

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT
ET DE
L'AMENAGEMENT LITTORAL

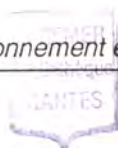
RAPPORT D'ACTIVITES 1997

DEPARTEMENTS & SERVICE



FICHE DOCUMENTAIRE

Numéro d'identification du rapport : DEL/REA/R.INT.DEL/98.09/NANTES		date de publication Juillet 1998
Diffusion : libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/>		nombre de pages 157
Validé par : Adresse électronique : - chemin UNIX : - adresse WWW :		bibliographie: Oui illustration(s): Oui langue du rapport: Français
Titre et sous-titre du rapport : Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral RAPPORT D'ACTIVITE 1997 DES DEPARTEMENTS & SERVICE.		
Auteur(s) principal(aux) : nom, prénom Coordination - composition - édition: Robert POGGI	Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER Direction de l'Environnement et de L'Aménagement Littoral	
Collaborateur(s) : nom, prénom Coordination - secrétariat: Francine BOCQUENE	Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER Direction de l'Environnement et de L'Aménagement Littoral	
Cadre de la recherche : Programme : Convention : Projet : Autres (préciser) : Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire)		
Résumé : Compilation des rapports d'activités pour l'année 1997 des Départements thématiques et Service de la Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral.		
Abstract :		
Mots-clés : Rapport d'activités, polluants chimiques, microbiologie, phycotoxines, écologie côtière, modélisation, gestion de bases de données.		



Rapport d'activités 1997

Départements et Service

Sommaire

Avant-propos

Département Polluants Chimiques	1
Département Microbiologie Phycotoxines	25
Département Ecologie Côtière	62
Service Applications Opérationnelles	92

Contenu (par unités):

Bilan et faits marquants de l'année

1. Introduction

2. Effectifs

3. Budget annuel

4. Programmes et projets

5. Communication et valorisation

6. Formation et enseignement

7. Campagnes à la mer

8. Perspectives

Annexes

Avant-Propos

Créée au début de la décennie 1990, la Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral a été réorganisée en 1997 pour répondre aux objectifs principaux suivants:

- accroître la présence, l'action et l'image de l'Iframer dans le domaine "opérationnel", c'est à dire l'impact de nos activités dans les politiques de contrôle et de surveillance de la qualité du milieu marin littoral, d'aménagement côtier et de gestion / préservation du milieu;
- fournir aux acteurs socio-économiques une meilleure perception des compétences disponibles à cette fin, au travers d'une structure qui traduit de façon plus claire à la fois les finalités et les métiers présents dans cette Direction;
- faciliter les approches multidisciplinaires par la constitution d'équipes ayant la masse critique vis à vis de projets ou d'objectifs scientifiques ambitieux;
- identifier et séparer les missions principales dévolues à chaque entité, afin que les métiers et leurs critères d'évaluation puissent être clairement affichés et compris: Recherche, Développement, Exploitation.

Pour ce faire, les laboratoires de recherche ont été regroupés en trois départements thématiques: **Polluants Chimiques, Microbiologie et Phycotoxines, Ecologie Côtière**, ce qui autorise une approche intégratrice par *projet* au sein des *thèmes fédérateurs* de l'Iframer et facilite les choix cohérents et la mise en oeuvre d'une politique de transfert des résultats de la recherche tant en interne qu'en externe, notamment vers les instances réglementaires nationales et européennes. De même, la création d'un Service des **Applications Opérationnelles** permet, entre autres, d'assister les **Laboratoires Côtiers** dans la maîtrise d'outils (bases de données; modèles hydrodynamiques; systèmes d'information géographiques; etc;) indispensables à la mission d'avis, dans la perspective d'une plus large implication de la DEL dans la gestion de la bande côtière.

DEL	2490
DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'AMENAGEMENT LITTORAL	
Paris (3), Brest (7), Nantes (6) B. BARNOUIN, P. CHARDY	
ADMINISTRATION, GESTION, CHs. MISSION	

**ORGANIGRAMME
SIMPLIFIE**

Brest (1) **DOCUMENTATION**

Nantes (2) **Cellule Assurance
Qualité - J.P. BERTHOME**

LABORATOIRES CÔTIERS

DEL/EC	2431
DEPARTEMENT ECOLOGIE CÔTIÈRE	
Brest (35) A. MENESGUEN	

DEL/MP	5441
DEPARTEMENT MICROBIOLOGIE & PHYCOTOXINES	
Nantes, Brest (25) P. LASSUS	

DEL/PC	5440
DEPARTEMENT POLLUANTS CHIMIQUES	
Nantes, Brest, Toulon (31) C. ALZIEU	

DEL/AO	2433
SERVICE APPLICATIONS OPERATIONNELLES	
Brest, Nantes (16) J.C. SALOMON	

DEL/CR	2450
CELLULE ETUDES & EXPERTISES REGIONALES	
Brest (9) J.L. MAUVAIS	

BOULOGNE	(8)	DEL/BL
M. MOREL		6581

PT EN BESSIN	(9)	DEL/PB
H. JEANNERET		6582

SAINT MALO	(7)	DEL/SM
P. LE MAO		2586

CONCARNEAU	(9)	DEL/CC
G. PICLET		2585

LA TRINITE	(8)	DEL/TN
G. DE KERGARIOU		2584

NANTES	(10)	DEL/NT
H. GROSSEL		5582

LA ROCHELLE	(7)	DEL/LR
G. THOMAS		5585

LA TREMBLADE	(7)	DEL/LT
D. MASSON		5586

ARCACHON	(13)	DEL/AR
J.P. DRENO		5587

SETE	(13)	DEL/ST
J.C. SAUVAGNARGUES		3581

TOULON	(11)	DEL/TL
D. SAUZADE		3583

CORSE	(3)	DEL/CO
J.P. ANGELI		3514

DEPARTEMENT
"POLLUANTS CHIMIQUES"

DEL / PC

Sommaire

	Page
Bilan et faits marquants de l'année	2
<hr/>	
1. Introduction	3
<hr/>	
2. Effectifs	4
<hr/>	
3. Budget annuel	6
<hr/>	
4. Programmes et projets	7
<hr/>	
5. Communication et valorisation	17
5.1. Rapports et publications	17
5.2. Autres médias ou actions de communication et de vulgarisation scientifique	17
<hr/>	
6. Formation et enseignement	18
6.1. Formation donnée	18
6.2. Encadrement	19
6.3. Jury de thèse	20
6.4. Formation reçue	21
<hr/>	
7. Campagnes à la mer	22
<hr/>	
8. Perspectives	23
<hr/>	
Annexes	24

Bilan et faits marquants de l'année

Le département "Polluants Chimiques" a été créé en mars 1997 à partir de la réunion des laboratoires thématiques "Chimie des Contaminants et Modélisation" (amputé de la compétence en hydrosédimentaire) et "Ecotoxicologie". Le département a dans un premier temps défini sa démarche scientifique (voir § introduction) sur la base des acquis des deux laboratoires fondateurs, puis organisé sa programmation en fonction des orientations des thèmes fédérateurs Ifremer. Deux domaines d'activité ont été retenus, d'une part les recherches récurrentes qui rassemblent l'ensemble des actions d'acquisition de connaissances nécessaires au développement des compétences en biogéochimie et écotoxicologie, d'autre part les projets qui mettent en oeuvre ces compétences pour la réalisation d'objectifs finalisés. Quatre programmes ont été définis : Spéciation, Biodisponibilité, Toxicité (Daniel Cossa); Cycle et Modélisation des Contaminants (Jean-Louis Gonzalez); Effets Biologiques (Françoise Vincent); Analyse des risques environnementaux (Françoise Quiniou).

Sur le plan scientifique les résultats marquants ont été obtenus en grande partie par le projet Seine-Aval, dans lequel sont impliqués la quasi totalité des chercheurs du Département et qui concrétise sa démarche scientifique. On retiendra plus particulièrement :

- les premières simulations validées de la distribution du cadmium en estuaire de Seine à partir du modèle MOCO développé au département,
- la mise en évidence du rôle de la fraction colloïdale dans le transport des contaminants métalliques et organiques,
- la validation de la démarche épidémiologique qui a permis de faire apparaître in situ l'existence de relations potentielles entre la présence de HAP dans les sédiments, leur caractère mutagène, la mise en évidence d'adduits à l'ADN et le développement de pathologies cancéreuses (néoplasies) chez le flet.

La compétence du département en matière de biogéochimie et de spéciation du mercure, lui a permis d'être associé à une étude financée par l'Union européenne (CUULONG) et relative à l'évaluation des sources de contaminants dans le Delta du Mékong et une étude pour la compagnie TOTAL-Thaïlande sur le mercure dans les champs gaziers du Golfe de Thaïlande. Compte tenu de la contribution de ces sources au bilan global du mercure, ces recherches nouvelles sont appelées à se développer.

En ce qui concerne les produits phytosanitaires, les recherches engagées depuis 1990 ont abouti à mettre en évidence le caractère ubiquiste de la contamination des eaux littorales par les triazines. Avec l'évaluation des apports fluviaux bruts de la Loire, entrepris en fin d'année 1997, on disposera alors de données spatio-temporelles pour les grands bassins versants des trois façades maritimes.

Le bilan 1997 de la contamination des eaux côtières par les composés organostanniques montre que les niveaux n'ont pas évolué de manière sensible par rapport au précédent bilan réalisé en 1992 et demeurent donc préoccupants.

Des difficultés opérationnelles imprévisibles n'ont pas permis de mener à bien certains travaux. Il en est ainsi de l'étude des pollutions sur les pentes et talus continental en Méditerranée, qui n'a pu être achevée en raison d'une défaillance du N/O au moment de l'embarquement.

De plus, l'insuffisance de chercheurs en biogéochimie des contaminants organiques et de techniciens en écotoxicologie ne permet pas de prendre en compte, aussi bien la demande de recherche extérieure que celle émanant des laboratoires côtiers de la DEL.

1. Introduction

L'activité du département "Pollutions Chimiques" s'inscrit dans le thème 2 - comportement des polluants, programme 2, "contamination chimique", lui même structuré en quatre sous programmes :

1. devenir des contaminants métalliques et organiques,
2. détermination des flux, en milieu estuarien et côtier,
3. étude des effets à court et long terme sur les organismes vivants,
4. évaluation des risques que présentent les polluants chimiques pour l'environnement et le consommateur.

Dans le domaine de la surveillance, le département apporte son concours au thème 3 - Observation et surveillance de la mer côtière, programme 1 -surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin.

La thématique de recherche qui lui est confiée concerne l'étude et la modélisation du comportement biogéochimique des polluants chimiques (métalliques et organiques), y compris leur devenir dans le réseau trophique, ainsi que l'évaluation et la prévision de leurs effets à court et long terme sur les organismes vivants. Les finalités majeures visent à :

- acquérir les connaissances et les moyens nécessaires pour déterminer les risques acceptables, pour l'environnement et les consommateurs de produits marins, liés à la présence de contaminants chimiques dans l'environnement côtier,
- développer les méthodes spécifiques d'identification et de spéciation des polluants, et rechercher des biomarqueurs d'exposition et d'effets, en vue de leur transfert aux programmes de surveillance (RNO).

La démarche scientifique adoptée par le département, consiste à intégrer les actions de recherche qui concourent à la compréhension du devenir des contaminants, et celles qui visent à connaître les mécanismes de toxicité et de résistance des organismes vivants. Cette approche pluridisciplinaire privilégie la recherche de corrélations entre niveaux d'exposition, formes chimiques des contaminants (spéciation), biodisponibilité et effets biologiques, à partir d'expérimentations en laboratoire, de l'élaboration de modèles (expérimentaux et mathématiques) de comportement et d'études d'épidémiologie environnementale réalisées lors de campagnes océanographiques.

En biogéochimie, l'étude des équilibres et des mécanismes réactionnels (variables clés, cinétiques) qui conditionnent le devenir des contaminants dans les différents compartiments de l'environnement (sédiments, eaux, biota, atmosphère) est d'abord entreprise expérimentalement au laboratoire. Les données obtenues sont ensuite utilisées pour élaborer ou affiner les modèles mathématiques de comportement des polluants. De la même manière, en écotoxicologie, les manipulations réalisées *in vitro* visent à la mise au point d'indicateurs d'effets aux niveaux d'organisations moléculaires, cellulaires et fonctionnels. Il est envisagé que des modèles biologiques, mollusques et/ou poissons, soient développés pour établir les corrélations entre les données toxicologiques et épidémiologiques (pathologies induites par les polluants - surveillance des effets biologiques). L'intégration des recherches en biogéochimie des polluants et écotoxicologie, se fait à partir de projets dans lesquels les deux disciplines travaillent, en commun et avec leurs outils respectifs, sur une même problématique, concernant un même type de polluant et une zone géographique expérimentale commune.

2. Effectifs

NANTES

Directeur du Département	Claude Alzieu
Secrétariat	Marie-Josèphe Thébaud
Gestion	Joëlle Guillard (0,8) Dominique Auger (T) Bernard Averty (T) Gilles Bocquéné (C) Bernard Boutier (C) Thierry Burgeot (C) Emmanuelle Chartier (T) Jean-François Chiffolleau (C) Daniel Cossa (C) Sylvette Crochet (T) François Galgani (C) Edouard His (C) <i>Arcachon</i> Manuelle Maurice (C) Pierre Michel (C) Karine Moisan (T) Jane Sanjuan-Bretauudeau (T) Jacek Tronczynski (C) Isabelle Truquet (T) Françoise Vincent (C)
Coordonnateur du réseau RNO	Didier Claisse (C)
Doctorants	Farida Akcha Jérôme Cachot
CDD (Surcroît d'activité)	Catherine Munschy (01/01/97 au 31/01/98) Bruno Bombled (01/11/97 au 31/12/97)
CDD (Congés sabbatique J. Sanjuan)	Bruno Bombled (01/01/97 au 31/09/97)

TOULON

Secrétariat

Danielle L'Hostis

Olivier Arnal (C)

Jean-Louis Gonzalez (C)

Louis-Alexandre Romaña (C)

Bénédicte Thouvenin (C-0,8)

Corinne Tomasino (T-0,8)

Doctorante

Catherine Dange

CDD

(Congés sabbatique B. Thouvenin)

Annie Fiandrino (C) 10/10/97

BREST

Secrétariat

Joëlle Le Quellec

Herlé Goraguer (T)

Françoise Quiniou (C-0,8)

France Toularastel (C-0,5)

CDD

(Surcroît d'activité)

Muriel Segalen (1 mois)

3. Budget annuel

BUDGET GLOBAL DU DEPARTEMENT – 1997 :

◆ Fonctionnement (KF)	1 558
◆ Investissement (KF)	1 485
◆ Personnel (KF)	12 271
Total général	15 314

Le département a, au cours de l'exercice 1997, réalisé plusieurs programmes avec le concours financier :

- de l'Union Européenne DGXII (FAME)
- du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement,
- des Agence de l'Eau Loire Bretagne et Seine Normandie,
- des Régions Aquitaine, Poitou Charente, Haute Normandie et du plan interrégional du Bassin Parisien,
- de la société TOTAL,

ce qui a permis de réaliser des recettes propres d'un montant de (KF) : **5 254.**

Il a de plus contribué aux programmes d'autres unités (IGA) et au projet européen CAMELLIA coordonné par la DITI.

4. Programmes et projets

A – Modélisation des écosystèmes côtiers

A1 – Fonctionnement des écosystèmes naturels et perturbés

A110 – Chantiers majeurs (PNOC)

Chantiers Atlantique – PNOC (A1101, responsable : Bernard Boutier)

La phase II du chantier Atlantique du PNOC a débuté en 1997 par une série de campagnes visant à étudier la variabilité saisonnière des apports de la Gironde et de leur comportement sur le plateau continental. Cette variabilité n'avait jusqu'à présent pas été étudiée, et son influence a été évoquée pour expliquer les concentrations en cadmium dissous particulièrement basses (10 ng/l), compte tenu de la salinité (33,5), observées sur le plateau continental aquitain lors de la campagne BIOMET 1.

Les campagnes FLUGIR I, II et III se sont déroulées sur le N.O. Thalia en février, mai et septembre 1997. Les résultats mettent en évidence l'existence d'une variabilité importante des concentrations estuariennes en cadmium dissous pour une salinité donnée, et donc de l'extrapolation à salinité nulle des droites de dilution du cadmium dans l'estuaire (voir figure 1). Malgré cette variabilité, les flux de cadmium, calculés en multipliant les valeurs obtenues par les débits fluviaux, varient peu d'une campagne à l'autre : soit respectivement 0,18; 0,20 et 0,16 gramme par seconde. Les comportements du cadmium dissous observés lors de chaque campagne sont très comparables et très proches de la conservativité, alors que les phosphates, conservatifs en hiver, subissent un enlèvement marqué dans les échantillons superficiels du plateau continental en mai et octobre.

Concernant l'arsenic, les trois campagnes FLUGIR ont également mis en évidence la variabilité saisonnière des apports par la Gironde. Sa dilution est toujours conservative dans la gamme de salinité comprise entre 20 et 30 (et même 35 en hiver). L'extrapolation de la droite de dilution jusqu'aux salinités nulles permet d'exprimer des concentrations théoriques en eau douce de 31 nM en février, 44 nM en mai et 68 nM en octobre. Ces concentrations sont cohérentes avec celles constatées au cours des campagnes précédentes. Elles seront mises en relation avec les débits hydriques pour calculer les flux correspondants. Dans le panache de dilution des eaux girondines sur le plateau continental, on constate un déficit des concentrations en arsenic pour les campagnes de mai et octobre, traduisant la consommation par le phytoplancton. Ce déficit n'est pas perceptible en période hivernale. Les corrélations arsenic/phosphate en phase dissoute et arsenic/fer en phase particulaire sont encore très caractéristiques du cycle de cet élément en zone côtière.

B – Comportement des polluants

B2 – Contamination chimique : apports, devenir et effets

B210 – Contaminants métalliques et organiques

Cycles des contaminants métalliques en milieu côtier – Cycle du mercure (B21001, responsable : Daniel Cossa)

L'année 1997 a été consacrée essentiellement à la synthèse des données acquises sur le plateau continental européen (données obtenues dans les programmes Flux Manche, OMEX, Franco-Polonais GLEBIE et Seine-Aval). Dans les régions côtières la distribution du mercure est affectée par la proximité des sources continentales et la présence de matériel particulaire

et colloïdal en fortes concentrations. En raison des teneurs élevées en matière en suspension, le mercure particulaire domine la partition du mercure dans les eaux côtières. La teneur en mercure des particules est très variable : de 50 à 1000 $\mu\text{g kg}^{-1}$ en fonction des sites et de la nature du seston. La richesse en mercure de ce dernier va souvent de pair avec celle du carbone organique. La plupart des données concernant la phase dissoute sont généralement inférieures à 1 ng l^{-1} . En Manche la moyenne des 96 mesures effectuées lors du programme européen Flux Manche est de $0,54 \pm 0,26 \text{ ng l}^{-1}$; en mer du Nord de $0,56 \pm 0,24 \text{ ng l}^{-1}$; en Baltique les concentrations varient de 0,28 à 0,94 ng l^{-1} et en mer Celtique 90% des valeurs s'échelonnent dans la même gamme (0,12 – 1,02 ng l^{-1}).

