnel impliqué dans les documents complémentaires)

Depuis une dizaine d'années, le groupe Capteurs Microsystèmes du Laboratoire IMS CNRS UMR 5218 (anciennement IXL) a acquis de solides compétences dans le domaine des capteurs à ondes acoustiques dédiés à la détection de traces. Cette expertise considérable acquise en collaboration avec Thales TRT et le Centre d'Etudes du Bouchet de la Direction Générale de l'Armement (DGA), Rhodia Centre de Recherche d'Aubervilliers, CEA DAM Le Ripault, AGUR Groupe Etchart, nous permet aujourd'hui d'apporter une solution originale de détection des phycotoxines.

Le groupe Matériaux du Laboratoire ISM CNRS UMR 5255 (anciennement LCOO) a une expérience reconnue dans les domaines de la synthèse organométallique, la modification chimique des surfaces et la mise en œuvre de matériaux polymères et céramiques. Ces compétences l'ont amené à développer diverses collaborations avec l'industrie (Snecma Moteurs, CEA, ...) visant à l'élaboration et la caractérisation de matériaux structuraux et de fonction à base de silicium. En parallèle, il a été impliqué récemment dans divers programmes de recherche prioritaires du CNRS concernant les biotechnologies.

Les compétences acquises depuis de nombreuses années par le Laboratoire d'Immunologie et Parasitologie (EA 3677 - Université Victor Ségalen Bordeaux 2) dans la fabrication et la production d'anticorps monoclonaux, la mise au point d'immunoessais (tests ELISA), la connaissance des interactions antigènes-anticorps et l'immunologie des petites molécules seront autant d'atouts pour le développement d'immunocapteurs contre les phycotoxines.

Ces trois Laboratoires Universitaires Aquitains ont déjà une expérience de travail en commun (ANR PRECODD, Programme de transfert Région Aquitaine avec la société AGUR Groupe Etchart). Ce consortium est parfaitement complémentaire dans cette approche pluridisciplinaire et cette collaboration permettra d'établir une liaison forte et durable entre nos laboratoires pour permettre un possible transfert technologique vers l'industrie.

5. Calendrier

Trimestre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tâche 1												
Tâche 2												
Tâche 3												
Tâche 4												
Tâche 5												
Tâche 6												
Tâche 7												
Tâche 8												
Tâche 9												
Tâche 10												
Tâche 11												
Tâche 12												
Tâche 13												
Tâche 14												
Tâche 15												
Tâche 16												

	IMS		IMS/ISM/LIP
	ISM		
	LIP		

6. Moyens demandés

(Le détail du financement demandé ainsi que la justification sont donnés dans les documents complémentaires)

Notre orientation s'appuie en premier lieu sur les travaux du Comité de Pilotage Scientifique sur les problématiques ostréicoles, mis en place par la Région Aquitaine. Elle vise à proposer un projet scientifique pluridisciplinaire ambitieux de détection de phycotoxines, dans lequel, en particulier, les moyens humains (deux allocations de thèse pour les Laboratoires IMS et ISM, et 24 mois de postdoc pour le LIP) accompagnés de ressources de fonctionnement appropriées sont des conditions indispensables au développement de cet immunocapteur à haute valeur ajoutée. Le co-financement de ce projet est acquis à travers le projet Bioalert programme PRECODD de l'ANR (notification 28-11-2006 - Détection de microorganismes dans l'eau – 3 ans).

Références Bibliographiques

- B. Bennetau B., Bousbaa J., Choplin F., Composés Organosiliciés : Leur Procédé de Préparation et Leurs Utilisations; Brevet WO0153523 (2001) CNRS ;
- B. Bennetau B., Bousbaa J., Choplin F., Cloarec J.-P., Martin J.-R et Souteyrand E., Procédés de Synthèse et d'Immobilisation d'Acides Nucléiques sur un Support Silanisé ; Brevet WO0153303 (2001) CNRS.
- Choplin F., Navarre S., Bousbaa J., Babin P., Bennetau B., Bruneel J.-L., Desbat B., Structural Characterization of Self-Assembled Monolayers by Unenhanced Raman Spectroscopy, J. Raman Spectr., 2003, 34, 902.
- Deisingh A. K., Thompson M. Biosensors for the detection of bacteria, Can. J. Microbiol. 2004, 50, 69.
- Du J., Harding G. L., A Multilayer Structure for Love-Mode Acoustic Sensors., Sensors and Actuators A, 1998, 65, 152.
- Gizeli E., Bender F., Rasmusson A., Saha K., Josse F., Cernosek R., Sensitivity of the Acoustic Waveguide Biosensor to Protein Binding as a Function of the Waveguide Properties, Biosens. Bioelec., 2003, 18, 1399.
- Garthwaite I., Ross K. M., Miles C. O., Hansen R. P., Foster D., Wilkins A. L., Towers N. R. Polyclonal Antibodies to Domoic Acid and their Use in Immunoassays for Domoic Acid in Sea Water and Shellfish, Nat. Toxins, 1998, 6, 93.