A l'intérieur du milieu côtier lui-même, les eaux de la frange littorale sont enrichies par rapport aux eaux du large. Il semble que ce phénomène soit dû essentiellement à la présence de formes colloïdales plus abondantes près des côtes. La structure des distributions verticales des concentrations en mercure en mer Celtique suit le même schéma qu'en milieu océanique. Elles sont caractérisées par des maxima correspondant à ceux de l'oxygène dissous qui permettent de localiser les zones préférentielles de dégradation de la matière organique. Il y a moins de résultats sur la spéciation du mercure dans les eaux côtières. On estime à 3 % du total le monométhylmercure particulaire dans les eaux oxiques, alors que les concentrations en phase dissoute y sont indécélables. Par contre, en milieu hypoxique ou anoxique la présence de mercure méthylé a été mise en évidence, c'est le cas en mer Baltique et en Baie de Seine. Le mercure élémentaire est abondant et souvent présent en sursaturation dans les eaux côtières de surface en particulier lorsque la production primaire est forte.

En milieu estuarien, on observe souvent un comportement « conservatif » des espèces dissoutes (souvent définies comme étant les espèces de taille submicronique) pour les salinités moyennes ou élevées. Celui-ci consiste en un simple processus de mélange des eaux continentales et marines sans changement de phase perceptible. Cependant aux plus faibles salinités les distributions des concentrations suggèrent dans plusieurs cas une transformation des formes dissoutes en particules, traduisant vraisemblablement la coagulation des colloïdes riches en matière organique et en oxyhydroxydes déstabilisés par le changement de force ionique. La formation de chlorocomplexes, attendue par les modèles thermodynamiques disponibles, n'a pas été clairement observée dans les estuaires étudiés ; les complexes organiques y dominent la spéciation. Toutefois, en postulant l'existence de complexes bidentés impliquant des ligands colloïdaux à fonction thiol on pourrait expliquer ces observations.

Devenir des composés organostanniques (B21002, responsable : Pierre Michel)

Il y a quinze ans, la France prenait des mesures réglementaires pour restreindre l'usage des composés organostanniques dans les peintures antisalissures utilisées pour la protection des coques de bateaux. Quinze ans plus tard, la campagne de mesure des dans l'eau de mer, réalisée de juillet à septembre 1997, a permis de faire le point de la situation. La contamination des côtes françaises reste préoccupante. Pour de nombreuses installations portuaires les mesures montrent des sources de contamination persistantes. Les concentrations mesurées en zone côtière à l'extérieur des installations portuaires, excèdent trop souvent les seuils toxiques expérimentalement établis. Soixante quinze pour cent des mesures restent supérieures au seuil de 1 ng.l^{-1} pour lequel des effets sur la sexualité des gastéropodes et les mécanismes de calcification des huîtres sont prouvés. Globalement, la Manche-Est et la Côte d'Azur sont les régions les plus systématiquement concernées par des niveaux excessifs. La forte diminution des niveaux constatée au cours des années 1980-1990 est stoppée. Par comparaison avec le précédent bilan réalisé en 1992, la contamination semble s'être aujourd'hui stabilisée à un niveau résiduel beaucoup trop élevé. Des efforts réglementaires et

de surveillance restent donc nécessaires. Le développement d'alternatives non toxiques reste d'actualité pour résoudre le problème des biosalissures.

Apport et devenir des produits phytosanitaires (B21003, responsable : Jacek Tronczynski)

Les recherches concernant la contamination des zones estuariennes et côtières par les produits phytosanitaires ont été réalisées depuis 1990 à partir de nombreux programmes de recherches, incluant une thèse de doctorat, un programme européen, trois projets avec des Agences de l'Eau et deux projets pilotes internationaux – MEDPOL UNEP/FAO/AIEA – en Méditerranée. Elles visent trois objectifs principaux :

- identification et dosage des produits phytosanitaires à l'état de traces,
- évaluation des apports bruts et nets en zones estuariennes et côtières ,
- étude et modélisation du comportement biogéochimique des produits phytosanitaires lors de leur transport estuarien.

Une étude d'évaluation des risques écologiques liés à la contamination des zones estuariennes et côtières par les biocides agricoles a été réalisée dans le cadre du programme européen FAME (Steen et al. 1997).

Les résultats obtenus mettent en évidence une contamination ubiquiste et permanente des zones estuariennes et côtières des trois façades maritimes française par les herbicides. L'atrazine, la deséthylatrazine, la deisopropylatrazine, la simazine, la terbuthylazine et le tebutam sont des contaminants organiques majeurs présents à l'état de traces sous forme dissoute. D'autres biocides ont été formellement identifiés et détectés dans les eaux estuariennes mais leurs traces semblent être limitées dans le temps et restent localisées dans l'espace. Metolachlore, alachlore, dicloran, propanil, molinate, EPTC, diméthoate, carbofuran, diazinon, et malathion en constituent une liste non exhaustive. La présence constante des triazines confirme le caractère ubiquiste de cette contamination. Un autre inventaire a été effectué à l'entrée de l'estuaire de cinq fleuves européens: Loire, Rhône, Sheldt, Ebro et Lourous concernant au total au moins 40 matières actives.

La quantification des flux bruts du Rhône à la Méditerranée concerne en outre les résultats du programme « Evaluation des charges polluantes à la Méditerranée par le Rhône » réalisé pour le compte de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (RMC). La présentation des résultats fait apparaître : un échantillonnage exceptionnel, une répartition temporelle des flux, l'importance des apports en produits de dégradation, les relations complexes flux/débits, le concept de la concentration équivalente, le potentiel du transfert des herbicides du bassin versant rhodanien et le classement des flux en fonction des débits. L'optimisation d'échantillonnages (modèles statistiques) pour la mise en oeuvre d'un dispositif pérenne de suivi des apports et l'intégration des résultats aux études des bassins versants (bilans massiques, modèles géochimiques, SIG) ont été brièvement évoqués. Une étude d'évaluation des apports des produits phytosanitaires de la Loire en zone côtière a été entreprise en 1997.

En perspective, des études systématiques à long terme des mesures de concentrations des produits phytosanitaires en zones fluviales des estuaires devraient être envisagées pour acquérir les données indispensables au suivi des tendances de cette contamination des écosystèmes marins. Ces séries permettront également d'établir des variations inter-annuelles des flux bruts des produits phytosanitaires indispensable également pour une évaluation des risques écologiques liés à cette contamination des zones côtières. Une étude des apports en triazines en zones estuariennes pour chacun des grands bassins versants est à considérer.

Réacteur expérimental – Modélisation du comportement des métaux (B21004, responsable : Jean-Louis Gonzalez)

La connaissance des mécanismes de transformation des contaminants introduits dans l'environnement littoral, tant au niveau qualitatif que quantitatif, est importante car elle permet d'évaluer pour un élément donné l'impact des activités humaines sur la qualité des eaux.

La modélisation permet de comprendre et simuler le devenir des contaminants, en intégrant les différents processus mis en jeu. Les expérimentations basées sur l'utilisation de radio-isotopes des contaminants étudiés permettent de quantifier certains paramètres des modèles chimiques.

Les objectifs du projet, qui a débuté juillet 1997, sont de développer les outils ou les connaissances nécessaires à la modélisation du comportement des contaminants en zone littorale. Au cours de l'année différentes actions ont été entreprises :

Simulation du comportement du cadmium en milieu estuarien (modèle MOCO) : un modèle de complexation de surface a permis d'étudier la dynamique de Cd dans différents estuaires : Loire, Seine (programme Seine-Aval), Gironde (programme PNOC Atlantique et URM13). Des résultats de ces simulations sont présentés dans les figures 2 et 3.

Etude de l'influence de la crème de vase sur le comportement des métaux traces en milieu estuarien : Développement d'un système adapté au prélèvement de crème de vase pour l'étude des métaux traces. Champ d'application : Gironde (URM13, Loire..). Etude sur le terrain et en laboratoire (109Cd) des processus affectant la distribution de Cd dans la crème de vase (sorption/désorption, simulation de l'anoxie, propriétés de surface des particules..).

Spéciation de Cd dissous : Essais sur le terrain et en laboratoire de cellules à dialyse (Davison et Zhang). La faisabilité de la mesure directe des formes libres (Cd^{2+} ...) de Cd dissous «intégrées» dans des cellules à dialyse (DGT) a été réalisée au cours de la campagne BIOMET 3 (PNOC Atlantique).

B220 – Effets biologiques et mécanismes d'adaptation

Génotoxicité des polluants – Analyse moléculaire de la mutagenèse (B22003, responsable : Françoise Vincent)

Epidémiologie Moléculaire du Cancer chez le flet en estuaire de Seine :

Des études d'épidémiologie moléculaire sur les gènes ras et p53 sont effectuées afin de déterminer si ces gènes sont impliqués dans le cancer chez le flet comme c'est le cas chez les vertébrés supérieurs. A plus long terme, l'objectif est de déterminer si l'apparition de cancers chez le flet en estuaire de Seine est corrélée avec la pollution chimique du milieu.

Ce projet a demandé de nombreux développements méthodologiques effectués en partie pendant un séjour post-doctoral au NIH (Bethesda, Etats-Unis). L'analyse moléculaire de la mutagenèse a ainsi été effectuée pour la première fois chez un poisson marin directement à partir des foyers néoplasiques. Nous avons analysé des échantillons de mer du Nord et de mer Baltique, afin de disposer d'un nombre satisfaisant de tumeurs. Une mutation sur le codon 147 du gène p53 a été observée chez le flet en mer Baltique. L'échantillonnage et la fréquence des lésions pré-tumorales (3,5% hyperplasie, 1% adénomes), le polymorphisme important du gène p53 et le faible nombre de mutation sur les gènes ras et p53 ne permettent pas d'impliquer ces gènes dans le développement tumoral chez le flet.

Aucun carcinome n'a été observé dans cette étude. Les nécroses cutanées (3,5%) et les lymphocystis (4,5%) sont observées chez les flets de l'estuaire aval, pour les zones de Fosse Sud, Honfleur et Tancarville, et la Baie des Veys. Les fréquences sont comparables à celles observées les années précédentes, exceptées pour les lymphocystis qui sont plus fortes.

Génotoxicité de l'environnement:

Les recherches effectuées en 1997 se distinguent par une approche pluridisciplinaire associant à l'épidémiologie moléculaire du cancer chez le flet, la chimie des contaminants et la toxicologie génétique. Nous avons cherché à préciser les niveaux d'exposition à ces polluants en utilisant les adduits à l'ADN comme marqueur d'exposition. Dans la partie amont de l'estuaire de Seine, les résultats montrent que les flets immatures sont exposés aux plus fortes concentrations de HAP de l'estuaire. Les plus forts taux d'adduits HAP et les plus fortes concentrations de HAP dans le foie sont également observés chez ces flets. Ces travaux sont effectués dans le cadre du programme Seine Aval.

En conclusion, les fréquences de préneoplasies et néoplasies observées ne sont pas négligeables. Il s'agit maintenant de préciser ces fréquences afin de rechercher une corrélation possible avec les substances mutagènes et cancérigènes de l'environnement. Cependant au vue des résultats acquis, il est actuellement difficile de disposer d'un marqueur de mutagenèse.

Surveillance des effets biologiques – Biomarqueurs (B2204, responsables : Gilles Bocquené et Thierry Burgeot)

L'objectif du développement des biomarqueurs est de proposer des outils utiles à la surveillance de l'environnement marin. Aucun biomarqueur n'est approprié à toutes les circonstances, c'est pourquoi, il faut établir un répertoire de méthodes qui peut répondre à des situations variées. Quelques méthodes sont aujourd'hui appliquées au milieu marin dans le cadre de programmes nationaux et internationaux. Les travaux de développement méthodologique et validation du cytochrome P450, des adduits à l'ADN et de l'acétylcholinestérase menés au laboratoire ont ainsi été réalisés chez le poisson et la moule, sur la base des recommandations internationales issues du CIEM et MEDPOL pour la surveillance des effets biologiques.

Cytochrome P450 (CYP450):

Le dosage immunochimique du CYP450 et la mesure des activités EROD (éthoxyrésorufine-O-dééthylase) et BPH (benzopyrène hydroxylase) dépendantes du P4501A1, ont été étudiées chez le poisson et la moule comme biomarqueurs d'effets métaboliques. Une méthode d'hybridation avec marquage à froid en chemiluminescence suivi d'une lecture d'intensité au scanner a été mise au point pour le dosage du P450 chez le callionyme *Callionymus lyra* et la moule *Mytilus sp.* Moins sensible aux conditions de stockage et aux effets inhibiteurs de métaux lourds ou de contaminants organiques en excès, le dosage du CYP450 1A apporte une information complémentaire à la mesure de l'activité EROD ou la BPH. Mesuré chez le callionyme en baie de Seine, le CYP450 s'est révélé très utile dans le cas d'interprétations délicates de l'activité EROD. Les variations du CYP450 dans les foies de callionyme ont ainsi permis de mettre en évidence un gradient de contamination sur les sites caractérisés par une contamination diffuse au sein de la baie de Seine. Une étude réalisée en mésocosme, en collaboration avec l'Université de Bordeaux, sur des cinétiques de contamination de moules avec du 3 méthylcholanthrène, a permis de mettre en évidence une relation entre les variations de la BPH et une forme CYP450 immunopositive.

Les effets métaboliques des contaminants dans le milieu marin ont été étudiés dans le cadre de programmes nationaux et internationaux. Les variations de la BPH chez la moule *M.*

galloprovincialis et de l'EROD chez le rouget barbet de vase *Mullus barbatus* ont été mesurées sur une large échelle géographique en Méditerranée dans le cadre du programme européen BIOMAR. Les valeurs les plus élevées ont été obtenues sur les sites principalement contaminés par les HAP au voisinage de sites industriels et urbains. La mesure de l'activité EROD dans le cadre du RNO en baie de Seine a été optimisée chez le callionyme et la limande et l'ensemble des résultats acquis depuis 6 ans ont été incorporés dans la base de donnée Quadrige. La mesure de l'activité EROD pour la première fois réalisée chez le flet dans le cadre d'une approche multimarqueurs a été appliquée en estuaire de Seine, dans le cadre du programme Seine aval. Une diminution des effets d'exposition de l'amont vers l'aval en relation avec la contamination chimique (PCB, HAP) a ainsi été observée dans les foies de flets.

Adduits à l'ADN:

La recherche des adduits à l'ADN dans le milieu marin s'inscrit dans un objectif d'étude des mécanismes de cancérogenèse et de leurs effets génotoxiques. Mesurés après les mécanismes de biotransformation primaires des xénobiotiques faisant intervenir le P450, les adduits à l'ADN caractérisent les altérations primaires de l'ADN dues à des polluants. Les profils caractéristiques des adduits à l'ADN ont été déterminés chez le callionyme *Callionymus lyra* et le flet *Platichthys flesus* en baie de Seine, dans le cadre du RNO et du programme Seine Aval. La méthode de dosage au P³² (réalisée en sous traitance par l'ENSAT de Toulouse) a mis en évidence le pouvoir discriminatoire de ce biomarqueur de génotoxicité. L'application de cette méthode, permettant d'identifier les adduits formés par voie métabolique, ainsi que le développement d'autres méthodes de dosage des adduits à l'ADN produits par voies radicalaires, sont à l'étude dans le cadre d'une thèse (collaboration Université de Bordeaux) sur les mécanismes de biotransformation des hydrocarbures aromatiques chez la moule.

Acétylcholinestérase:

L'optimisation de l'usage des biomarqueurs a nécessité de nouveaux travaux sur la connaissance du système cholinestérase en tant que marqueur d'effets neurotoxiques chez diverses espèces marines. La caractérisation moléculaire et cinétique des cholinestérases a été engagée sur deux espèces nouvelles : le flet (*Platichthys flesus*) et le copépode *Tigriopus brevicornis*. Les informations apportées par l'étude de ce copépode ont mis en évidence sa très grande sensibilité vis-à-vis des neurotoxiques et notamment des métaux et des insecticides. Des études importantes sur la caractérisation des effets de mélanges binaires sur ce copépode ont montré que, dans la plupart des associations de contaminants, l'effet toxique létal et sublétal n'était pas simplement additif mais synergique, voire fortement synergique dans les mélanges de cadmium/organophosphoré (OP) ou OP/OP. La connaissance moléculaire du système cholinestérase chez cette espèce a été mise à profit pour engager une étude *in situ*, des effets éventuels des apports en phytosanitaires en Baie de Vilaine où cette espèce est particulièrement présente dans l'étagé intertidal.

D'autre part, l'étude des effets inhibiteurs des contaminants via la mesure des activités cholinestérasiques a été appliquée dans plusieurs réalisations régionales, nationales et internationales : Seine-Aval, RNO, BIOMAR.

B230 – Analyse des risques pour les consommateurs

Toxicité des polluants (B23003, responsable : Françoise Quiniou)

Cette approche pluridisciplinaire privilégie la recherche de corrélations entre niveaux d'exposition et effets biologiques, à partir d'expérimentations en laboratoire, de l'élaboration de

modèles de comportement et d'études d'épidémiologie environnementale réalisées lors de campagnes océanographiques.

Ce projet qui a pour but l'acquisition des connaissances et des moyens nécessaires pour déterminer les risques acceptables, pour l'environnement et les consommateurs de produits marins, liés à la présence de contaminants chimiques, a été mis en place en 1997 suite aux réflexions communes avec différents partenaires (DEL/PC et DEL/MP) et a permis d'identifier les premières actions à développer dès 1998 :

- identification des effets et évaluation des expositions, pour l'environnement et le consommateur, liés aux niveaux des contaminants observés dans le milieu et les produits de la mer,
- recherche de modèles applicables et adaptables à la stratégie spécifique au milieu marin
- recherche des niveaux de contamination du milieu et des produits de la mer (contaminants organiques, inorganiques, bactéries, virus)
- identification des effets, sur l'environnement et le consommateur (recherche dans banques de données, résultats obtenus dans les autres projets, études épidémiologiques...)
- évaluation des niveaux d'exposition (EUSES, GEODE...)
- formation en interne de 3 techniciens DEL/Côtiers au test d'embryotoxicité des bivalves. Ce qui permettra de compléter les effets des contaminants sur l'environnement. L'intérêt de ce projet est qu'il se trouve être intégrateur de l'ensemble des recherches développées dans le département ce qui devrait aboutir à un travail collectif où chaque discipline apportera ses compétences. L'adaptation des modèles existant se fera par étapes, en partant d'une évaluation des risques simplifiée (déjà proposée au groupe Geode) pour aller vers l'intégration de l'ensemble des paramètres. La démarche passe par le renforcement des recherches sur les contaminants organiques toxiques (mutagènes, cancérigènes, oestrogènes...) dans trois domaines : identification et détermination des niveaux, évaluation de l'exposition réelle des organismes, et soutien scientifique au RNO.

Etudes des sites contaminés (B23004, responsable : François Galgani)

Les études, expertises et campagnes d'expérimentation à caractère régional ont concerné principalement :

- la préparation de la campagne BIOMAR à partir d'un transit valorisé en Méditerranée (PREBIO),
- la poursuite de l'évaluation des macrodéchets en milieu profond (DEPRO97)
- l'identification des séquences partielles des gènes cibles des triazines.

B240 – Flux et bilans

Seine Aval (B24001, responsable : Louis Alexandre Romaña)

Ce programme, coordonné par le Département PC et regroupant plus de vingt laboratoires et Instituts de recherche français, vise à mieux comprendre les dysfonctionnements de l'estuaire de la Seine et à développer les outils nécessaires aux prises de décision des acteurs locaux. Plusieurs domaines de recherches ont fait l'objet d'études en 1997. Les principaux résultats acquis par les équipes du département "Polluants Chimiques" sont indiquées ci-après.

Thème Dynamique des Contaminants

Etude du rôle de la fraction colloïdale sur le comportement estuarien de certains métaux-traces

Dans le cadre de la campagne Marina 7, réalisée en mars 1997, il a été démontré que la phase colloïdale pouvait jouer un rôle important dans le transport de certains métaux-traces. Ainsi, le fer dissous ($<0,45 \mu\text{m}$) se trouve à plus de 50% sous forme colloïdale dans l'eau douce. Il est enlevé de la colonne d'eau par des phénomènes de floculation ou coagulation et entraîne avec lui des éléments comme le plomb et, dans une moindre mesure, le cuivre. Cuivre et zinc, semblent associés à des colloïdes organiques, beaucoup plus stables en milieu estuarien. Ni le cadmium, ni le manganèse, contrairement au fer, ne sont significativement engagés dans la phase colloïdale, tout au moins pour la campagne réalisée.

Etude des processus qui contrôlent les échanges du cadmium, du fer et du manganèse entre les phases dissoute et particulaire, dans l'estuaire

Une étude expérimentale des processus d'échange dissous/particulaire basée sur l'utilisation de ^{109}Cd a été réalisée en laboratoire sur des sédiments de surface. Elle a permis de valider certaines hypothèses du modèle chimique MOCO, de quantifier des paramètres du modèle non mesurables directement, et d'évaluer l'importance de certains processus non pris en compte (fraction colloïdale). De plus, une comparaison des données de terrain / expérimentations *in situ* avec les résultats du modèle MOCO a été réalisée.

Modélisation bi-dimensionnelle du comportement du cadmium et de certains herbicides

La mise en oeuvre du modèle MOCO a permis de valider l'étude expérimentale des processus d'échange entre phases dissoute et particulaire, comprendre la spéciation du cadmium dissous, évaluer le rôle de la fraction colloïdale, permettre la comparaison avec les données de la campagne Marina 7, comparer les résultats obtenus lors des expériences *in situ* et les résultats du modèle, et enfin de réaliser l'application du modèle à la simulation du transfert du cadmium dans l'estuaire de la Seine de Poses à la Baie. L'étude du comportement géochimique des herbicides agricoles dissous lors de mélange estuarien a été effectuée par modélisation bi-dimensionnelle: le modèle SAM-3D devra être mis en oeuvre pour en simuler plus fidèlement le transfert dans l'estuaire.

Anomalies en mercure dans les zones adjacentes de l'estuaire

Le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO) a mis en évidence la présence d'un maximum de contamination en mercure dans les moules du littoral du Pays de Caux. Les résultats des travaux effectués afin de tenter d'élucider ce problème montrent : que les concentrations en mercure dans les moules de toutes les stations de l'estuaire de la Seine et de ses régions adjacentes présentent la même tendance temporelle quelque soit le niveau.

Etude des comportements biogéochimiques des contaminants modèles (herbicides et composés organochlorés choisis) au cours de leur transport estuarien

En juin 1996, différents profils de distribution des concentrations de composés organochlorés dissous et associés aux MES (PCB : chlorobiphényles CB52 et CB138, pesticides organochlorés : lindane (γ -HCH) et son isomère α -HCH, dieldrine, hexachlorobenzène (HCB)) ont été réalisés en situation d'étiage et le long d'un gradient de salinité complet entre Poses et la zone franchement marine de la Baie de Seine. Leur traitement permet de mieux appréhender le comportement géochimique de ces contaminants, d'estimer leurs flux bruts et

nets et éventuellement d'identifier leurs sources dans l'estuaire interne. L'étude des contaminants organochlorés particuliers permet de distinguer les trois stocks du matériel pour leurs qualités de sorption des composés organiques apolaires tels que les chlorobiphényles. En effet, la détermination des coefficients de distribution (K_d) des chlorobiphényles individuels montre des valeurs quasiment constantes dans la zone turbide de l'estuaire et des valeurs plus fortes dans les zones franchement marines (salinité $34,5 \text{ g.l}^{-1}$) et fluviales (Poses, Oissel).

Identification des stocks et des apports intra-estuariens en PCB et HAP : élément du bilan de la contamination

Dans l'ensemble, les résultats montrent qu'en situation d'étiage et lors d'un cycle dépôt-érosion dans la zone du bouchon vaseux, les concentrations en PCB particulières totaux restent relativement constantes et elles sont de même niveau dans les MES et dans le dépôt sédimentaire non consolidé, malgré une très forte variation des concentrations en MES dans cette zone.

Par ailleurs, les niveaux élevés des CB dissous et particuliers en zone fluviale de l'estuaire à la Bouille (PK 260) et en période d'étiage sont singuliers. Les concentrations en HAP particulières très élevées enregistrées sur le même échantillon en 1996 et en 1993 à la même station, semblent indiquer des apports intra-estuariens en contaminants organiques dissous et particuliers à cet endroit de l'estuaire. La détermination des concentrations en contaminants dissous dans les eaux à salinité élevée permet une estimation de flux effectif net. L'examen de ces résultats montre que les flux nets de certains chlorobiphényles dissous sont nettement plus élevés que les flux bruts correspondants enregistrés à Poses.

Murex (B24002, responsable : Olivier Arnal)

Le programme Murex (1995-1998) vise à développer les connaissances et les moyens opérationnels pour une meilleure gestion de la qualité des eaux littorales sous l'impact des rejets urbains. Financé par la CE (DGXII), ce programme pluridisciplinaire repose sur une coopération nord-sud entre deux pays européens, l'Italie (l'ICRAM, coordinateur du programme, et l'Université de Venise), la France (CEA-DAMRI et IFREMER) et les Pays Tiers Méditerranéens (PTM) du Maghreb (Maroc, Algérie, Tunisie).

Trois sites d'études ont été retenus, deux campagnes réalisées avec le NO l'Europe; sur les sites de Sousse (Tunisie, décembre 1995), et Al Hoceima (Maroc, mai 1996). La campagne prévue en Algérie en 1997 mais n'a pu avoir lieu. Le département DEL/PC intervient dans ce programme, pour les campagnes pluridisciplinaires en mer, l'étude des métaux-traces, et la mise en oeuvre d'un préleveur prototype spécifique des dépôts sédimentaires superficiels (CHESS).

En 1997 le département a analysé les résultats de la campagne Maroc, et participé au séminaire de travail (Marrakech, 28/04 au 2/05/97), qui visait à examiner les données obtenues sur les deux sites.

Les résultats montrent que l'effluent urbain issu du rejet côtier de Al Hoceima (Maroc), est entraîné vers l'est par les courants. Les teneurs en contaminants organiques et en métaux-traces dans les sédiments et les particules superficielles prélevées au C.H.E.S.S reflètent une absence de contamination dans la partie Est de la Baie. Dans la partie Ouest, qui se trouve directement sous l'influence du rejet, on note des enrichissements en cuivre et en zinc dans le sédiment superficiel et les particules prélevées au C.H.E.S.S. A Sousse (Tunisie) on remarque une augmentation nette de la fraction fine attribuable à des dépôts superficiels, avec des concentrations plus élevées en contaminants métalliques que le sédiment sous-jacent. Le

C.H.E.S.S. s'est révélé être un équipement très intéressant pour prélever la fraction la plus fine du sédiment superficiel.

Emissaire de la ville de Marseille (Olivier Arnal)

A la demande de la Ville de Marseille, l'équipe DEL/PC de Toulon a collaboré à une étude finalisée pilotée par le laboratoire côtier et concernant le projet d'aménagement d'un émissaire pour le rejet de la station d'épuration de Marseille.

C – Observation et surveillance de la mer côtière

C1 – Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin C110 – Réseau National d'Observation (Didier Claisse)

Le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO) a été mis en place en 1974 par le Ministère chargé de l'Environnement avec pour premier objectif l'évaluation des niveaux et des tendances des polluants et des paramètres généraux de la qualité du milieu marin. En 1987, la surveillance des effets biologiques a été introduite dans les programmes du RNO. Cette surveillance vise à évaluer la qualité du milieu marin par la mesure des perturbations biologiques de la flore ou de la faune.

La surveillance des paramètres généraux de la qualité du milieu marin porte sur les masses d'eaux. Les paramètres de base sont la température, la salinité, les sels nutritifs, la chlorophylle et les phéopigments. Elle est pratiquée sur douze sites. Sur la quasi totalité des sites, les Cellules Qualité des Eaux Littorales (CQEL), avec l'appui des Ports Autonomes, organisent les campagnes dont les analyses sont confiées à des laboratoires locaux.

La surveillance des contaminants porte en priorité sur la matière vivante, essentiellement des moules et des huîtres utilisées comme indicateurs de contamination. Une centaine de points de prélèvements sur 43 sites du littoral sont échantillonnés quatre fois par an par les agents IFREMER. Les analyses de métaux lourds sont effectuées par le département DEL/PC. Les organochlorés sont mesurés par le département DEL/EC-EB et les analyses d'hydrocarbures aromatiques sont sous-traitées. La surveillance des polluants s'effectue aussi dans le poisson (baie de Seine) ainsi que dans les sédiments dont le premier centimètre superficiel peut intégrer plusieurs années de contamination. Une campagne annuelle portant sur des façades différentes chaque année permet de couvrir en huit à dix dans l'ensemble du littoral français. Les polluants recherchés sont les mêmes que dans la matière vivante, accompagnés des paramètres descriptifs et normalisateurs propres à cette matrice.

L'ensemble des activités du RNO est coordonné par l'IFREMER pour le compte du Ministère de l'Environnement. Le coordonnateur national du RNO, positionné dans le département DEL/PC, est chargé de la gestion scientifique, logistique et financière de ce réseau. A ce titre il en établit la programmation annuelle et la propose au comité de pilotage. Il propose également la répartition financière entre les différents intervenants internes et externes à l'Ifremer. Il suit le déroulement des opérations et supervise l'archivage des résultats dans la base de données Quadrigé. Il rédige et/ou coordonne l'édition et la diffusion du bulletin annuel du RNO et assure la communication des données aux divers demandeurs et utilisateurs.

Les données du RNO permettent à la France de répondre à ses engagements dans les conventions internationales (OSPAR, Convention de Barcelone) auxquelles elles sont donc transmises systématiquement ainsi qu'au CIEM.

5. Communication et valorisation

5.1. Rapports et Publications (voir annexe)

5.1.1. Revue à comité de lecture :

⇒ articles publiés : 36

⇒ articles soumis : 15

5.1.2. Colloques – Séminaires :

⇒ 16 communications orales et 9 posters

5.1.3. Rapports scientifiques et techniques :

⇒ 36 articles

5.2. Autres médias ou actions de communication et de vulgarisation scientifique

⇒ 2

6. Formation et enseignement

6.1. Formation donnée

Nom	Organisme	Niveau	Sujet	Durée
G. Bocquené	Université MST Angers	MST	Les biomarqueurs en milieu aquatique	4 heures
B. Boutier	D.R.A.S.S		Données générales sur la contamin. des mollusques par les métaux	16 heures
T. Burgeot	Université MST Angers	MST	Les biomarqueurs en milieu aquatique	4 heures
T. Burgeot	Université La Rochelle	Maîtrise	Les biomarqueurs appliqués en surveillance du milieu marin	4 heures
D. Claisse	Interne Ifremer	2ème année	Espagnol	55 heures
D. Cossa	Intechmer (CNAM)	Bac+2	Assurance de qualité et Biochimie marine	12 heures
D.Cossa	Université MST Angers	Maîtrise	Biochimie marine	6 heures
F. Galgani	Ecole Nat. Vét. à Nantes	3ème année	Ecotoxicologie	3 heures
F. Galgani	Université MST Angers	Maîtrise	Ecotoxicologie	4 heures
L.A.Romaña	IUP Environ. Marseille	Bac+3	Les problèmes de l'environnement marin en Méditerranée	8 heures
L.A. Romaña	IUT Biologie Appli., Toulon	Bac+2	Les rejets urbains	4 heures

6.2. Encadrement (doctorants, post-doctorants et stagiaires)

Nom	Origine	Date du séjour	Sujet	Responsable
D. Berto	Prof. PAVONI Univ. Venise	1/12 au 8/12	Préparation du guide méthodologique MUREX	Arnal O.
K. Delannée	Lycée Jean Perrin	Janvier–février	Cholinestérases de flet : caractérisation	Bocquené G
J. Forget	Université de Paris	Janvier, Avril, Juillet, Nov.	Les effets neurotoxiques chez un marin (<i>Tigriopus b.</i>)	Bocquené G
F. Akcha	Université de Bordeaux	1 année de thèse	Mise au point du dosage de la benzopyrène hydroxylase par microplaque chez la moule. Mécanis. de biotransform. des HAP chez la moule.	Burgeot T.
E. Colas	IUT Brest	Avril à Juin		Burgeot T.
S. Durand	SUP, Paris VI	Mai à Aout	Application de la méthode STATIS Duale au suivi de la contamination chimique du littoral par l'utilisation de la sole et du flet	Cossa D.
G. Touchard	Ecole Nat. Sup. Chimie (Cl-Fer.)	Mai à Juillet	Dosage du méthylmercure chez les mollusques	Cossa D.
F. Beniamino	Univ. Aix– Marseille	Février à juin	Simulation en milieu contrôlé (réacteur chimique) des processus qui gouvernent le devenir des contaminants métalliques	Gonzalez J.L.
C. Dange	Univ. Champagne– Ardenne	Depuis octobre	Rôle des processus d'adsorption/désorption sur la spéciation et le devenir des contaminants métalliques.	Gonzalez J.L.
V. Poma	Univ. Aix– Marseille	Février à juin	Expériences d'adsorption/désorption (¹⁰⁹ Cd) sur des particules de la Seine.	Gonzalez J.L.
V. Zoppi	E.N.S.C. Paris	Juillet	Détermination des propriétés de surface de particules naturelles par titration Acido-basique.	Gonzalez J.L.
K. Parenthoën	DEA Toxicologie de Paris	13 janvier à mi-septembre)	Rech. éthodologiques pour l'évaluation de l'écotoxicité des sédiments marins de la rade de Brest. DEL Brest/97/15 – R.I, 25p.	Quiniou F.
G. Bourdon	Ecole Nat. Sup. Chimie et Phys. Bordeaux	Juillet à Décembre 1997	Etude de la contamination par les composés organiques des sédiments et des eaux d'étangs Méditerranéens	Tronczynski J.
J. Cachot	Univ. d'Aix– Marseille	Janvier 95 à Janvier 98	Caractérisation et analyse de la mutagénèse du gène suppresseur de tumeur p53 chez le flet.	Vincent F.
N. Piel	Univ. de Rennes 1	26 juin au 26 septembre	Rech. de mutations liées aux effets de l'Atrazine sur <i>Porphyra linéaris</i>	Vincent F.

6.3. Jury de thèse

Nom	Doctorant	Sujet	Université
C. Alzieu	Andrieux-Loyer F.	Les formes du phosphore particulaire et sédimentaire en environnement côtier	U.B.O.
C. Alzieu	Baumard P.	Biogéochimie des composés aromatiques dans l'environnement marin.	Bordeaux
F. Galgani F. Vincent	Cachot J.	Caractérisation et analyse de la mutagenèse du gène suppresseur de tumeur p53 chez le flet.	Aix-Marseille
P. Michel	Carlier-Pinasseau C.	Spéciation des organoétains dans le réseau hydrologique en GC-FPD après éthylation par NaBEt ₄ . Développement de la méthode analytique	Pau
D. Cossa	Cotté M.H.	Origine et comportement des métaux dissous dans les eaux de la marge Atlantique européenne	Paris VI
L.A. Romaña	Dupont J.P.	Transferts particulaires du domaine continental au domaine marin épicontinental soumis à de fortes marées	Rouen
C. Alzieu	Flammarion P.	Mesure in situ de l'induction du cytochrome P4501A chez les cyprinidés d'eau douce – Optimisation de l'interprétation	Metz
D. Cossa	Fortin C.	Méthode analytique de mesure de l'ion métallique libre (Cd ²⁺ , Zn ²⁺) par échange ionique	Québec
D. Cossa	Garçia E.	Mobilisation du méthylmercure dans les sols du Nouveau Québec	Montréal
D. Cossa	Marin B.	Biogéochimie des sédiments du Golfe du Lion	Perpignan
D. Cossa	Pelletier M.	Evolution géochimique holocène de deux petits bassins lacustres en Hudsonie	Montréal

6.4. Formation reçue

Nom	Organisme formateur	Nature de la formation	Lieu	Durée
O. Arnal	Centor Idep	Impact de l'écrit, communication, négociation.	Toulon	3 jours
G. Bocquene	Université de Strasbourg	Statistiques ULP Strasbourg	Strasbourg	9 jours
B. Boutier	SUN	UNIX	Rennes	5 jours
T. Burgeot	INRA	Biologie Moléculaire	Rennes	10 jours
J.L. Gonzalez	English Institute	Anglais	Toulon	1 semaine
J.L. Gonzalez	ENSSPICAM	Caractérisation des interactions metal–ligand et métal–protéine	Marseille	1 semaine
H. Goraguer	Ecole Vét. Nantes	Expérimentation Animale: niv. 1	Nantes	5 jours
H. Goraguer	E. His Ifremer Arcachon	Formation au Bio–essai : dévelop. embryonnaire d'oursin	Arcachon	17 au 21 novembre
H. Goraguer	English Apart	Anglais : Formation sur 3 ans	Brest	Sur année scolaire
P. Michel	ESRI	S.I.G. formation au logiciel Arc View	Nantes	3 jours
K. Moisan	RIC	Modern Liquid Chromatography	Kortijk	4 jours
K. Moisan	RIC	Sample Preparation and Chromatographic Techniques for Environmental Analysis	Kortijk	4 jours
F. Quiniou	IFG	Gestion de projet	Brest	6 jours
F. Quiniou	Ecole Vét. Nantes	Expérimentation animale : niveau 2	Nantes	10 jours
L.A. Romaña	IFG	Gestion de projet	Brest	4 jours
J. Tronczynski	SunService	Unix et ses outils de dévelop.	Paris	4 jours

7. Campagnes à la mer

CYLICE–Sites contaminés, navire : L'EUROPE, du 9 au 16 juin.