- Garthwaite I. Keeping Shellfish Safe to Eat: a Brief Review of Shellfish Toxins, and Methods for their detection. *Trends in Food Science & Technology*, 2000, 11, 235.
- Hess, P., Grune, B., Anderson, D. B., Aune, T., Botana, L. M., Caritato, P., Van Egmond, H. P.; Halder, Marlies., Hall, S., Lawrence, J. F., Moffat, Colin., Poletti, R., Richmond, J., Rossini, G. P., Seamer, C., Vilageliu, J. G., Three Rs Approaches in Marine Biotoxin Testing, ECVAM Workshop 55, ATLA 2006, 34, 193.
- Howe, E., Harding, G. A comparison of protocols for the optimization of detection of bacteria using a surface acoustic wave (SAW) biosensor. *Biosens. Bioelec.*, 2000, 15, 641.
- Y. Kwon, Y. Roh, Development of SH-SAW sensors for underwater measurement, *Ultrasonics*, 2004, 42, 409.
- Lazerges M., Perrot H., Antoine E., Defontaine A., Compere C., Oligonucleotide quartz crystal microbalance sensor for the microalgae *Alexandrium minutum* (Dinophyceae), *Biosensors and Bioelectronics*, 2006, 21, 1355.
- Martin P., Marsaudon S., Thomas L., Desbat B., Aime J.-P., Bennetau B. Liquid Mechanical behaviour of Mixed Monolayers of Amino- and Alkyl Silanes for DNA Deposition, *Langmuir*, 2005, 21; 6934-6943.
- Martin P., Marsaudon S., Aimé J.-P., Bennetau B. Experimental determination of conservative and dissipative parts in tapping mode on grafted organic layer: comparison with frequency modulation data, *Nanotechnology*, 2005, 16, 901–907.
- Navarre S., Choplin F. Bousbaa J., Bennetau B., Nony L, Aimé J.-P., Structural Characterization of Self-Assembled Monolayers of Organosilanes Chemically Bonded onto Silica Wafers by Dynamical Force Microscopy., *Langmuir* 2001, 17, 4844.
- Tamarin O., Déjous C., Rebière D., Pistré J., Comeau S., Moynet D., Bezian J., Study of Acoustic Love Wave Devices for Real Time Bacteriophage Detection., *Sensors and Actuat. B*, 2003, 91, 275.
- Tamarin O., Comeau S., Déjous C., Moynet D., Rebière D., Bezian J., Pistré J., Real Time Device For Biosensing: Design Of A Bacteriophage Model Using Love Acoustic Waves, *Biosens. Bioelectr.*, 2003, 18, 755.
- Zimmermann C., Mazein P., Rebière D., Déjous C., Josse F., Pistré J., A Theoretical Study of Love Wave Sensors Mass Loading and Viscoelasticity Sensitivity in Gas and Liquid Environments, *Proceedings IEEE - UFFC*, Montréal - Canada, 24-27 August 2004.