Chef de mission : F. Galgani

DEPRO–Sites contaminés, navire : L'EUROPE, du 27 au 31 août.

Chef de mission : F. Galgani

FABI-I –Seine–Aval, navire : MAIMITI (cellule antipollution de Rouen), les 17 et 18 octobre.

Chef de mission : A. Ficht

Participants : JF. Chiffolleau

FLUGIR I –PNOC Atlantique, navire : THALIA, du 2 au 9 février.

Chef de mission : B. Boutier

FLUGIR II–PNOC Atlantique, navire : THALIA, du 10 au 18 mai.

Chef de mission : B. Boutier

FLUGIR III–PNOC Atlantique, navire : THALIA, du 16 au 23 octobre.

Chef de mission : B. Boutier

GEOCHEM 97–Seine Aval, navire : THALIA, du 11 au 21 septembre.

Chef de mission : J. Tronczynski

GLEBIE II–collaboration France–Pologne, navire : OCEANIA, du 19 avril au 1 mai.

Chef de mission : J. Pempkowiak (Institut Polytechnique de Gdansk)

Participants : JF. Chiffolleau, J. Tronczynski.

IGA II–Manche–Surveillance pélagique des centrales nucléaires de la Manche, du 26 Juin au 1 Juillet, (F. Quiniou).

MARINA VII–Seine–Aval, navire : Thalia, du 20 mars au 2 avril.

Chef de mission : JF. Chiffolleau

NEPHTOUL–NEPHMED, du 6 au 9 septembre 1997

Chef de mission : O. Arnal

PREBIO–sites contaminés/BIOMAR, navire : L'EUROPE du 28 février au 11 mars

Chef de mission : F. Galgani.

PROCAD–PNOC Atlantique, navire Thalia du 20 au 31 mars .

Chef de mission : A. Herbland (CREMA L'Hourmeau)

Participants : J.L. Gonzalez, C. Labry

RESSGASC–navire : GWEN–DREIZ du 29 janvier au 8 février (H. Goragner).

SUBIO–Surveillance des effets biologiques RNO en Baie de Seine, navire : GWEN–DREZ, du 24 au 30 septembre (T. Burgeot).

8. Perspectives

En intégrant les aspects biogéochimiques et écotoxicologiques la nouvelle orientation thématique assigne au Département "Polluants Chimiques" un rôle important dans le développement des connaissances sur les interactions entre mécanismes de biodisponibilité et d'effets des apports toxiques. L'enjeu est de fournir aux décideurs les bases scientifiques et les outils qui leur permettront d'évaluer les impacts et de gérer les risques de contamination des écosystèmes. Pour faire face à ce défi DEL/PC dispose de compétences dans les domaines méthodologiques et scientifiques, ainsi que l'expérience de la conduite de recherches pluridisciplinaires. Les atouts sur lesquels le département peut s'appuyer concernent : la spéciation des métaux et l'analyse des polluants organiques dans les différentes phases (eau, m.e.s, colloïdes, sédiments, organismes) la modélisation géochimique, les biomarqueurs d'exposition, les acquis en matière d'analyse moléculaire de la mutagenèse, la pratique de l'épidémiologie environnementale. Le programme Seine – Aval, autour duquel le département a largement mobilisé différentes disciplines et partenaires extérieurs, concrétise cette situation. Par ailleurs, les campagnes hauturières d'évaluation des macrodéchets ont été à l'origine de l'ouverture d'un nouveau domaine de recherche : l'écotoxicologie dans les canyons littoraux.

Toutefois, la réalisation des missions confiées au département dans le cadre des thèmes fédérateurs nécessite le renforcement de ses compétences, plus particulièrement dans les domaines suivants :

1. l'indispensable nécessité de coupler les analyses chimiques et l'évaluation des effets dans le cadre de programmes propres au département, fait que la demande extérieure de recherche ne peut être que très occasionnellement prise en considération. Ceci est particulièrement sensible en ce qui concerne les **contaminants organiques** pour lesquels la capacité de développement méthodologique est très réduite en comparaison de la demande.

Il est donc envisagé d'améliorer l'équipement de laboratoire, par des systèmes d'automatisation et de détection multispécifique, permettant la prise en considération de nouvelles problématiques (oestrogènes?).

2. en matière d'écotoxicologie, il est prévisible que les études d'**épidémiologie** nécessitent à brève échéance une validation expérimentale en laboratoire. Cette validation passe par l'utilisation d'un modèle biologique à l'étude avec la Direction des Ressources Vivantes,
3. **l'analyse des risques** environnementaux des polluants est une demande très forte et pressante de la part du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement ainsi que des industriels de la chimie. Le département est à l'origine de l'élaboration d'un logiciel d'analyse de risques des immersions de boues de dragage et a participé à la fourniture de données lors d'un programme international sur les pesticides en Méditerranée. L'inscription de 270 substances sur une liste à évaluer dans le cadre d'OSPAR a pour résultat une demande importante d'implication du département.

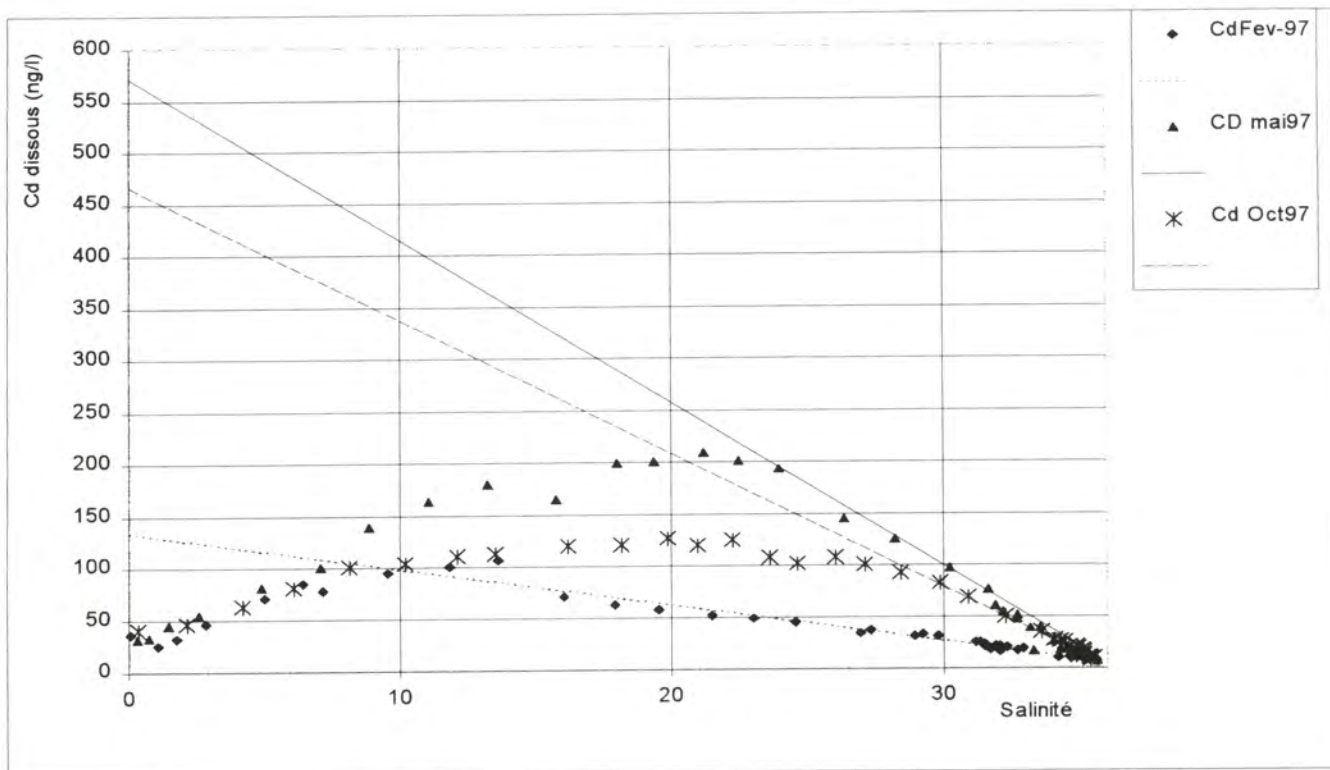
Au delà des choix stratégiques fait par le département, en accord avec les thèmes fédérateurs de l'IFREMER, l'atteinte des objectifs fixés est liée au renforcement de notre capacité de recherche sur les polluants organiques, chercheurs en géochimie et techniciens en appui à l'écotoxicologie, et à l'appropriation d'un savoir faire en évaluation des risques.

Annexes

Annexe au chapitre 4 - A11001

Chantier Atlantique PNOC

Relations entre le cadmium dissous et la salinité observées dans la Gironde et sur le plateau au cours des campagnes FLUGIR I, II et III.



Modélisation des contaminants

Figure 1 : Evolution du cadmium dissous dans l'estuaire de la Seine. Comparaison des résultats des expériences (^{109}Cd) réalisées lors de la campagne, de la simulation (MOCO) et des mesures (Chiffolleau *et al*, 1997) en tenant compte d'une fraction de Cd non échangeable.

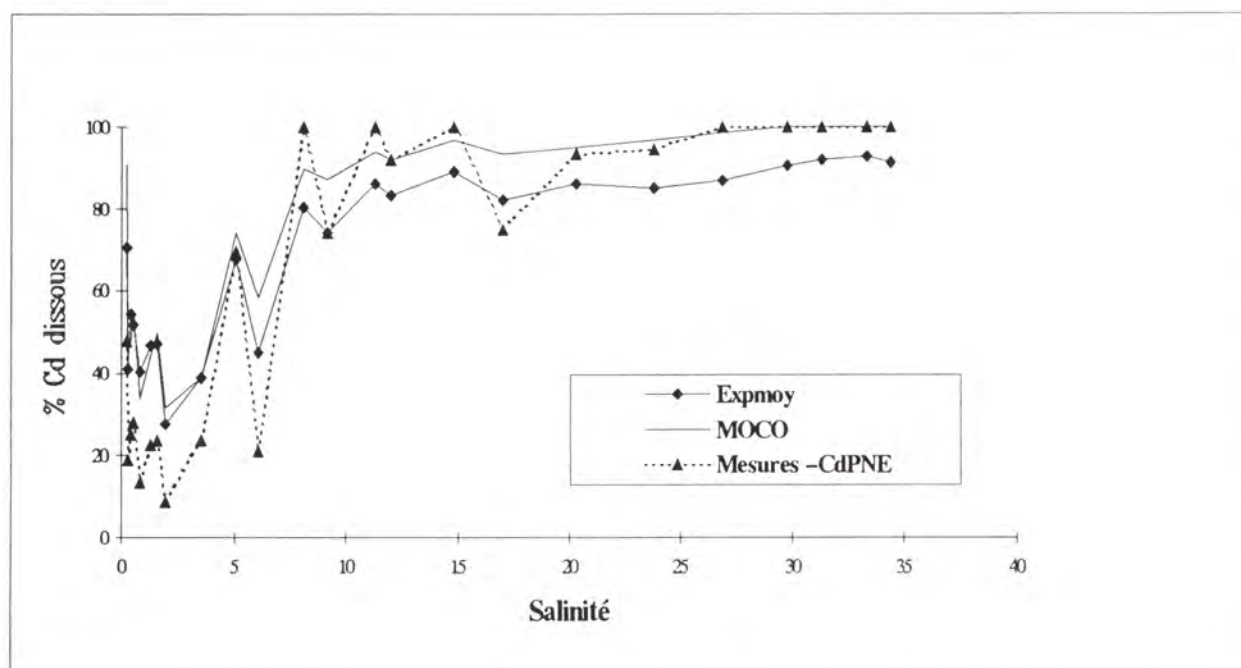
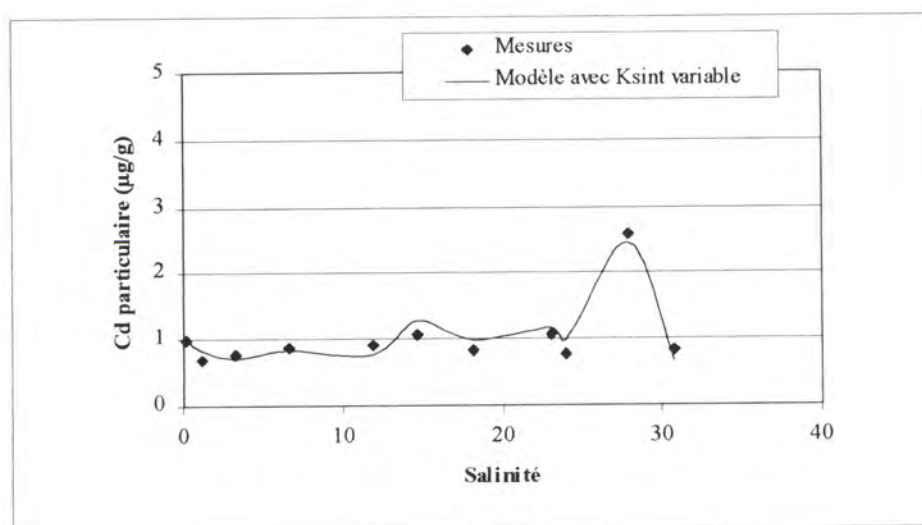
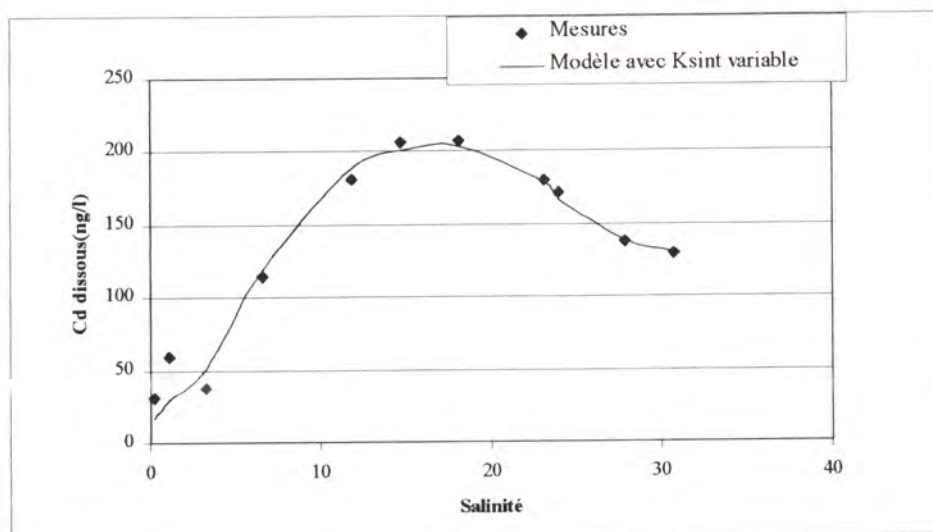


Figure 2 : Distribution du cadmium dans l'estuaire de la Gironde (campagne Pertuis). Comparaison des mesures (Boutier *et al*, soumis) et des résultats du modèle (MOCO). Dans cette simulation, il a fallu une constante de complexation de surface variable, liée à l'évolution de la nature des particules.



Rapports et publications

Revue à Comité de lecture

Articles publiés :

- Alzieu C., Michel P., L'étain et les organoétains en milieu marin. Biogéochimie et Ecotoxicologie. Repères Océan. 15 (1998) 104p.
- Belliaeff B. and Burgeot T., Sampling design optimization for EROD measurements in fish. Mar. Ecol. Prog. Ser., 153, (1997) 239–246.
- Bocquené G., Roig A. & Fournier D., Cholinesterases from the common oyster (*Crassostrea gigas*). FEBS Letters, (1997) 14, 1–6.
- Bocquené G., Galgani F., Walker C.H., Les cholinestérases, biomarqueurs de neurotoxicité. In Biomarqueurs en Ecotoxicologie– Aspects fondamentaux, Masson. Paris. (1997) 209–239.
- Bocquené G., Activités cholinestérasiques de coquilles Saint-Jacques et de pétoncles de la rade de Brest : recherche des effets des insecticides organophosphorés et carbamates, Annales de l'Institut océanographique, Paris, 1997 73 (1) : 59–68.
- Burgeot T. Galgani F., Application de l'EROD chez les poissons marins dans un programme pluridisciplinaire de surveillance de la mer du Nord. Utilisation des biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. Tec et Doc Lavoisier. Paris. (1997) 33–55.
- Coquery M., Cossa D., Sanjuan J., Speciation and Sorption of Mercury in Two Macro-Tidal Estuaries. Mar. Chem. (1997) 58–213–227.
- Cossa D., Coquery M., Gobeil C., Martin J.M., Mercury Fluxes at the Ocean Margins. In Regional and Global Cycles of Mercury: Sources, Fluxes, and Mass Balances. W. Baeyens, R. Ebinghaus and O. Vasiliev éditeurs. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, (1997) 229–247.
- Cossa D., Martin J.M., Takayanagi K., Sanjuan J., The Distribution and Cycling of Mercury in the Western Mediterranean. Deep Sea Res. II., (1997) 44–721–740.
- Fernandes M.B., Sicre M-A., Boireau A., Tronczynski J., Polyaromatic hydrocarbons (PAH) distributions in the Seine river and its estuary. Mar Poll. Bull. 34, 11, (1997) 857–867.
- Fernandes, M.B., Sicre M-A., Boireau A., Tronczynski J., Hydrocarbon distribution in the Seine Estuary: Biogenic Polyaromatic and Aliphatic hydrocarbons. Estuaries. 20,2, 1997, 281–290.
- Galgani F., Bocquené G., Biomarqueurs moléculaires d'exposition des organismes marins aux pesticides organophosphorés et carbamates. In Utilisation des biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. Tec et Doc Lavoisier. Paris. (1997) 111–134.