Allocations : ☒ de thèse ☐ post-doctorale	
Financement : ☒ Financement 100.% Région Aquitaine - Cofinancement Région Aquitaine – EPST – EPIC si oui, lequel : - Cofinancement Région Aquitaine – entreprise si oui, laquelle :	
Etablissement d'accueil : Université Bordeaux 1 Nom du tuteur : Dominique REBIERE, Professeur Nom et adresse du laboratoire d'accueil : IMS, UMR 5218 CNRS Nom du Directeur du laboratoire : Pascal FOUILLAT Téléphone : 05 40 00 65 40 Fax : 05 56 37 15 45 Email : dominique.rebiere@ims-bordeaux.fr	
Titre du sujet : Etude et Développement de plateformes à ondes de Love dédiés à la détection de phycotoxines	
Descriptif synthétique (maximum 10 lignes) : Notre expertise sur le développement de plateformes à ondes acoustiques dédiés à la détection de bactéries nous permet aujourd'hui de proposer une nouvelle approche analytique de détection de toxines algales. La petite taille des phycotoxines (quelques centaines de Da) nécessite la mise au point d'un dispositif à ondes acoustiques guidées de polarisation transverse horizontales (ondes de Love) à haute sensibilité gravimétrique. Les performances du transducteur acoustique sont également déterminées par les couches sensibles placées sur le chemin de propagation, couches développées par nos collègues de l'ISM et du LIP. Notre enjeu scientifique est de développer une plateforme générique et donc adaptable aux différentes phycotoxines cibles. L'ambiance sévère de l'environnement marin (salinité en particulier) et les différents processus technologiques mis en jeu (microfabrication des lignes à retard et fonctionnalisation du chemin acoustique) demandent un réel effort de recherche pour obtenir un microsystème de détection fiable.	
Projet demandé au titre des priorités régionales → Projet en lien avec le développement économique et social : → Grand projet : Si oui, nom du Grand Projet : Eau et développement durable → Equipe ayant obtenu la coordination d'un contrat européen : Si oui, lequel : → Chercheurs nouvellement installés en Aquitaine :	Oui ☒ Non ☐ Oui ☒ Non ☐ Oui ☒ Non ☐ Oui ☐ Non ☒ Oui ☐ Non ☒

Allocations : ☒ de thèse ☐ post-doctorale	
Financement : ☒ Financement 100.% Région Aquitaine - Cofinancement Région Aquitaine – EPST – EPIC si oui, lequel : - Cofinancement Région Aquitaine – entreprise si oui, laquelle :	
Etablissement d'accueil : Université Bordeaux 1 Nom du tuteur : BENNETAU Bernard, Directeur de Recherche CNRS Nom et adresse du laboratoire d'accueil : ISM, UMR 5255 CNRS Nom du Directeur du laboratoire : GARRIGUES Philippe Téléphone : 05 40 00 62 75 Fax : 05 40 00 66 46 Email : b.bennetau@ism.u-bordeaux1.fr	
Titre du sujet : Synthèses d'haptènes de phycotoxines pour l'obtention d'anticorps sélectifs.	
Descriptif synthétique (maximum 10 lignes) : La détection de toxines présentes dans les coquillages repose sur le test-souris. Malheureusement, celui-ci n'apporte aucune information sur la ou les toxines responsables de la mortalité des animaux testés. Dans une première approche (2-3 ans), nous nous proposons de cibler les toxines de la famille des ASP (toxines amnésiantes). Ce choix est motivé par la structure chimique de ces composés et la disponibilité des toxines elles-mêmes, indispensables pour la validation finale des anti-corps. Les ASP, comme les DSP ou PSP, sont antigéniques (reconnaissables par des anticorps) mais ne sont pas immunogéniques (ne peuvent induire la fabrication d'anticorps). Il est donc nécessaire de synthétiser des haptènes qui seront ensuite greffés sur une protéine porteuse, puis injectés à un animal qui produira les anticorps. La synthèse des haptènes exige un travail long et important en synthèse organique. Les premiers anti-corps ne seront testés qu'au cours de la troisième année de thèse.	
Projet demandé au titre des priorités régionales → Projet en lien avec le développement économique et social : → Grand projet : Si oui, nom du Grand Projet : Eau et développement durable → Equipe ayant obtenu la coordination d'un contrat européen : Si oui, lequel : → Chercheurs nouvellement installés en Aquitaine :	Oui ☒ Non ☐ Oui ☒ Non ☐ Oui ☒ Non ☐ Oui ☐ Non ☒ Oui ☐ Non ☒