- Galgani F., Jaunet S., Campillo A., Guenegon X., His E., Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the North-Western Mediterranean sea, *Pollut. Bull*, 30 (1995) 713–717.
- Guillou M., Judas A. & Quiniou F., Influence des conditions environnementales sur le développement des oursins : cas de *Sphaerechinus granularis* en rade de Brest." *Annales de l'Institut Océanographique*. 73 (1) (1997) 49–57.
- His E., Budzinski H., Geffard O., Beiras R., Action d'un sédiment pollué par les hydrocarbures sur la métamorphose de l'huître japonaise, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *C. r. Acad. Sci., Paris, Océan. biol.* 320 (1997) 797–803.
- His E., Seaman M. N. L., Beiras R., A simplification of the bivalve embryogenesis and larval development bioassay method for water quality assessment. *Water Research*. 31 (2) (1997) 351–355.
- Kraepiel A.M.L., Chiffoleau J.F., Martin J.M., Morel F.M.M., Geochemistry of trace metals in the Gironde estuary. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 61(7) (1997) 1421–1436.
- Michel P., Averty B., Tributyltin contamination of the Bay of Brest. *Ann. Inst. Océanogr.* 73 (1997). 26–35.
- Pham M.K., Martin J.M., Garnier J.M., Li Z., Boutier B., Chiffoleau J.F., On the possibility of using the commercially available Ecos model to simulate Cd distribution in the Gironde estuary, *Mar. Chem.* 58 (1997) 163–172.
- Quiniou F., Judas A., Le Squer-Andre E., Toxicité potentielle des eaux et des sédiments des principaux estuaires de la rade de Brest évaluée par deux bioessais, *Annales de l'Institut Océanographique*. 73 (1) (1997) 35–48.
- Readman J.W., Albanis T.A., Barcelo D., Galassi S., Tronczynski J., Gabrielides G.P. Fungicide contamination of Mediterranean Waters : results from a MED POL pilot survey. *Mar. Poll. Bull.* 34, 4 (1997) 259–263.
- Takayanagi K., Cossa D., Vertical Distribution of Sb(III) and Sb(V) in the Pavin Lake, France. *Wat. Res.* 31 (1997) 671–674.
- Thouvenin B., Gonzalez J.L., Boutier B., Modelling of pollutant behaviour in estuaries: application to cadmium in the Loire estuary. *Mar. Chem.* 58 (1997) 147–161.
- Vincent F., Hagiwara K., Ke Y., Stoner G.D., Demetrick D.J., Bennett W.P. Mutational analysis of the transforming factor beta type II receptor in sporadic human cancers of the pancreas, liver and breast. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 223 (1997) 561–564.
- Vincent F., Nagashima M., Takenoshita S., Khan M.A., Gemma A., Hagiwara K., Bennett W.P. Mutation analysis of the transforming growth factor- β type II receptor in human cell lines resistant to growth inhibition by transforming growth factor- β . *Oncogene* 15 (1997) 117–122.

Articles soumis :

- Amiard-Triquet C., Ballan-Dufrançais C., Crouzet C., Garrigues P., His E., Narbonne J.F., Pavillon F., Fate and effects of micropollutants in the Gironde Estuary, Fr. : a multidisciplinary approach. *Hydrobiologia*, in press.
- Beiras R., His E., Seaman M., Comparison of fresh and frozen estuarine sediment toxicity assessed by the *Crassostrea gigas* embryo bioassay. (*Environ. Toxicol. Chem.*, in press).
- Beliaeff B., O' Connor T.P., Claisse D. Comparison of chemical concentrations in mussels and oysters from the United States and France. *Accepté par Environmental Monitoring and Assessment*.
- Burgeot T., Bocquené G., Guyomard C., Abarnou A., Alonso M.A., Godefroy D., Legrand J., Chesné C., Galgani F., Assessment of in vitro and in vivo metabolic effects by determination of ethoxyresorufin-O-deethylase activity in the dragonet *Callionymus lyra*. *Soumis à Ecotoxicology and Environmental Safety*.
- Chiffolleau J.F., Auger D., Chartier E., Fluxes of selected trace metals from the Seine estuary to the eastern English Channel during the period August 1994 to July 1995. *Soumis à Continental Shelf Research*.
- Forget J., Bocquené G., Joint action of combinations of pollutants (pesticides and metals) on the LC50 values and on the acetylcholinesterase activity of *Tigriopus brevicornis*. (1997) *Soumis à Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)*.
- Forget J., Pavillon J.F., Menasria M.R., Bocquené G., Mortality and LC50 values for several stages of the marine copepod *Tigriopus brevicornis* (Müller exposed to metals arsenic and cadmium and the pesticides atrazine, carbofuran, dichlorvos and malathion). *Sous presse pour Ecotoxicology and Environmental Safety*.
- Guillou M., Quiniou .F. , Etude de la contamination et du développement embryonnaire de plusieurs populations de l'oursin *Sphaerechinus granularis* soumises à des perturbations d'origine anthropique." *Soumis à Océanologica Acta fin 96*.
- His E., Heyyang I., Geffard O., De Montaudouin X., 1998 A comparison between oyster (*Crassostrea gigas*) and sea urchin (*Paracentrotus lividus*) larval bioassays for toxicological studies (accepté par *Water Research* moyennent modifications).
- Michel P., Chiffolleau J.F., Averty B., Auger D., Chartier E., High resolution profiles for arsenic and antimony in the Seine Estuary. Seasonal variations and net fluxes to the English Channel. (1997 *Cont. Shelf. Res.*).
- Michel P., Averty B., Contamination of French coastal waters by organotin compounds : an update. *Mar. Pollut. Bulletin*, 1997.
- Pempkoviak J., Cossa D., Sikora A., Sanjuan J. (sous presse), Mercury in Water and Sediments of the Southern Baltic Sea. *Sci. Total Environ.*
- Quemerais B., Cossa D., Rondeau B., Pham T.T., Fortin B., (sous presse). Mercury Distribution in Relation to Iron and Manganese in the Waters of the St. Lawrence River. *Sci. Total Environ.*

- Rondeau B., Cossa D., Gagnon P., Bilodeau L., Sources of suspended sediment transported in the St. Lawrence River. *Can. J. Earth Sci.*
- Steen R.J.C.A., Leonards P.E.G., Brinkman U.A.Th., Barcelo D., Tronczynski J., Albanis T.A., Coffino W.P., Ecological risk assessment of agrochemicals in European estuaries. *Environ. Tox. and Chem.* 000 in press.
- Wells D., Chiffoleau J.F., Klungsøyr J., QUASIMEME : A preliminary study on the effects of sample handling on the measurement of trace metals and organochlorine residues in mussels. *Mar. Pollut. Bull.*

Colloques – Séminaires

Communications orales :

- Arnal O , Le devenir des contaminants en zone littorale: la façade méditerranéenne; un fonctionnement particulier. Colloque scientifique CIRMED, Marseille 1–2 juillet 97.
- Bittkau C., Hummel H., His E., Theede H. , 1996. Influence of sulfide on development of bivalve larvae. *Coll. Settlement and Metamorphosis of Marine Invertebrate larvae*, 15–18 July 1996, Plymouth, U. K. (Abstract).
- Boutier B., Chiffoleau J.F., Auger D., Chartier E., Devenir des contaminants métalliques d'origine urbaine rejetés en Méditerranée, dans les baies de Sousse (Tunisie) et Al Hoceima (Maroc). Séminaire MUREX, Marrakech, 28–30 mai 1997.
- Chiffoleau J.F., Auger D., Chartier E., Truquet I., Identification et devenir des apports intra-estuariens de métaux-traces dans l'estuaire de la Seine. Séminaire Seine-Aaval, Rouen, 5–7 février 1997.
- Claisse D., Cossa D., Le Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin. Colloque IML-IFREMER, Septembre 1997, Mont-Joli (Québec) Canada.
- Cossa D., La contamination chimique des produits de la pêche côtière française. Colloque IML-IFREMER, Septembre 1997, Mont-Joli (Québec) Canada.
- Cossa D., Pham T.T., Rondeau B., Quemerais B., Proulx S., C. Surette. Levels and Sources of Trace Metals, PCBs and PAHs in the St. Lawrence River. Symposium international « Man and River Systems », Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, mars 1998; Paris, France.
- Fernandez Castro N., His E., Cantin C., 1996. Contamination par le tributylétain (TBT) du Bassin d'Arcachon évaluée à l'aide d'un indicateur biologique : l'imposex chez *Ocenebra erinacea*. Résultats préliminaires. *Cons. int. Explor. Mer, Marine Environmental Quality Committee*, CM 1996 / E:10, 6p.
- Galgani F. : Conférence AGLIA (St Jean de Luz) : Répartition des déchets dans le golfe de Gascogne (Conférence auprès des professionnels).
- His E., 1995. Action des organostanniques sur l'embryogénèse et le développement larvaire de *Crassostrea gigas* : données expérimentales et observations dans le milieu. Colloque Scientifique et Technique de Mèze, France, Les Métiers de la Mer et l'Environnement. 1– Impact des peintures antisalissures, 25p.

- Kahn M.A., McNeish T.S., Struewing J.P., Jones R.T., Salabes A., Borkowski A., Vincent F., Bennett W.P., Trump B.F., Harris C.C. Increased frequency of germline BRCA 1 and BRCA 2 mutations in prostate cancers from Jewish Ashkenazis. 88th annual meeting of the American Association for Cancer Research, San Diego, April 12–16, 1997.
- Munschy C., Moisan K., Tronczynski J. Caractérisation chimique de la contamination organique des sédiments de l'estuaire et de la baie de Seine. Séminaires scientifique Seine–Aval, 6–7 février 1997.
- Quemerais B., Cossa D., Rondeau B., Pham T.T., Fortin B., Mercury Fluxes and Sources in the St. Lawrence River, Canada. Ocean Sciences Meeting. American Society of Limnology and Oceanography. 9–13 février 1998, San Diego, Californie, USA.
- Thouvenin B., Tronczynski J., Munschy C. Illustration de l'application d'un modèle de transport à un contaminant dissous et conservatif dans l'estuaire de la Seine. Séminaires scientifique Seine–Aval, 6–7 février 1997.
- Tronczynski J., Munschy C., Moisan K. Distribution des composés organoazotés et organochlorés entre les phases aqueuse, colloïdale et particulaire dans l'estuaire de la Seine. Séminaires scientifique Seine–Aval, 6–7 février 1997.
- Welsh J.A., Moberger B., Fornander T., Malfetano J.H., Ambrose R., Weed J.C., Deligdish L., Cohen C.J., Silva E.G., Vincent F., Jones R.T., Bennett W.P. Tamoxifen causes endometrial cancer by producing point mutations with characteristic spectra in the p53 and K-ras genes. 88th annual meeting of the American Association for Cancer Research, San Diego, April 12–16, 1997.

Posters :

- Akcha F., Burgeot T., Venier P., Narbonne J.F. Relationship between kinetics of benzo(a)pyrene bioaccumulation and DNA binding in *Mytilus galloprovincialis*. Poster session. 16th International Symposium on Polycyclic Aromatic Compounds. November 4–7, 1997, Charlotte, North Carolina, USA.
- Biollot K., Burgeot T., Arnoud J.P., Pfohl-Leskowicz A., DNA adduct detection in the liver of the dragonet *Callionimus lyra* and the flounder *Platichthys flesus*; a potential bioindicateur of pollutant. Poster session. 7th International conference on Environmental Mutagens. Mut Res. Vol 379, N° 1.
- Cachot J., Cherel Y., Kadakas V., Feist S., Vethaak D., Galgani F., Vincent F. Histopathological study and mutation analysis of ras and p53 genes in feral flounder liver tumors: relation with environmental pollutants. 7th International Conference on Environmental Mutagens, Toulouse, September 7–12, 1997.
- Cachot J., Munschy C., Cherel Y., Pfohl-Leskowicz A., Moisan K., Kadakas V., Feist S., Vethaak D., Galgani F., Burgeot T., Tronczynski J., Vincent F. (1997) Histopathological study and mutation analysis of RAS and P53 genes in feral flounder liver tumors: relation with environmental pollutants. 7^{ème} ICEM, Toulouse 7–12 septembre 1997.

- Forget J., Pavillon J.F., Bocquené G. Joint action of combination of contaminants on the mortality and AChE activity of *Tigriopus brevicornis*. (poster présenté par J. Forget) Réunion Annuelle de la SETAC– Amsterdam Avril 1997
- Gonzalez J.L., Thouvenin B., Chiffolleau J.F., Simulation du comportement du cadmium en milieu estuarien. Séminaire de travail du programme « Seine–Aval » 6–7 février 1997 (Le Havre).
- Quiniou F., Alzieu C., His E. Potential, toxicity assessment of contaminated muds using bivalve embryo bioassay. – ICCS– 1997 september 7–11 – Rotterdam, The Netherland.
- Tronczynski J., Moisan K., Munsch C. Estimation of gross annual fluxes of agrochemicals transported by the Rhone river into the Mediterranean Sea. *Third LOICZ Open Science Meeting ; Global Change Science in the Coastal Zone*, LOICZ/IGBP 10–13 october 1997, The Netherlands.
- Vincent F., Nagashima M., Takenoshita S., Khan M.A., Gemma A., Hagiwara K., Bennett W.P. Mutation analysis of the transforming growth factor– β type II receptor in human cell lines resistant to growth inhibition by transforming growth factor– β . 88th annual meeting of the American Association for Cancer Research, San Diego, April 12–16, 1997.

Rapports scientifiques et techniques

- Alzieu C., Bassoullet P., Erard Le Denn E., Grossel H., Guillaud J.F., L'Yavanc J., Le Hir P., Mauvais J.L., Monbet Y., Pommepeuy M., Quiniou F. et Romana L.A. Rapport du groupe de travail dragages.DEL.mars 1997, 77p
- Arnal O., Romana L.A., avril 1997. Rapport d'avancement des travaux (2 ème année) du programme MUREX, .
- Arnal O., juin 1997. État zéro de la zone des Calanques, et de l'archipel de Riou, Perspectives d'amélioration par la réalisation d'un émissaire en mer; volet qualité du milieu et contamination. Rapport IARE – IFREMER pour la Ville de Marseille, 103 p et annexes.
- Burgeot T. : Rapport de la réunion d'experts chargés d'examiner le programme de biosurveillance MED POL. UNEP(OCA)/MED WG. 132/7. 27 Octobre 1997 à Maltes.
- Compere C., Arzul G., Quiniou F. Camellia, Ifremer second six monthly report Period 02/03/97 till 31/08/97 – CAM 97–011 – DITI/GO/MM/97–25, 7p.
- Giraud G., Vincent F., Alzieu C., Quiniou F., Stratégie vis-à-vis des sédiments contaminés, DEL/97–05/Brest, 130p + 2 annexes.
- Gonzalez J.L., Thouvenin B. et Tomasino C. (1997) Etude des processus qui contrôlent la dynamique du cadmium dans l'estuaire. Programme Seine Aval. Rapport d'activité 1996.

- Halgand D., Arzul G., Erard Le Denn E., Fiant L., Huet J., Quiniou F., Le Claire J., Surveillance écologique et halieutique de l'environnement marin du site de la centrale de Penly (Manche est) : année 1996. – DRV/RH/RST/97-9, 68p.
- Halgand D., Arzul G., Erard Le Denn E., Fiant L., Huet J., Quiniou F., Le Claire J. Surveillance écologique et halieutique de l'environnement marin du site de la centrale de Penly (Manche est). année 1996 – Rapport préliminaire, 42p.
- Le Bourdon G. (1997) Etude de la contamination par les composés organiques des sédiments et des eaux d'étangs méditerranéens. Rapports de stage de fin d'étude 25 p.
- Moisan K., Tronczynski J. Essais d'une nouvelle technique automatisée d'extraction accélérée par solvants (ASE Dionex S.A.) de matrices solides. Rapport interne 10 p.
- Munschy C., Moisan K., Truquet I., Tronczynski J. 1997. Caractérisation chimique de la contamination organiques dans l'estuaire de la Seine. Rapport Programme Seine-Aval Exercice 1996; p 41-60.
- Parenthoën K.- DEL Brest / Université R Necker, UFR Necker, PARIS V. Recherches méthodologiques pour l'évaluation de l'écotoxicité des sédiments marins de la rade de Brest. – Rapport de DEA, 25p.
- Pavillon et al., 1997. Rapport préliminaire du contrat PNETOX n°96 5 434946.
- Quiniou F., Arzul G., Compere C. Methodology to assess the potential toxicity of antifouling substances – DEL/97-04/Brest, 8p.
- Quiniou F., Alzieu C. L'analyse des risques appliquée aux dragages. DEL/97-13/Brest, 9p.
- Quiniou F., Arzul G., Compere C. Camellia Report n° 97-019 – Ifremer Additional results, Period 31/08/97 till 30/11/97, Sub-task 3.1, Sub-task 6.2. DEL/97-18/Brest, 14p.
- Quiniou F., Segalen M., Evaluation des sédiments contaminés – GEODE année 1996. DEL/97-12/Brest, 17p + 4 annexes.

PROGRAMME SEINE AVAL (L.A. Romaña et collaborateurs)

- Rapport final 1996: Thème Hydrosédimentaire (Avr 97)
- Rapport final 1996 : Thème Microbiologie et Oxygénation (Avr 97)
- Rapport final 1996 : Thème Dynamique des Contaminants (Avr 97)
- Rapport final 1996 : Thème Edifices biologiques (Avr97)
- Rapport final de synthèse 1996 (Avr 97)
- Proposition scientifique – Exercice 1996 – Synthèse (Mai 97)
- Données brutes – Exercice 1995 (Déc 97)
- Rapport intermédiaire – Exercice 1997 (Déc 97)
- Proposition scientifique – Exercice 1997 (Mai 97)
- Proposition scientifique – Exercice 1997– Synthèse (Mai 97)
- Rapport : Séminaire scientifique 1997

- Romaña L.A., Le potentiel de recherche français sur les estuaires : comment le mobiliser sur les besoins identifiés lors du séminaire Séminaire national de travail : Evolution naturelle et artificielle des estuaires français, 1997.
- Romaña L.A., Le programme scientifique « Seine Aval ». Recherches Marines n° 17. Novembre 97, 1997.
- Romaña L.A., Rapport général de la question III : Deltas, estuaires et littoral. Journées de l'Hydraulique « L'eau, l'homme et la nature ». Revue internationale de l'eau « La Houille Blanche », 1997.
- Thouvenin B., Le Hir P., Maurice L., Romaña L.A., Synthèse des études relatives à la modélisation de l'oxygène dissous dans l'estuaire de la Loire. Rapport de synthèse de l'APEEL – 1984–1994, 1997.
- Tronczynski J., Moisan K., Munsch C., Le Bourdon G., Contribution à la caractérisation des contaminants organiques dans l'estuaire de la Seine : bilan des PCB ; transport et distribution des composés organochlorés dissous ; inventaire qualitative et identification d'empreintes. Rapport final Seine–Aval Thème Dynamique des contaminants Exercice 1997 32 p.

5.2. Autres médias ou actions de communication et de vulgarisation scientifique

- Burgeot T. : Participation à un groupe de travail Chimie Ecologie, pour la préparation d'un rapport sur les biomarqueurs destinés aux industriels .
- Claisse D. : Présentation du RNO à l'Institut Océanographique (Paris) dans le cadre de "GOOSE".

DEPARTEMENT
"MICROBIOLOGIE ET
PHYCOTOXINES"

DEL / MP

Sommaire

	Page
Bilan et faits marquants de l'année	26
<hr/>	
1. Introduction	28
<hr/>	
2. Effectifs	29
<hr/>	
3. Budget annuel	30
<hr/>	
4. Programmes et projets	31
4.1. Laboratoire « Microbiologie »	31
4.2. Laboratoire « Phycotoxines et Nuisances »	45
4.3. Les réseaux REPHY et REMI	51
<hr/>	
5. Communication et valorisation	55
5.1. Rapports et publications	55
5.2. Autres médias ou actions de communication et de vulgarisation scientifique	55
<hr/>	
6. Formation et enseignement	56
6.1. Formation donnée	56
6.2. Encadrement	57
6.3. Jury de thèse	57
6.4. Formation reçue	58
<hr/>	
7. Campagnes à la mer	59
<hr/>	
8. Perspectives	60
<hr/>	
Annexes	61

Bilan et faits marquants de l'année

L'année 1997 a été marquée par la réunion des laboratoires "Microbiologie" (MIC) et "Phycotoxines et Nuisances" (PN) de la DEL en un seul département "Microbiologie et Phycotoxines" auquel sont également rattachés les coordonnateurs des réseaux de surveillance microbiologique (REMI) et phytoplanktonique (REPHY).