Allocations : ☐ de thèse ☒ post-doctorale	
Financement : ☒ Financement 100.% Région Aquitaine (24 mois) - Cofinancement Région Aquitaine – EPST – EPIC si oui, lequel : - Cofinancement Région Aquitaine – entreprise si oui, laquelle :	
Etablissement d'accueil : Université Victor Segalen/Bordeaux2 Nom du tuteur : Daniel MOYNET Nom et adresse du laboratoire d'accueil : Immunologie/Parasitologie EA 3677 (Bases Thérapeutiques des Inflammations et Infections) Nom du Directeur du laboratoire : Djavad MOSSALAYI Téléphone : 05 57 57 10 88 Fax : 05 57 57 12 10 Email : daniel.moynet@u-bordeaux2.fr	
Titre du sujet : Mise au point de tests immunochimiques indirects : application au capteur à ondes acoustiques dédié à la détection de phycotoxines	
Descriptif synthétique (maximum 10 lignes) : Nous allons étudier la faisabilité de la détection d'une toxine d'origine bactérienne en milieu marin en utilisant une toxoïde. Ces molécules sont des protéines de grande taille (150kDa) et donc devraient être facilement détectables directement en eau douce puis en eau de mer. La deuxième phase sera la mise au point d'une méthode indirecte de détection de molécules de petite taille en utilisant comme cible une poly Histidine. Nous allons greffer un anticorps anti polyHis sur le capteur (bras de couplage réalisé au laboratoire ISM) puis ajouter le polyHis (taille trop faible pour une détection directe) puis injecter une protéine de haut poids moléculaire contenant une queue polyHis. Si les sites des anticorps anti polyHis sont saturés cette protéine ne sera pas retenue, au contraire s'il reste des sites libres la protéine se fixera et entraînera une chute de fréquence. Nous réaliserons ces tests en eau salée en utilisant le protocole mis au point dans la première phase. Ces travaux sur deux ans constituent un préalable à la détection de phycotoxines.	
Projet demandé au titre des priorités régionales → Projet en lien avec le développement économique et social : → Grand projet : Si oui, nom du Grand Projet : Eau et développement durable → Equipe ayant obtenu la coordination d'un contrat européen : Si oui, lequel : → Chercheurs nouvellement installés en Aquitaine :	Oui ☒ Non ☐ Oui ☒ Non ☐ Oui ☒ Non ☐ Oui ☐ Non ☒ Oui ☐ Non ☒

APPEL A PROJETS 2007

COMPETENCES DES EQUIPES INTERVENANT DANS LE PROJET DE RECHERCHE

➤ I – Personnels impliqués dans le projet par laboratoire

Il vous est demandé de fournir le nom, la qualification (enseignant-chercheur, chercheur, doctorant, ingénieur, technicien, administratif,...), et le courrier électronique de chaque membre prenant part au projet de recherche, en classant par laboratoires et équipes de recherche, ainsi que le taux de participation de chaque laboratoire partenaire.

VOLET [Microcapteurs]	
IMS - Laboratoire d'Intégration du Matériau au Système – UMR 5218 CNRS	%
• Dominique REBIERE, Professeur, dominique.rebiere@ims-bordeaux.fr	20
• Corinne DEJOURS, Maître de Conférences, corinne.dejous@ims-bordeaux.fr	30
• Céline ZIMMERMANN, Maître de Conférences, celine.zimmermann@ims-bordeaux.fr	20
• Jacques PISTRE, Professeur, jacques.pistre.@ims-bordeaux.fr	10
• Jean-luc LACHAUD, Assistant Ingénieur CNRS, jean-luc.lachaud@ims-bordeaux.fr	30
• Serge DESTOR, Technicien, serge.destor@ims-bordeaux.fr	10
• Thèse demandée	100
ISM, Institut des Sciences Moléculaires - UMR 5255 CNRS	
• Bennetau Bernard, Directeur de recherche CNRS, b.bennetau@ism.u-bordeaux1.fr	20
• Degueil Marie, Chargé de recherches CNRS, m.degueil@ism.u-bordeaux1.fr	20
• Vellutini Luc, Maître de conférences Univ. Bx1, l.vellutini@ism.u-bordeaux1.fr	30
• Pillot Jean-Paul, Ingénieur de recherche CNRS, j-p.pillot@ism.u-bordeaux1.fr	20
• Thomas Laurent, technicien, l.thomas@ism.u-bordeaux1.fr	20
• Thèse demandée	100
LIP - Laboratoire d'Immunologie et Parasitologie (EA 3677-Université Victor Segalen Bx 2)	
• Daniel Moynet, Maître de Conférences, daniel.moynet@immol.u-bordeaux2.fr	40
• Djavad Mossalayi, Professeur, djavad.mossalayi@imparph.u-bordeaux2.fr	10
• Post doc demandé	100

🔧 Moyens de recherche des équipes participantes

EQUIPEMENTS	EQUIPE RESPONSABLE
Centrale de technologies hybrides couches épaisses	IMS
Chaîne pilote de montage en surface	IMS
Plateforme d'analyse technologique de composants	IMS
Banc de test sans contact par faisceau laser	IMS
Stations de pulvérisation cathodique et d'évaporation	IMS
4 Bancs de caractérisation électrique RF et HF	IMS
1 Banc d'extraction de paramètres électriques sous pointe	IMS
Equipements microtechnologies	IMS
1 Générateur de vapeurs contrôlées par tubes à perméation	IMS
Générateur de vapeurs contrôlées	IMS

RMN, Multi Noyaux (200-250-400 MHz)	ISM
Spectroscopie Infra-Rouge (films minces, surfaces)	ISM
GC, GC-MS, MS, HPLC (analytique et semi-préparative)	ISM
Ellipsomètre	ISM
Cartographie Raman	ISM
Spectromètre de fluorescence	ISM
Microscopie à force atomique (AFM)	ISM
Autoclave	LIP
6 Postes de sécurité (3 microbiologie, 2 cellules, 1 parasites)	LIP
4 Incubateurs bactéries	LIP
3 Congélateurs -80°C	LIP
2 Incubateurs agités	LIP
Incubateurs cellules	LIP
PCR Quantitative	LIP
Cymomètre en Flux (FACS)	LIP
Analyseur d'images	LIP
Photo microscopes	LIP
Centrifugeuses haute vitesse	LIP
Centrifugeuses basse vitesse	LIP
Spectrophotomètre UV/Visible	LIP
Lecteur ELISA	LIP

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

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.

- **Modification chimique de surface: synthèse de nouveaux agents de couplage siliciés pour l'immobilisation d'anti-corps, DINH Duy Haï (thèse en cours – soutenance prévue 12-2007), Directeurs de Thèse : Jean-Paul PILLOT (ISM) & Corinne DEJOURS (IMS) financement sur fonds propres laboratoires IMS & ISM**
- **Modification chimique de surface pour le dépôt d'ADN et l'étude dynamique par AFM, MARTIN Pascal 2004, Directeur de Thèse: Bernard BENNETAU (Directeur de Recherche, ISM)**
- **Etude et Réalisation d'un système biocapteur à ondes de Love : application à la détection de toxines, de virus ou de bactéries, Nicolas Moll (thèse en cours, soutenance prévue début 2007), Directeurs de thèse Jacques PISTRE (Professeur, IMS), Corinne DEJOURS (Maître de Conférences, IMS), financement DGA**

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	17 dont 3 Communes
Communications	44 dont 8 Communes
Conférences - invités	6
Brevets	4 dont 1 commun
TOTAL	71

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

1 - Livres ou revues

1. L. FADEL, C. ZIMMERMANN, I. DUFOUR, C. DEJOURS, D. REBIERE, J. PISTRE, "Coupled determination of gravimetric and elastic effects on two resonant chemical sensors: Love wave and microcantilever platforms", *IEEE Transaction on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, vol. 52, n°2, pp. 297-303, 2005
2. F. RAZAN, C. ZIMMERMANN, D. REBIERE, C. DEJOURS, J. PISTRE, M. DESTARAC, B. PAVAGEAU, "Radio frequency thin film characterization with polymer-coated Love-wave sensor", *Sensors and Actuators B*, vol. 108, pp 917-924, 2005
3. C. ZIMMERMANN, P. MAZEIN, D. REBIERE, C. DEJOURS, J. PISTRE, R. PLANADE, "Detection of GB and DMMP vapors by Love-Wave acoustic sensors using strong acidic fluoride polymers", *IEEE Sensors Journal*, vol. 4, n° 4, pp479-488, 2004
4. N. MOLL, E. PASCAL, DH. DINH, JP. PILLOT, B. BENNETAU, D. REBIERE, D. MOYNET, Y. MAS, D. MOSSALAYI, J. PISTRE, C. DEJOURS, "A Love Wave Immunosensor For Whole E. coli Bacteria Detection Using An Innovative Two Steps Immobilisation Approach", *Biosensors and Bioelectronics*, , 2006
5. **Pillot J-P.**, Birot M., Tran T. T .T., Dao T. M., Belin C., Desbat B., Lazare S.. Grafted Self-Assembled Monolayers Derived from Naturally Occurring Phenolic Lipids, *Langmuir*, 2005 21 3338.
6. Choplin F., Navarre S., Bousbaa J., Babin P., **Bennetau B.**, Bruneel J-L., Desbat B. Structural Characterization of Self-Assembled Monolayers by Unenhanced Raman Spectroscopy. *Journal of Raman Spectroscopy* 2003, 34, 40-45.
7. Martin P., Marsaudon S., Aimé J.-P., **Bennetau B.** Experimental determination of conservative and dissipative parts in tapping mode on grafted organic layer: comparison with frequency modulation data. *Nanotechnology* 2005, 16, 901–907
8. Martin P., Marsaudon S., Thomas L., Desbat B., Aimé J.-P., **Bennetau B.** Liquid Mechanical behaviour of Mixed Monolayers of Amino- and Alkyl Silanes for DNA Deposition. *Langmuir* 2005, 21, 6934-6943.