Cette restructuration a entraîné des remaniements plus ou moins sensibles dans le fonctionnement des équipes (perte partielle d'un temps-cadre au labo PN).

Le laboratoire "Microbiologie" a travaillé en 1997 sur des projets correspondants à :

- des recherches définies dans le plan stratégique : étude des mécanismes de résistance des bactéries et des virus, validation du Malthus, Rejets de Dragages,
- des Programmes Nationaux (PNOC II – Lagunes méditerranéennes),
- des projets appliqués ayant des financements extérieurs : Rejets Agricoles et Bactériologie : financement Bretagne Eau Pure ; Santé-Environnement : financement du Ministère de l'Environnement et de la Région Languedoc-Roussillon ; Newtech : financement DGXII-Environnement/Climat.

Dans le cadre des premiers projets se sont inscrits des développements méthodologiques concernant en particulier la détection des microorganismes pathogènes par amplification en chaîne par polymérase (PCR) : recherche de nouvelles amorces plus spécifiques (séjour au Baylor College of Medicine de Houston de S. Le Guyader), mise au point de contrôles internes pour détecter les faux négatifs et aborder la PCR quantitative. Des études de reviviscence des bactéries stressées et la recherche de nouveaux indicateurs de contamination fécale (bactériophages) ont également été développés dans le cadre de ces projets. Pour ce qui concerne la composante "lagune" du Programme National d'Océanographie Côtière (PNOC), les travaux en bactériologie ont été orientés sur l'étude du stress afin d'obtenir des informations indispensables à la modélisation. Enfin les travaux menés sur des financements extérieurs ont permis de valider les outils (PCR), d'évaluer les niveaux et les tendances en matière de contamination bactérienne et virale sur des sites littoraux (Baie de la Fresnaye et Lagunes méditerranéennes) et de tester les techniques de désinfection des eaux usées. Parmi les faits marquants en 1997 il faut également noter l'investissement du laboratoire dans la validation du système Malthus (détection des coliformes par conductancemétrie).

Les travaux de recherche sont structurés au sein d'une unité de recherche marine (URM) qui associe l'université de Rennes (Prof. Cormier) avec le laboratoire MIC. Rennes intervient en appui essentiellement sur les aspects "mécanismes du stress bactérien" et "culture cellulaire pour la virologie". Dans ce cadre, une thèse cofinancée par IFREMER est en cours (A.S. Braux : Etude du stress chez *E. coli* en présence d'acide péracétique).

Pour le laboratoire "Phycotoxines et Nuisances", les études menées en 97 ont concerné en priorité :

- le développement des méthodes de détection (cytotoxicité, inhibition enzymatique, chromatographie liquide),
- les mécanismes de diffusion des toxines microalgales dans la matière vivante (production cellulaire, contamination/détoxication par les bivalves),

- l'évaluation du risque (toxines atypiques et risque cancérigène lié à certaines phycotoxines).

Le fait marquant en 97 pour cette équipe a été essentiellement l'étude de marché et l'acquisition en copropriété avec l'Université de Nantes d'un système de spectrométrie de masse couplée à la chromatographie liquide (LC-MS). Cet appareil est indispensable à la réalisation des étapes préparatoires pour la détermination de la structure moléculaire des toxines "atypiques", et pour la mise en évidence des dérivés de toxines connues. Il faut également noter la mise en évidence saisonnière et répétitive de concentrations sub-toxiques de toxines paralysantes dans les bivalves de deux sites français (séjour au CNRC d'Halifax de Z. Amzil).

Les travaux menés sur financements extérieurs, tels que le programme national sur les efflorescences algales toxiques (PNEAT), le CPER Poitou-Charentes et le contrat FARI, ont concerné la mise au point et l'utilisation d'un système de contamination/détoxication des bivalves en circuit fermé et l'élucidation structurale de nouvelles phycotoxines.

De même que pour le laboratoire "Microbiologie", des travaux de recherche "amont" sont assurés dans le cadre d'une unité de recherche marine qui associe le labo PN à l'unité "Substances Marines à Activité Biologique" (SMAB) de la Faculté de Pharmacie de Nantes (Pr Verbist). Outre le soutien de cette unité au laboratoire dans le cadre de la mise au point d'un test alternatif de cytotoxicité pour la détection des toxines diarrhéiques, des travaux prospectifs ont été réalisés dans le cadre d'une thèse financée par IFREMER, sur le niveau de présence et l'impact des mycotoxines marines en zone conchylicole (C. Sallenave : Recherche et étude des champignons toxinogènes dans les coquillages en culture et leur environnement).

En ce qui concerne les deux réseaux de surveillance, la refonte des textes fondateurs du REMI et la redéfinition de ses objectifs ont été un des événements marquants de l'année. Les deux responsables de réseau ont par ailleurs pris en compte les problèmes spécifiques rencontrés dans les laboratoires côtiers au cours de visites successives. De plus, dans le cadre de la mise en place de l'assurance qualité (AQ) des groupes de travail ont été créés et animés par les coordonnateurs, en lien avec le comité de pilotage "Système Qualité Surveillance" et en vue d'aboutir à la rédaction de documents "qualité".

1. Introduction

Le département Microbiologie et Phycotoxines résulte de la restructuration, en mars 1997, de la Direction de l'Environnement et de l'Aménagement du Littoral (décision PDG 97-062) et de son organisation en trois départements thématiques, un service opérationnel, une cellule d'expertise et douze laboratoires côtiers.

Le département MP a pour objectifs :

1. de comprendre le devenir des microorganismes en mer et de développer les compétences permettant, à terme, d'évaluer le risque sanitaire lié à la consommation de coquillages contaminés – en particulier par les microorganismes d'origine entérique pathogènes pour l'homme,
2. de déterminer la structure, l'origine et les voies de transformation des toxines microalgales accumulables dans les produits alimentaires marins.

L'IFREMER étant le seul organisme scientifique ayant mandat, en France, de suivre la salubrité des milieux d'élevage des coquillages destinés à la consommation, il était donc naturel d'inscrire les activités du département dans un effort national visant à améliorer l'évaluation du risque sanitaire, tant au plan opérationnel que réglementaire. Il s'agit en particulier :

1. de développer des méthodes de détection pour les microorganismes pathogènes d'origine entérique cultivables, non-cultivables et/ou stressés ainsi que d'améliorer les méthodes existantes pour la détection des phycotoxines bioaccumulables,
2. d'étudier les mécanismes de survie des germes pathogènes et de leur dissémination en milieu marin,
3. d'évaluer et prévoir l'exposition au risque consécutivement au temps de résidence des microorganismes actuels et émergents, et enfin d'anticiper le risque en mettant en évidence de nouveaux composés toxiques produits par les microalgues connues ou émergentes.

Outre le développement de techniques performantes pour la détection des particules infectieuses et des toxines microalgales, le département est amené à procéder à des études sur sites, à l'évaluation des niveaux d'exposition (finalité évaluation du risque) par l'intermédiaire d'études épidémiologiques, et à investiguer les techniques de purification et de détoxification des coquillages. Enfin, le département apporte son expertise ainsi qu'un soutien scientifique et technique aux laboratoires côtiers de l'IFREMER, en particulier dans le contexte des réseaux de surveillance REMI (microbiologie) et REPHY (phytoplancton et phycotoxines), dont la coordination est assurée au sein du département.

2. Effectifs

NANTES

Directeur du département	Patrick Lassus
Secrétariat général	Michelle Vrignaud
Gestion	Brigitte Le Pape
Coordonnateur du réseau REMI	Martial Catherine (C)
Coordonnateur du réseau REPHY	Catherine Belin (C)

Laboratoire « Phycotoxines et Nuisances » (DEL/MP/PN)

Responsable du laboratoire :	Claire Marcaillou–Le Baut
	Zouher Amzil (C)
	Michèle Bardouil (T)
	Madeleine Bohec (T)
	Monique Chatellier (T 0,5)
	Pierre Masselin (T)
	Florence Mondeguer (T)
	Véronique Séchet (C 0,5)
	Philippe Truquet (T).

NANTES, BREST

Laboratoire « Microbiologie » (DEL/MP/MIC)

Responsable du laboratoire	Monique Pommepuy
Secrétariat du laboratoire	Denise Guillerm
Gestion du laboratoire	Marie–Christine Mazé
	Laetitia Besseau (T–0,5 Contrat qualif.)
	Marie–Paule Caprais (T 0,8)
	Annick Derrien (T)
	Jacques Dupont (C)
	Elisabeth Dupray (C–0,8)
	Michèle Gourmelon (C–0,5)
	Larissa Haugarreau (T)
	Françoise Le Guyader (C)
	Dominique Ménard (T–0,8)
	Laurence Miossec (C)

3. Budget annuel

BUDGET GLOBAL DU DEPARTEMENT – 1997 :

	MIC	PN	Réseaux	Totaux
◆ Fonctionnement (KF)	498	219	33	750
◆ Investissement (KF)	665	770	-	1 435
◆ Personnel (KF)	3 996	4 046	777	8 819
Total général	5 159	5 035	810	11 004

Equipement "lourd" : acquisition d'un ensemble LC-MS auprès de la société Thermoquest, en copropriété avec l'Université de Nantes (contrat d'acquisition et de co-propriété 97/5 211 253/Y) pour un montant global de **950 KF HT**.

Le département a, au cours de l'exercice 1997, réalisé plusieurs programmes avec le concours financier de la région Bretagne, *du CG 22*, du CPER Poitou-Charentes, du DARI, du Ministère de l'Environnement, de la région Pays de Loire et de l'UE, ce qui a permis de réaliser des recettes propres d'un montant de (KF) : **530.4 KF HT**.

4. Programmes et projets

4.1. Laboratoire « Microbiologie » (DEL/MP/MIC – Monique Pommepuy)

A – Modélisation des écosystèmes côtiers

A1 – Fonctionnement des écosystèmes naturels et perturbés

A110 – Chantiers majeurs (PNOC)

PNOC2 Lagunes méditerranéennes (A11002, responsable : Jean-Marc Deslous-Paoli)

La thématique "Microbiologie sanitaire", qui apparaissait comme un thème particulier dans la première phase du Programme National d'Océanographie Côtière (PNOC I), a été regroupée avec d'autres (Eutrophisation, socio-économie, modélisation...) sur le chantier "Lagunes méditerranéennes". Le financement accordé à ce chantier n'a pas permis jusqu'à présent de mener à bien les études définies et adoptées par le conseil scientifique du PNOC sur la microbiologie sanitaire : études coopératives sur le maintien du pouvoir pathogène, la compétition de flore dans le milieu naturel et la résistance des virus en eau de mer. De ce fait nous avons orienté notre activité sur des travaux qui pourront être utiles au principal axe développé dans ce chantier : la modélisation.

L'atelier Lagunes méditerranéennes a pour objectif l'étude du fonctionnement des lagunes comme celle de Thau où coexistent des apports anthropiques, une exploitation conchylicole et des activités récréatives. Ce travail passe essentiellement par la modélisation de l'écosystème : modélisation des courants, de la production primaire et secondaire (algues, ressources exploitées) et de la dispersion des contaminants dans les différents compartiments.

En ce qui concerne la microbiologie, la modélisation du devenir des microorganismes en mer va être réalisée dans un premier temps en relation avec les modèles hydrodynamiques sur les bases des travaux publiés à l'issue du PNOC I (Troussellier *et al.*, Modélisation de la réponse bactérienne au stress). Pour développer la modélisation des études expérimentales sur le stress sont indispensables. Elles sont conduites au laboratoire et les premiers résultats sont présentés ci-dessous.

La survie des bactéries d'origine fécale dans le milieu marin littoral dépend à la fois de la qualité du milieu récepteur et de l'historique des bactéries avant rejet en mer. Si le premier facteur a été largement étudié, il n'en est pas de même du second, pour lequel seules des observations ont été rapportées. Le passage en eaux usées ou l'application de stress (oxydatifs, thermiques...) améliore la survie ultérieure dans les milieux extérieurs.

En fait, l'état physiologique des bactéries lors de leur arrivée en mer conditionne leur survie : en phase exponentielle de croissance, leur résistance sera moindre qu'en phase stationnaire. L'entrée en phase stationnaire de croissance entraîne des modifications métaboliques et des réorientations majeures de l'expression génique, se traduisant par la dégradation de certaines protéines existantes et la synthèse de nouvelles protéines indispensables pour la survie de la bactérie en état de carence. Il a été ensuite montré que le gène *rpoS* (ou *katF*), activé après l'arrêt de la croissance, contrôle par l'intermédiaire de son produit, σ^S (facteur alternatif d'initiation de la transcription), l'expression de nombreux

gènes codant pour des protéines aux fonctions adaptatives à différents stress (oxydatif, nutritionnel, osmotique...) Dans le cadre du PNOC II, nous nous proposons d'étudier les mécanismes d'adaptation des bactéries fécales lors de leur transit en eaux usées et la conséquence sur leur survie en milieu marin. L'objectif de cette étude est de vérifier le rôle du facteur σ^S , d'étudier les conditions d'expression du gène correspondant lors du transit d'*E. coli* dans les eaux usées, et de rechercher des protéines de stress néo-synthétisées. Les résultats de la première année d'étude (1997) sont présentés ici :

⇒ *Rôle du facteur σ^S* : des expérimentations en microcosmes d'eaux usées et d'eau de mer maintenue à 20 °C et éclairée, ont été conduites au laboratoire. Elles ont permis de montrer que la meilleure survie de *E. coli* lors d'un passage direct en mer est obtenue quand la bactérie possède le gène *rpoS* et se trouve en phase stationnaire. Lorsque *E. coli* est ensemencé en phase exponentielle de croissance, une meilleure survie est observée après un transit préalable de 24 heures en eaux usées. Par contre, une souche d'*E. coli* dépourvue de gène *rpoS*, voit sa résistance aux multiples stress rencontrés en mer faiblement augmentée par un séjour en eaux usées ce qui confirme le rôle majeur, mais non exclusif, de *rpoS* dans l'adaptation bactérienne aux stress.

Lorsque les bactéries sont ensemencées en phase stationnaire de croissance, on n'observe pas de différence de survie avec ou sans séjour en eaux usées.

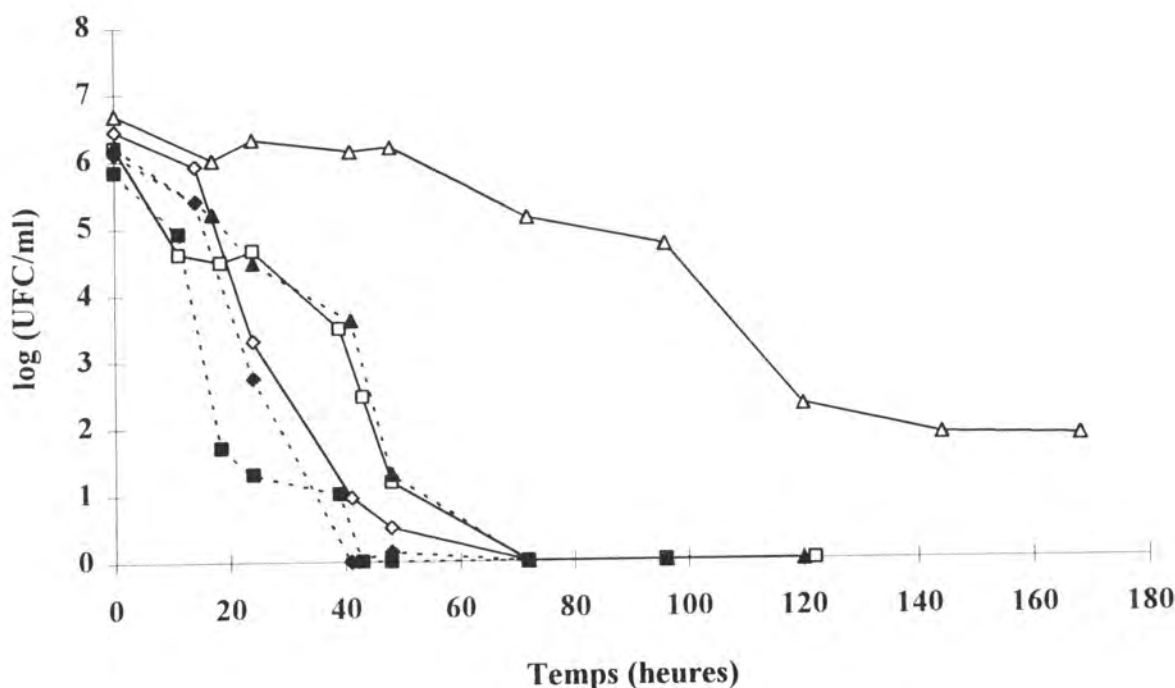
Un séjour de 3 heures seulement en eaux usées n'apporte pas de protection chez des bactéries en phase exponentielle : il semble que la bactérie n'ait pas pu mettre en place de système de régulation dans ce laps de temps. C'est pourquoi la recherche des conditions d'expression du gène *rpoS*, dans les eaux usées a été entreprise.

⇒ *Expression de *rpoS** : une souche d'*E. coli*, porteuse d'une fusion de gènes *rpoS::lacZ* a été utilisée. Le gène *lacZ* (codant pour la β -galactosidase) étant sous la dépendance du promoteur de *rpoS*, les deux gènes s'expriment conjointement. La mesure de l'activité β -galactosidase par réaction colorimétrique permet d'apprécier l'expression de *rpoS*. Différents facteurs environnementaux influençant l'expression de *rpoS* sont pris en considération : le temps de séjour en eaux usées (3, 6, 11 et 24 heures), la température (10 et 20 °C), et la concentration en matière organique.

Les premières expérimentations, réalisées à 20 °C, ont montré une expression de *rpoS* significative à partir de 11 heures de séjour en eau usée. Une réponse au stress est donc mise en place rapidement dans ces conditions, permettant à *E. coli* de surmonter les stress ultérieurs du milieu marin.

⇒ *Synthèse de protéines de stress* : six protéines (poids moléculaire variant de 13,8 à 26,9 kDa) néo-synthétisées lors du passage de 24 heures en eaux usées ont été observées chez *E. coli*. Trois de ces protéines persistent chez les bactéries après leur transfert en eau de mer. Chez la souche dépourvue de gène *rpoS* deux protéines sont observées, différentes des précédentes, indiquant que d'autres systèmes de régulation que *rpoS* interviendraient également.