2 - Communications et conférences se rapportant au projet de Recherche

1. **DH. DINH, JP. PILLOT, B. BENNETAU, L. VELLUTINI, C. DEJOURS, N. MOLL, E. PASCAL**, "Nouveaux films moléculaires sensibles pour l'élaboration d'un microsystème de détection rapide de biomolécules", *SAJEC 2006*, Balaruc-les-Bains (F), 16-18 octobre 2006
2. **DH. DINH, E. PASCAL, B. BENNETAU, JP. PILLOT, L. VELLUTINI, C. DEJOURS, D. REBIÈRE, D. MOYNET**, « Nouveaux films moléculaires possédant des fonctions époxyde : application aux biocapteurs à ondes de Love », *Matériaux 2006*, Dijon (F), 13-17 novembre 2006.
3. N. MOLL, E. PASCAL, **DH. DINH, JP. PILLOT, D. REBIERE, D. MOYNET, J. PISTRE, B. BENNETAU, C. DEJOURS**, "An Innovative Sensing Method For Rapid Detection Of Whole Bacteria With Love Acoustic Wave Biosensors", *11th International Meeting on Chemical Sensors*, Brescia (Italie), 17-19 July 2006
4. N. MOLL, E. PASCAL, **L. VELLUTINI, DH. DINH, JP. PILLOT, D. REBIERE, D. MOYNET, B. BENNETAU, C. DEJOURS**, "Détection Rapide de Bactéries Vivantes par Immunocapteur à Ondes Acoustiques de Love", *5èmes Journées Maghreb-Europe, Les Matériaux et leurs Applications aux Dispositifs et Capteurs*, Mahdia (Tunisie), 30 octobre-1er novembre 2006
5. N. MOLL, **DH. DINH, E. PASCAL, C. DEJOURS, JP. PILLOT, B. BENNETAU, D. REBIERE, D. MOYNET, Y. MAS, J. PISTRE**, "Enhancement of antibody binding on SiO₂ Love wave sensor surface using (3-glycidioxypropyl)trimethoxysilane", *Material Research Society (MRS) Spring Meeting 2006*, San Francisco, 17-21 Avril 2006, 915; pp23-29
6. N. MOLL, E. PASCAL, **DH. DINH, JP. PILLOT, D. REBIERE, D. MOYNET, J. PISTRE, B. BENNETAU, C. DEJOURS**, "Whole Bacteria Detection Using Love Wave Immunosensors", *Biosensors*

2006, Toronto, Canada, 10-12 Mai 2006

7. N. MOLL, C. DEJOURS, JL. LACHAUD, D. REBIERE, E. PASCAL, D. MOYNET, L. VELLUTINI, DH. DINH, JP. PILLOT, B. BENNETAU, Y. MAS, "Whole Bacteria Detection with Guided Shear Horizontal Surface Acoustic Immunosensing Platform", *3as Jornadas de Encuentro Hispano Frances - Micro y Nano Tecnologia*, San Sebastian (E), 9-10 novembre 2006
8. V. RAIMBAULT, D. REBIERE, C. DEJOURS, M. GUIRARDEL, V. CONEDERA, "Acoustic Love wave platform with PDMS microfluidic chip", *20th Eurosensors Conference*, Göteborg, Sweden, September 17-20, 2006, T3B-P2
9. V. RAIMBAULT, D. REBIERE, C. DEJOURS, "Plateforme à Ondes Acoustiques de Surface Couplée à une Puce Microfluidique PDMS : Application à la Mesure de Fortes Viscosités", *5èmes Journées Maghreb-Europe, Les Matériaux et leurs Applications aux Dispositifs et Capteurs*, Mahdia (Tunisie), 30 octobre-1er novembre 2006
10. C. ZIMMERMANN, I. DUFOUR, C. DEJOURS, D. REBIERE, J. PISTRE, "Electronique de conditionnement des microsystèmes résonants, étude de cas : ondes acoustiques et micropoutres", *XXXVème Journée CMC2, 'Interfaces de mesure et traitement des données pour les microcapteurs chimiques'*, Toulouse, 18 mai 2006
11. N. MOLL, E. PASCAL, C. DEJOURS, C. ZIMMERMANN, D. REBIERE, D. MOYNET, DH. DINH, JP. PILLOT, B. BENNETAU, J. PISTRE, "Comparison of different methods to bind antibodies for biological detection using Love Wave sensors", *Eurosensors XIX*, Barcelona (E), 11-14 sept. 2005, vol. 2, WB9
12. N. MOLL, C. DEJOURS, D. REBIERE, C. ZIMMERMANN, J. PISTRE, "Détection d'espèces biologiques en milieu liquide", *JNRDM 2005*, Paris, 10-12 mai 2005, pp91-93
13. N. MOLL, C. DEJOURS, D. REBIERE, C. ZIMMERMANN, J. PISTRE, D. MOYNET, E. PASCAL, "Etude et réalisation d'un système biocapteurs à ondes de Love, application à la détection de toxines, de virus ou de bactéries", *Doctoriales U. Paris 6, Ecole Polytechnique, DGA*, Fréjus, 12-18 juin 2005
14. C. DEJOURS, D. REBIERE, J. PISTRE, "SH-Surface Acoustic Wave Biosensors for Real Time Immunodetection", *BIOTEC'2004*, Oviedo (E), 19-23 juillet 2004
15. N. MOLL, C. DEJOURS, D. REBIERE, J. PISTRE, R. PLANADE, "An improved Love-wave oscillator for low concentration chemical sensing application", *DCIS 2004*, Bordeaux, France, 2004, pp 276-280
16. N. MOLL, C. DEJOURS, D. REBIERE, C. ZIMMERMANN, J. PISTRE, "Antibody detection using an ultra stable Love wave sensor", *2èmes Journées Franco-Espagnoles CMC2-IBERNAM, Microsystèmes de détection chimique*, ESTIA, Bidart, France, 18-19 novembre 2004
17. C. ZIMMERMANN, P. MAZEIN, D. REBIERE, C. DEJOURS, F. JOSSE, J. PISTRE, "A Theoretical Study of Love Wave Sensors Mass Loading and Viscoelastic Sensitivity in Gas and Liquid Environments", *IEEE International Ultrasonics Conference*, Montréal, Canada, 24-27 août 2004,
18. Martin P., Marsaudon S., Bennetau B., Aimé J-P. Imaging DNA mechanical properties in Tapping: strategies and results. Workshop on advanced dynamic AFM method, Madrid 2004
19. Martin P., Marsaudon S., Bennetau B., Aimé J-P. Propriétés de molécules d'ADN insérées dans une monocouche greffées. Forum de microscopie à champ proche, Anglet 2005.

3 - Brevets

1. Bennetau B., Bousbaa J., Choplin F.. Composés organosiliciés et leur utilisation, leur procédé de préparation et leurs utilisations; WO0153303, 2001, CNRS.
2. Bennetau B., Bousbaa J., Choplin F., Cloarec JP., Martin JR., Souteyrand E.. Procédés de synthèse et d'immobilisation d'acides nucléiques sur un support silanisé; WO0153523, 2001, CNRS.
3. Bennetau B., Tran L. Nouveau système microfluidique et procédé de capture de cellules. Demande de brevet Français FR0407722, 3 juillet 2004; CNRS/ENS Cachan/Université Bordeaux I.
4. D. MONIN, M. DESTARAC, C. DEJOURS, D. REBIERE, F. RAZAN, "Procédé de détermination de la variation de masse d'un système chimique, procédé de criblage comprenant un tel procédé de détermination et installation correspondante", 2005, 05 06466, P05034
5. Y. MAS, D. MOYNET, D. REBIERE, C. DEJOURS, C. ZIMMERMANN, B. BENNETAU, JP. PILLOT, "Système de surveillance autonome, en continu et in situ de la qualité d'une eau", 2006, 2 878 622, 04 12561