Ces résultats, une fois confirmés, seront intégrés dans le modèle de physiologie bactérienne développé par l'équipe de l'Institut Océanologique Ricard dans le cadre du PNOC II.



Survie en eau de mer à la lumière de *E. coli* MC4100 et de *E. coli* RH90, mutant *rpoS*, en phase exponentielle après transit en eaux usées de 3 ou 24 heures. Passage direct, *E. coli* MC4100 (□) ; passage direct, mutant *rpoS* (■) ; eaux usées 3 h, *E. coli* MC4100 (◇), eaux usées 3 h, mutant *rpoS* (◆) ; eaux usées 24 h, *E. coli* MC4100 (Δ) ; eaux usées 24 h, mutant *rpoS* (▲).

B – Comportement des polluants

B1 – Contamination par les micro-organismes

B110 – Devenir des micro-organismes pathogènes en mer

Mécanismes de résistance des bactéries (B11001, responsable : Monique Pommepuy)

Dans ce projet, le laboratoire a développé trois actions : la mise au point d'un contrôle interne salmonelles, des essais de reviviscence de bactéries stressées et enfin la recherche de nouveaux indicateurs de contamination fécale.

• Développement d'un contrôle interne Salmonelle en biologie moléculaire

La détection d'ADN de salmonelles dans des matrices très complexes, telles que les coquillages, nous a conduit à construire un contrôle interne : en effet, les protocoles d'extraction d'ADN ne donnent pas toujours un ADN pur : il y a des substances inhibitrices co-extraites qui peuvent masquer la réaction d'amplification et conduire à des faux négatifs. La présence d'un contrôle interne permet de vérifier l'absence d'inhibiteur de façon plus rapide et moins contraignante qu'actuellement.

La PCR salmonelle mise au point au laboratoire antérieurement permet d'amplifier une séquence de 286 pb (paires de base) située dans le gène *invA*. Un contrôle interne correspondant à une séquence de plus faible taille a été construit à partir de cet amplicon d'ADN.

Nous faisons intervenir une enzyme spécifique de restriction : Sau 96 I qui incise le fragment à deux endroits bien précis. Les deux morceaux externes sont récupérés et collés

grâce à une autre enzyme : une ligase. Après purification, nous obtenons un seul fragment de 235 pb qui est inséré dans un plasmide grâce à un kit de clonage et produit en quantité adéquate.

Ce fragment a conservé ses extrémités d'origine et peut être amplifié par les mêmes amorces que l'ADN bactérien, dans le même tube. Il peut être visualisé et différencié lors de l'électrophorèse car de taille plus petite.

Des essais de sensibilité et de comparaison des bandes amplifiées permettront d'optimiser l'utilisation de ce contrôle interne en vue d'une quantification.

• **Reviviscence bactérienne après un stress**

Des expériences complémentaires à celles déjà réalisées en 1996 sur *Salmonella typhimurium* ont eu lieu. Ces bactéries placées dans des conditions marines, ont été suivies jusqu'au stade "viable non cultivable (VNC)", puis leur reviviscence a été recherchée dans des milieux liquides. A côté des bouillons classiques plus ou moins riches en éléments nutritifs, nous avons testé un composé captant le fer, la ferrioxamine E, dont l'action favorable à la reviviscence de salmonelles après séjour dans le sol, a été décrite dans la littérature; ainsi qu'un bouillon additionné de glycérol, dont le transport trans-membranaire ne demande que peu d'énergie à la bactérie. L'ensemble des résultats est reporté dans le tableau ci-dessous :

milieu de reviviscence	nombre d'expériences	nombre de VNCensemencées	résultats *
trypticase-soja	8	4 à 480	-
trypt. + glycérol	5	4 à 480	-
eau peptonée	6	3 à 52	-
eau peptonée au 1/3	3	7 à 52	-
eau pept. + ferrioxamine	3	3 à 38	-

* résultats obtenus à 37 et 25 °C, après 18 et 36 heures d'incubation.

Résultats des essais de reviviscence de *S. typhimurium*

Aucune recroissance n'a été enregistrée, ce qui pourrait être dû au fait que les conditions de stress appliquées aux bactéries aient été trop violentes : stress nutritionnel, oxydatif, osmotique, thermique. Ces conditions simulent cependant un rejet de salmonelles en milieu marin littoral, avec un ensoleillement moyen. La méthode normative d'enrichissement de *Salmonella* ne permet pas la multiplication de ces bactéries stressées, qui cependant montrent encore une activité respiratoire. Le pouvoir pathogène de ces salmonelles VNC n'étant pas formellement démontré chez l'homme, il convient donc de développer des méthodes de détection et d'évaluer leur pathogénicité.

• **Recherche de nouveaux indicateurs de contamination fécale**

La législation actuelle, basée sur un consensus international, tend à protéger les consommateurs de coquillages et les usagers des plages, en utilisant un critère de salubrité lié à la présence d'indicateurs de pollution fécale : les coliformes thermotolérants (CF) ou *Escherichia coli*. Ainsi la baignade est autorisée dans une eau où les teneurs sont inférieures à 2000 CF/100 ml (valeur impérative de la Directive européenne 76/160/CEE), et les coquillages sont déclarés consommables s'ils ont moins de 300 CF/100 g de chair (Directive européenne 91/492/CEE).

Cependant des épisodes épidémiques récents, dus parfois à des coquillages répondants aux normes de salubrité, ont fait prendre conscience à l'Union Européenne des limites de ces indicateurs. En effet, certaines bactéries et les virus entériques résistent mieux dans l'environnement que les coliformes thermotolérants. De ce fait certains préconisent de rechercher de meilleurs indicateurs du risque, en particulier viral, et proposent les bactériophages. Ces derniers sont en effet proches des virus puisqu'ils utilisent un hôte (une bactérie) pour se multiplier, ont une structure voisine des virus et résistent bien dans les environnements extérieurs. Parmi les divers bactériophages, l'intérêt s'est porté sur trois principaux groupes : les phages somatiques, les phages F-ARN spécifiques et les phages de *Bacteroides fragilis*. Au vue des études déjà réalisées, les deux derniers groupes semblent être les plus intéressants pour tracer une contamination fécale.

Le laboratoire s'est intéressé au cours de l'année 1997 aux phages F-ARN spécifiques et aux phages de *Bacteroides fragilis*. En effet, la législation européenne en matière de baignade, et plus récemment de coquillages, s'investit actuellement sur la validité de ces microorganismes comme indicateurs. Il était donc important de les tester au plus tôt vis-à-vis des résultats obtenus, notamment en virologie avec la PCR, et d'avoir ainsi notre propre expérience sur la validité de tels indicateurs. Nous nous sommes donc intéressés aux phages suivants :

- F-ARN spécifique : ces phages appartiennent à la famille des *Leviridae* (ARN simple brin) et des *Inoviridae* (ADN simple brin). Ils sont spécifiquement adsorbés sur le pili sexuel (F^-), pili codé par un plasmide chez *Escherichia coli*. L'analyse par une méthode double couche se fait soit avec une souche d'*E. coli* (HS), soit pour plus de spécificité avec une souche de *Salmonella typhimurium* (Souche WG49) dans laquelle on a introduit le plasmide. Ce bactériophage n'est pas spécifiquement humain (on le retrouve chez l'animal). Il résiste bien à la désinfection et sa survie en mer est plus longue que celle des coliformes fécaux.
- Phage de *Bacteroides fragilis* : ces phages appartiennent à la famille des *Syphoviridae*, ils infectent spécifiquement les bactéries anaérobies rencontrées dans le tractus intestinal humain. La méthode d'analyse diffère peu de celle des F-ARN, mais la bactérie *Bacteroides fragilis* s'avère délicate et difficile à cultiver (condition d'anaérobiose). Par ailleurs le faible nombre de ce type de phages présent dans l'environnement exige le plus souvent de passer par des méthodes de concentration. Cependant le phage de *Bacteroides fragilis* présente l'intérêt d'être spécifiquement d'origine humaine ce qui rend sa recherche particulièrement intéressante.

En 1997 nous avons recherché les phages F-ARN sur des échantillons des lagunes méditerranéennes. Les phages sont recherchés dans l'hépatopancréas des coquillages et extraits selon une méthode simplifiée, dérivée de celle utilisée en virologie pour les analyses PCR. Les premiers résultats montrent une plus grande concentration en phages dans les coquillages élevés dans les zones contaminées que dans les zones classées A et une plus forte contamination pendant les mois d'hiver en relation avec les concentrations en coliformes thermotolérants. On retrouve des similitudes avec les résultats obtenus en PCR pour la recherche des virus (plus forte concentration en hiver qu'en été). Des améliorations au niveau de l'analyse (choix des souches, extraction, concentration) sont en cours. Des traitements statistiques permettant de valider ces données par rapport aux coliformes fécaux ou aux virus vont être réalisés lorsque des séries statistiquement significatives seront obtenues.

Virologie (B11002, responsable : Françoise Le Guyader)

Cette année des travaux méthodologiques ont été réalisés sur deux virus majeurs impliqués dans les épidémies : les calicivirus et les astrovirus ; par ailleurs l'application de ces techniques PCR à un cas particulier (épidémie en Grèce) est reportée.

• Travail sur les amorces calicivirus

La famille des *caliciviridae* regroupe un nombre important de souches infectant l'homme ou les animaux. Parmi les virus affectant l'homme cette famille regroupe le virus de l'hépatite E et des virus responsables de gastro-entérites : les virus de type Norwalk et SRSVs (Small Round Structured Viruses). La caractérisation génomique de différentes souches de ces virus de gastro-entérite a mis en évidence une diversité considérable et une classification des souches en 3 génogroupes a été établie.

Cette diversité est un problème pour leur mise en évidence. En effet, partant du fait que la région codant pour la polymérase est normalement conservée chez les virus à ARN, des couples d'amorces ont été désignés pour amplifier cette région du génome. Rapidement les résultats des travaux obtenus par diverses équipes ont montré la nécessité d'utiliser plusieurs couples d'amorces pour détecter les 3 génogroupes. En effet l'utilisation d'un seul couple d'amorces privilégie l'amplification d'un génogroupe et peut biaiser les résultats d'épidémiologie moléculaire.

La mise au point en collaboration avec un laboratoire américain d'une amorce dégénérée pour réaliser la RT (transcription de l'ARN génomique en ADNc avant PCR) a permis de résoudre partiellement ce problème et cette amorce est maintenant utilisée par plusieurs équipes. Cependant l'étape suivante de PCR nécessite l'utilisation de 4 couples d'amorces et d'au moins 5 sondes ce qui représente un travail lourd et un coût d'analyse élevé.

Nous avons donc essayé de définir une autre amorce de type dégénéré pour compléter l'amplification. L'alignement de toutes les séquences disponibles des différents virus a permis la sélection d'une région conservée (à l'exception de quelques bases) qui semblait convenir en théorie. Cette séquence se situe au début de la région codant pour la protéine de capsid. Les essais réalisés au laboratoire sur les souches prototypes des différents génogroupes (souches de référence fournies par M. Estes (BCM, Houston) et D. Brown, (PHLS Londres) a montré une faible sensibilité sauf pour le génogroupe 3. Tous les paramètres pouvant influencer la sensibilité de la PCR ont été étudiés : variation de la température d'hybridation, concentration en amorce, dénaturation de l'ARN viral, dNTP, MgCl₂... Malgré cela la sensibilité obtenue pour les génogroupes 1 et 2 n'est pas satisfaisante.

• Détection des astrovirus

Les astrovirus ont été décrits en 1975 dans des épidémies de gastro-entérites chez des jeunes enfants et ont été nommés ainsi en raison de leur structure apparente en forme d'étoile.

Ces virus sont rencontrés dans tous les pays et, dès l'âge de 10 ans, 80 % des enfants présentent l'évidence d'une infection ancienne. Chez les adultes, le rôle de ces virus dans les phénomènes de gastro-entérite est mal connu en raison de la difficulté pour les mettre en évidence.

Ces virus ont un génome à ARN positif de 6.8kb. Sept sérotypes ont été distingués jusqu'à présent, dont certains ont été entièrement séquencés. L'analyse bibliographique a permis de sélectionner des amorces situés dans la région 3'NC, conservée jusqu'à 94 % entre les sérotypes 1 et 2. Ces amorces permettent d'amplifier un fragment de 89bp. Après mise au

point des conditions de PCR (concentration en MgCl₂, température d'hybridation des amorces) des échantillons ont été analysés. Ainsi 32 % des échantillons de coquillages se sont révélés positifs (45 parmi 141 échantillons). La fréquence de détection était plus élevée pour les coquillages prélevés en zone insalubre (56 % de positif soit 32 échantillons positifs parmi 57 prélèvements) qu'en zone salubre (15 % de positif soit 13 échantillons parmi 84 prélèvements). Au vu de ces premiers résultats, la distribution saisonnières de ces virus semble suivre celle des rotavirus avec, dans les 2 cas, une plus forte fréquence de détection dans l'environnement pendant les mois d'hiver et début du printemps. Ces données sont en accord avec l'épidémiologie clinique de ces virus.

• Détection de calicivirus dans l'eau

De mai à août 1997, de nombreux cas de gastro-entérites sont apparus dans un hôtel de thalassothérapie en Grèce. La symptomatologie observée supposait une origine virale probablement due à un calicivirus. L'épidémie s'est arrêtée vers la fin du mois d'août mais des cas sont de nouveaux apparus au mois d'octobre. Après analyse sur place des divers facteurs de risque, l'eau de distribution semblait être considérée comme l'agent responsable de ces cas de gastro-entérite. Des prélèvements d'eau potable (4 prélèvements situés en divers points de l'hôtel) ont donc été réalisés et envoyés pour analyse au laboratoire.

Deux méthodes de concentration ont été comparées : concentration de 500 ml d'eau par précipitation au PEG ou ultracentrifugation pendant 1 heure de 10 ml. Les acides nucléiques ont été extraits soit selon la technique classique de lyse enzymatique puis purification des ARN, soit par l'utilisation d'un kit commercial (RNA+, Qiagen). Les principaux virus entériques humains ont été recherchés par RT-PCR puis hybridation. L'ARN de calicivirus a été détecté dans 2 prélèvements d'eau par 2 couples d'amorces dans les extraits effectués par le kit Qiagen après ultracentrifugation. Tous les autres extraits se sont révélés négatifs. Par ailleurs aucun autre virus entérique n'a été détecté.

Parallèlement 6 échantillons de selles avaient été envoyés au CHU de Dijon. L'analyse a été effectuée selon le même protocole : extraction par le kit Qiagen puis RT-PCR dans les mêmes conditions que celle mise au point au laboratoire. L'ARN de calicivirus a été détecté dans 5 échantillons avec les mêmes couples d'amorce que pour les échantillons d'eau.

Les produits de PCR ont été séquencés directement (à Dijon et à Paris). La comparaison des séquences a montré une différence de 14 bases sur 380 bases séquencées (3,7 % de différence). Toutes ces mutations sont silencieuses au niveau de la séquence en acide aminé qui est identique dans tous les échantillons.

La technique utilisée, basée sur l'ultracentrifugation et l'utilisation d'un kit, présente l'avantage d'être très rapide (obtention des acides nucléiques prêt pour analyse en 4 h contre 24 h au moins pour la technique de concentration par le PEG puis extraction par lyse enzymatique).

Au niveau épidémiologique, ces données démontrent une très probable implication de l'eau de distribution dans les phénomènes de gastro-entérite.

Newtech (B11003, responsable : Monique Pommepuy)

Le projet Newtech "Development of new techniques for waste water disinfection" avait pour objet d'évaluer l'efficacité des ultraviolets (UV), de l'ozone et de l'acide peracétique pour éliminer ou réduire la charge microbienne des eaux usées avant le rejet dans les eaux côtières, les rivières ou les lacs.

Ces études ont été réalisées sur des pilotes et en laboratoires par une action coopérative des équipes suivantes : le laboratoire de microbiologie de l'IFREMER, le centre de recherche de la Lyonnaise des Eaux (Cirsee), les universités de Rennes, Witten (Allemagne), Bilbao (Espagne) et Trondheim (Norvège). Les résultats ont été rendus à l'Union Européenne à la fin des 3 années d'étude (janvier 1997).

Les conclusions principales de cette étude sont les suivantes :

- L'acide peracétique du fait de sa faible efficacité, de la production de matière organique dégradable et d'éléments toxiques, et de la possibilité de recroissance bactérienne est peu recommandé. De plus il est d'utilisation coûteuse.
- Les U.V. sont efficaces vis-à-vis des bactéries, mais des doses importantes sont nécessaires pour diminuer la charge virale. Il n'y a pas ou peu de production d'éléments toxiques ou de composés biodégradables.

Le coût des U.V. est très dépendant des coûts d'investissement et des caractéristiques de la station d'épuration. Ainsi en Allemagne, le coût calculé sur des pilotes existants varie de 0,03 à 0,1 Ecu/m³. Le coût de l'énergie d'un pays à l'autre variant de 0,034 à 0,13 Ecu/kWh, l'incidence sur le coût du traitement par U.V. est de 0,095 à 0,105 Ecu/m³.

Par contre, le coût de la main d'oeuvre qui varie de 5 à 22 Ecu/h dans la communauté européenne à une faible influence sur le coût de traitement.

En fait, c'est la qualité de l'effluent qui a la plus forte incidence sur le coût : de 0,081 Ecu/m³ (effluent A) à 0,036 Ecu/m³ (effluent B).

- L'Ozone est efficace aussi bien sur les bactéries que sur les bactériophages (et donc sur certains virus) ; les doses appliquées sont fonction, comme pour les autres types de traitement, de la qualité de l'effluent (influence de la turbidité).

Cependant des composés toxiques ou biodégradables peuvent être produits en particulier lorsque les eaux traitées contiennent des effluents industriels.

Comparé aux U.V., l'influence du coût de l'énergie pour l'ozone est plus important. La variation du coût de l'énergie entraîne, pour un traitement par ozonation, une variation de 0,059 à 0,269 Ecu/m³.

L'influence de la qualité de l'effluent sur le coût du traitement, comme pour les U.V., est très forte. Ainsi traiter un effluent de type e revient à 0,085 Ecu/m³ alors que pour un effluent de type B, le coût est de 0,036 Ecu/m³, soit une réduction de 58 %.

Enfin, sur le plan économique, l'ozone et les U.V. sont aussi compétitifs l'un que l'autre pour des stations de fortes capacités (> 100 000 équivalents/habitants).

Rejets agricoles et bactériologie (B11004, responsable : Elisabeth Dupray)

Ce programme, commencé en septembre 1996, a pour but d'évaluer l'impact des rejets animaux sur la qualité bactériologique de coquillages élevés en baie de la Fresnaye (Côtes d'Armor), en aval de deux bassins versants sur lesquels sont implantés de très nombreux élevages, alors que la population humaine est faible (6 000 habitants). C'est un secteur classé en zone d'excédent structurel, ce qui signifie que la production de lisier est largement

supérieure aux possibilités agronomiques de fertilisation par épandage. En ce qui concerne les coquillages de la baie, leur qualité bactériologique évaluée par l'IFREMER dans le cadre du réseau REMI au travers des concentrations en coliformes fécaux, est médiocre : classe B selon l'arrêté du 21 juillet 1995.