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

Prière de fournir un tableau avec le nom du projet et du porteur, l'année d'obtention, le montant et la durée

Projet	Porteur	Année	Montant	Durée
Réalisation d'un immunocapteur à ondes de Love pour la détection rapide de bactéries dans les eaux de baignade – Porteur de projet Yan Mas - Société AGUR IXL (futur IMS), LCOO (futur ISM), LIP - Projet Transfert de Technologie	Dominique Rebière	2006	641,6 kE	2 ans
Microsystèmes de Détection pour la chimie haut-débit Rhodia CNRS Laboratoire du Futur- Partenaires : LAAS Toulouse, IXL (IMS), Action Interrégionale Midi-Pyrénées & Aquitaine – Recherche - Transfert de Technologie	Arash Dodge	2006	1 078,7 kE	2 ans

Volet Microcapteurs

A. MOTS CLES (Tout ce qui peut aider à préciser le domaine de recherche du projet présenté)

Microsystèmes de détection chimique / Capteurs à ondes acoustiques / Immunocapteur / Antigènes/Anticorps / Anticorps monoclonaux / Synthèse organique / Haptènes / Fonctionnalisation de surface / Agents de couplage silylés / Détection phycotoxines

B. EQUIPES FRANCAISES TRAVAILLANT SUR LE SUJET OU SUR DES THEMATIQUES SEMBLABLES.

Donner au moins deux noms avec adresse, téléphone, courrier électronique, etc. Ceci afin de pouvoir contacter ces personnes pour une aide éventuelle à la désignation d'experts.

Etablissement	Intitulé de l'équipe	Nom, prénom et coordonnées
Laboratoire des Sciences Analytiques Université Claude Bernard-Lyon1 Bat. Raulin 5e étage UMR CNRS 5180 69622 VILLEURBANNE Cedex	Equipe SEPSYS	Nicole Jaffrezic-Renault, Directeur de Recherche CNRS Tél. (33)(0)4 72 43 11 82 e-mail: nicole.jaffrezic@univ-lyon1.fr
Laboratoire Interfaces et Systèmes Electrochimiques (LISE) - Case 133 4, place Jussieu UPR 15 CNRS 75252 Paris cedex 05	Biocapteurs à transducteur piézoélectrique	Hubert Perrot Directeur de Recherche Tél : 01 44 27 72 16 perrot@ccr.jussieu.fr
LAAS CNRS UPR 8001 CNRS 7 avenue du Colonel Roche - 31077 Toulouse Cedex 4	Microdispositifs et Microsystèmes de Détection	Pierre Temple-Boyer Chargé de recherche Tél :05 61 33 69 54 temple@laas.fr
Laboratoire d'Electronique Optoélectronique et Microsystème Ecole Centrale de Lyon UMR CNRS 5512 69134 Ecully Cedex	NanoBiotechnologies	Eliane Souteyrand Directeur de Recherche Tél : 04 72 18 62 35 Eliane.Souteyrand@ec-lyon.fr

C. EQUIPES ETRANGERES TRAVAILLANT SUR LE SUJET OU SUR DES THEMATIQUES SEMBLABLES

Etablissement	Intitulé de l'équipe	Nom, prénom et coordonnées
Investigator científico (directeur de Recherche) Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB) Campus UAB □08193 Cerdanyola del Vallès (Bellaterra) Barcelona Espagne	Centro Nacional de Microelectrónica (CNM)	Carle Cané Tel.: +34 93 5947700 Fax: +34 93 5801496 Carles.Cane@cnm.es
Marquette University Haggerty Hall 289D Milwaukee, Wisconsin USA	Microsensors Research Laboratory Electrical and Computer Engineering	Fabien Josse Phone: (414) 288-6789 Fax: (414) 288-5579 fabien.josse@marquette.edu