Le rôle du ruissellement après épandage de lisier est étudié lors de campagnes de prélèvement d'eaux de rivière et de coquillages, réalisées dans des situations caractéristiques de crue et d'étiage. Parallèlement à la numération classique des bactéries témoins de contamination fécale (coliformes et streptocoques fécaux), sont dénombrées cinq espèces bactériennes potentiellement pathogènes pour l'homme : *Salmonella*, *Campylobacter*, *Yersinia enterocolitica* toutes les trois responsables de gastro-entérites, *Listeria monocytogenes* provoquant des avortements, des méningites et des septicémies chez des personnes fragiles, *E. coli* VTEC producteur de vérotoxines et provoquant des gastro-entérites hémorragiques (*E. coli* O157 appartient à ce groupe). En dehors de tout épisode pathologique, 10 à 25 % des animaux d'élevage hébergent ces bactéries, et les rejettent de façon continue et asymptomatique dans leurs déjections. L'originalité de l'étude réside dans cette recherche quantitative de bactéries pathogènes, lors de périodes d'autorisation et d'interdiction d'épandages, dans des situations caractéristiques de pluviométrie.

Lors de chaque campagne de prélèvements, les rivières se jetant dans la baie ainsi que les parcs à huîtres sont échantillonnés. Les débits instantanés des rivières sont mesurés. La pluviométrie quotidienne sur le bassin versant est fournie par la station Météo France de Quintenic. Les analyses bactériologiques sont réalisées de façon semi-quantitative :

- *Salmonella* et *Yersinia* (PCR) : IFREMER laboratoire de Microbiologie DEL/MP,
- CF, *Streptocoques* et *Salmonella* par culture : IFREMER DEL Saint-Malo,
- *Listeria* : IFREMER DEL Concarneau,
- *E. coli* VTEC : CNEVA / Laboratoire Central d'Hygiène Alimentaire, Paris,
- *Campylobacter*. Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, UA INRA Hygiène Alimentaire.

Principaux résultats et perspectives :

La première année de ce programme a vu la réalisation de quatre campagnes de prélèvements : novembre 1996, février, mai et novembre 1997. Compte tenu de la fréquentation touristique du littoral, la période estivale est évitée afin de ne pas avoir d'interférences avec des rejets humains. Ces campagnes ont été réalisées en période d'autorisation d'épandage de lisier (selon le Règlement Sanitaire Départemental) et en situation d'étiage ou de pluies faibles. En effet, un déficit important en pluies a régné plusieurs mois sur la zone d'étude. Ces conditions météorologiques ne nous ont pas encore permis d'étudier de situation de crue.

L'analyse des premiers résultats montre une contamination bactérienne possible des coquillages en période d'épandages et de sécheresse, comme nous l'avons observé en février, lorsque des épandages intensifs ont lieu sur des sols nus.

D'autre part, malgré une numération faible en coliformes fécaux, des espèces bactériennes pathogènes pour l'homme sont détectées dans les coquillages. Les plus fréquemment isolées étant *Salmonella*, *Listeria* et *Yersinia* à des concentrations pouvant dépasser 400/100 g. Ces pathogènes sont également retrouvés dans les rivières drainant les bassins versants de la baie de la Fresnaye, indiquant leur vraisemblable origine animale. Rappelons que sur les deux bassins versants sont recensés environ 1,5 million équivalents-homme en animaux, pour 6 000 habitants. Cette mise en évidence de bactéries pathogènes dans des coquillages faiblement contaminés en coliformes fécaux, pose le problème de la représentativité des indicateurs de contamination fécale pour l'évaluation de la

contamination en bactéries pathogènes. On remarque que sur l'ensemble des analyses, *Campylobacter* est l'espèce la moins fréquemment détectée, ce qui peut être expliqué soit par des apports faibles, soit par une mauvaise survie dans l'environnement.

Santé Environnement (B11005, responsable : Laurence Miossec)

• **Etude lagunes méditerranéennes**

L'objectif principal de cette étude, commencée à l'automne 1997, est d'étudier les relations entre les phénomènes épidémiques d'étiologie virale dans la population et la contamination virale de l'environnement littoral principalement d'origine urbaine (station d'épuration). Les sites étudiés sont l'étang de Thau, celui du Prévost ainsi que les canaux de Sète et les principales communes environnantes (Hérault).

Les premiers résultats obtenus dans les coquillages montrent qu'il est actuellement possible de détecter sur des échantillons naturels le virus de l'hépatite A et les principaux virus impliqués dans les gastro-entérites (entérovirus, calicivirus, rotavirus et astrovirus). Ils soulignent également la performance actuelle des techniques de biologie moléculaire pour rechercher ces pathogènes.

Cette contamination virale a été enregistrée dans les 3 secteurs étudiés ; elle semble, cependant, plus importante dans l'étang du Prévost et dans les Canaux de Sète que dans l'étang de Thau. Le virus de l'hépatite A n'a jamais été retrouvé jusqu'alors dans l'étang de Thau, alors qu'il a été détecté chaque hiver dans l'étang du Prévost, secteur sous influence des rejets urbains de Montpellier. Par contre, les premiers résultats obtenus dans les stations d'épuration soulignent une très faible contamination par ce virus ; il n'a été retrouvé que 2 fois dans les eaux épurées sur 16 mois de suivi, une fois dans les eaux de la station d'épuration de Sète qui se rejettent en mer et une fois dans celles de la station de Montpellier qui sont évacuées dans le Lèz, rivière pouvant contaminer l'étang du Prévost suivant l'orientation des vents. Dans ce dernier secteur, la souche virale de VHA détectée dans les coquillages en décembre 96 était identique à celle trouvée dans les eaux usées en octobre de la même année.

La contamination virale, observée sur les 3 secteurs d'étude, est marquée par un effet saisonnier avec une fréquence plus importante des virus responsables de gastro-entérites en hiver. Les entérovirus sont également plus fréquemment trouvés en hiver dans les 3 secteurs d'étude, avec de plus pour l'étang de Thau une contamination notable en été.

Les résultats comparant la contamination virale (en terme de présence de virus) et la contamination fécale (au travers des coliformes thermotolérants) dans les coquillages montrent qu'une contamination fécale importante s'accompagne le plus souvent d'une contamination virale. Par contre, l'absence de contamination fécale ne garantit pas une absence de virus dans les coquillages. Ces premiers résultats soulignent la faible représentativité des indicateurs de contamination fécale vis-à-vis du danger viral.

Dans la population, une épidémie de gastro-entérites à calicivirus humains a été mise en évidence sur la région de Montpellier et de Sète au cours de l'hiver 96/97. Cette épidémie est caractérisée par une co-circulation de souches des génogroupes 1 et 2. Par contre, aucun rotavirus n'a été trouvé dans les selles échantillonnées. Cela tient principalement à l'âge des malades, tous adultes, et au mode de collecte des échantillons, en population générale. Les rotavirus sont en effet impliqués dans les épidémies hivernales de gastro-entérites observées chez les jeunes enfants ou chez les vieillards lors d'infections nosocomiales.

- **Analyse de risque : évaluation des expositions, aspect production et consommation des coquillages**

Les recherches menées sur la contamination microbiologique mettent en évidence la présence de microorganismes responsables de gastro-entérites et d'hépatites virales dans les coquillages présents en zone littorale. Ces premiers résultats posent le problème du risque associé à la contamination des coquillages contaminés.

L'évaluation d'un risque pour la santé publique est une démarche bien structurée qui intègre différentes disciplines (épidémiologie, pathologie, microbiologie, probabilité, modélisation mathématique, analyse des systèmes, etc.). Elle comporte quatre étapes :

- 1 – l'identification des dangers,
- 2 – l'étude de la relation dose-effet,
- 3 – l'estimation des expositions,
- 4 – la caractérisation des risques.

Le laboratoire « Microbiologie », par les recherches qu'il mène sur la mise en évidence des pathogènes en milieu marin, participe à l'étape 3. Il s'agit de l'appréciation qualitative et/ou quantitative de la probabilité d'exposition à l'agent pathogène. Cela nécessite d'estimer le niveau de contamination du coquillage dans son milieu biologique et de connaître son devenir en tant que produit commercialisé (étude des circuits de commercialisation) et produit consommé (étude des habitudes alimentaires vis-à-vis du produit).

Sur ce thème, une première étude a été réalisée en 1997, dans le cadre d'un stage de DESS (Eaux-Santé-Environnement, Université Victor Ségalen – Bordeaux 2) ; elle a permis de faire le point sur les conditions générales de production, de commercialisation et de consommation des coquillages en France.

- **Etude épidémiologique : cas de Poitiers (mars 1997)**

Un phénomène épidémique de gastro-entérites a été enregistré parmi les participants d'un congrès en mars 1997 à Poitiers, touchant environ 17 % des participants. La période d'apparition des symptômes et les signes cliniques ont orienté les soupçons vers une toxoinfection alimentaire et vers une étiologie virale des gastro-entérites. Les aliments servis au cours des repas suspects, notamment des huîtres, ont été analysés.

L'étude épidémiologique a mis en évidence une association forte avec la consommation d'huîtres. Les analyses virales par RT-PCR et hybridation moléculaire ont montré que les huîtres servies lors d'un des repas étaient positives pour les calicivirus humains (Hu CV), de même que 3 échantillons de selles de malades parmi les 4 selles analysées. Une séquence identique de Hu CV a été mise en évidence dans les coquillages et dans 2 selles de malades parmi les 3 positives.

Ces huîtres provenaient d'un établissement conchylicole situé dans la rivière de Saint-Philibert (Morbihan), secteur ayant subi de fortes pluies pendant la période de stockage des coquillages en ce lieu. Cet événement météorologique exceptionnel a entraîné un débordement du réseau de collecte des eaux usées avec un rejet direct dans l'environnement marin. Il est probablement à l'origine de la contamination virale de cette zone de production, classée A en fonction des normes de salubrité des coquillages destinés à la consommation humaine. La convergence des données cliniques, épidémiologiques et virologiques conforte l'hypothèse de l'implication des huîtres, contaminées par une souche de Hu CV, dans l'épidémie de gastro-entérites observée. Cette étude souligne la fragilité des zones de production conchylicole classées A vis-à-vis d'une contamination virale des eaux littorales.

B2 – Contamination chimique : apports, devenir et effets

B230 – Analyse des risques pour les consommateurs

Rejets de dragages : Géode, qualité des sédiments portuaires (B23002, responsable C. Alzieu)

Le projet s'est mis en place en cours d'année 1997. Suite à une enquête auprès des laboratoires côtiers et l'établissement d'un bilan succinct des connaissances, le groupe de travail a remis fin mars 1997 un rapport d'orientation du programme de recherches. En appliquant une démarche d'analyse des risques, il a été décidé de faire porter l'effort du projet sur cinq domaines :

- la caractérisation des sédiments dragués du point de vue chimique et biologique,
- l'évaluation de la toxicité potentielle des sédiments,
- l'évaluation du transfert de la charge polluante dans le champ proche des points de rejets (immersions, émissaires),
- la définition de critères de sensibilité des écosystèmes soumis à l'impact des rejets,
- le développement d'une instrumentation spécifique.

Plus spécifiquement, trois actions sont destinées à préciser les risques sanitaires imputables aux dragages et seront développées à DEL/MP/MIC :

1. Le suivi des indicateurs de pollution fécale : coliformes thermotolérants, streptocoques fécaux ;
2. Une étude microbiologique visant à déterminer la présence de microorganismes pathogènes : virus et bactéries stressées ou sporulées. On s'intéressera particulièrement à *E. coli*, aux salmonelles, aux *Clostridium* (*Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*) et aux principaux virus entériques humains. Une attention particulière sera portée sur la détection des rotavirus qui présentent une meilleure résistance dans l'environnement que les entérovirus. Leur signification en tant qu'indicateurs de contamination ancienne sera recherchée ;
3. L'étude du devenir des microorganismes pendant le clapage et la sédimentation sur le site du rejet, en prenant en considération : la relation bactéries libres-bactéries adsorbées, la qualité du sédiment, la modélisation du comportement des microorganismes pendant la dilution et la sédimentation. La reviviscence bactérienne en fonction des modifications de la matrice par dilution du sédiment lors du clapage sera également étudiée. De plus ce travail mettra en oeuvre l'utilisation de bactéries mutantes pour étudier le stress des bactéries dans le sédiment et, si elle existe, la levée du stress lors de la dilution dans l'eau de mer.

Le travail a débuté au laboratoire par une recherche bibliographique des méthodes analytiques employées pour décrocher et analyser les bactéries. Des premières études sont en cours et portent en particulier sur l'optimisation de la recherche des *Clostridium perfringens*.

C – Observation et surveillance de la mer côtière

C1 – Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin

C170 – Appui méthodologique aux réseaux

Soutien méthodologique en bactériologie (Malthus) (C17005, responsable : J. Dupont)

Le projet Malthus a pour objectifs d'évaluer les problèmes rencontrés lors de l'utilisation de l'appareil et de valider la méthode Malthus au plan réglementaire en vue de l'accréditation des laboratoires côtiers pour cette méthode.

En 1997, l'évaluation des problèmes a été faite sur la base des visites effectuées dans les laboratoires côtiers, le dépouillement des fiches d'intervention du SAV Malthus et l'examen des courbes de conductance de l'année 1996.

Pour ce qui concerne le système analytique, des défaillances ont été relevées principalement sur le moteur d'agitateur, la carte mère et les câbles de liaison ordinateur-incubateur. Le coût moyen du remplacement des pièces défectueuses atteint 3000 F par incubateur et par an (hors contrat SAV). La part qui revient au renouvellement du parc de cellules de mesure dans le coût de l'analyse a été estimée à environ 3 %, ce qui est très raisonnable. Le logiciel Flexi, dont différentes versions étaient jusqu'à présent en service dans les laboratoires, présente un certain nombre d'anomalies. Cependant, le problème majeur reste actuellement l'absence de SAV en France.

Pour ce qui concerne l'analyse colimétrique, des difficultés d'interprétation des résultats sont occasionnellement rencontrées en raison de l'aspect inhabituel des courbes de conductance. Environ 4 % des échantillons donnent des courbes de conductance atypiques pouvant conduire à une surestimation de la contamination. Ces courbes sont dues à un effet matrice qui semble être lié à l'état physiologique des coquillages (engraissement des coquillages ou développement des gonades) et qui entraîne probablement une diminution de la sélectivité du milieu de culture permettant la croissance de germes interférents. L'interprétation du résultat pose problème surtout pour les courbes à double palier (2,5 % des échantillons) principalement observées avec les tellines et les palourdes.

Le contrôle de l'état de fonctionnement des appareils a été réalisé en septembre par la société Malthus et les pièces défectueuses ont été remplacées. Trois incubateurs de secours (un par façade maritime) ont été installés à Port-en-Bessin, Nantes et Sète pour faire à face à d'éventuelles urgences en attendant qu'un nouveau distributeur assure le SAV des appareils en France. Malthus a également installé dans tous les laboratoires côtiers une nouvelle version du logiciel sous DOS qui ne doit plus en principe présenter de défaut.

L'homogénéité de réponse des incubateurs a par ailleurs été testée et des travaux concernant l'amélioration de la spécificité de la réponse conductancemétrique ont débuté. Les résultats obtenus jusqu'à présent semblent montrer une diminution de l'effet matrice lorsque l'échantillon est homogénéisé par malaxage au moyen du stomacher. Les travaux doivent se poursuivre en 1998.

Dans le cas des courbes à un palier (avec $TD \leq 9,2$ h), les valeurs des paramètres suivants ont été déterminées et sont à prendre en compte pour valider le temps de détection : variation totale de conductance $\geq 100 \mu\text{S}$, vitesse maximale de la variation de conductance $\geq 70 \mu\text{S/h}$, temps de détection situé en deçà du premier tiers de la pente.

Trois laboratoires (Wolff, LBCO et IDAC) susceptibles d'être laboratoire expert dans le cadre de la validation AFNOR de la méthode Malthus ont été contactés pour une évaluation du coût de la validation (études préliminaire et collaborative). Si l'on excepte le laboratoire Wolff dont l'évaluation est très élevée (1,35 MF), il en ressort un coût moyen de l'ordre de 600 kF sans compter la participation des laboratoires IFREMER à l'étude collaborative.

Des discussions ont été engagées avec IDG-Malthus dont l'accord de principe est acquis concernant la procédure de validation AFNOR. Les négociations sur le financement de la validation butent actuellement sur le niveau de participation financière de IDG qui doit aussi trouver un nouveau distributeur de ces produits pour la France, condition indispensable pour une demande de validation.

Par ailleurs, une démarche a été effectuée à notre initiative auprès de l'AFNOR pour réviser la norme actuelle sur le dénombrement des coliformes fécaux dans les coquillages de façon à la rendre compatible avec les exigences techniques de la directive 91/492 CEE (test NPP 3 x 5 tubes). Un groupe de travail sur le sujet a été mis en place à cet effet au début de l'année 1998. La recalibration de la méthode Malthus devra être effectuée par rapport à cette nouvelle méthode de référence.

**4.2. Laboratoire « Phycotoxines et Nuisances » (DEL/MP/PN) – Claire Marcaillou–
Le Baut**

B – Comportement des polluants

- B1 – Contamination par les micro-organismes
- B120 – Toxines algales

Conditions de production des toxines DSP (B12002, responsable : Véronique Séchet)

La compréhension des mécanismes de production toxinique chez les microalgues marines responsables du syndrome DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning) passe par la mise en culture de ces espèces et par la maîtrise des facteurs pouvant influencer la toxinogénèse. Ces facteurs peuvent être d'ordre environnemental (conditions de milieu, facteurs limitants) ou biologiques (cycle biologique, présence de symbiotes). Dans la mesure où, depuis dix ans, aucune équipe – nationale ou internationale – n'a réussie la mise en culture des *Dinophysis* spp, producteurs les plus répandus des toxines diarrhéiques, d'autres dinoflagellés toxiques DSP sont utilisés pour ce type d'études, en particulier *Prorocentrum lima*.

Le laboratoire PN s'est employé, dans un premier temps, à vérifier l'éventualité d'une production de toxines DSP par des bactéries associées à *P. lima* en culture ou à des échantillons sauvages de *Dinophysis*.

Les études sur la toxinogénèse autonome des bactéries isolées dans l'environnement proche de ces espèces ont abouti à la rédaction d'un rapport final qui rejette cette hypothèse. Il apparaît donc que, contrairement aux premières hypothèses sur le rôle de bactéries associées, la synthèse de toxines diarrhéiques est bien contrôlée par les microalgues toxiques concernées et non par un symbiote.

En ce qui concerne les cinétiques de production des phycotoxines diarrhéiques ces travaux ont été également réalisés sur des cultures de *Prorocentrum lima*, dinoflagellé benthique dont la mise en culture ne présente pas de problème majeur. L'étude a bénéficié d'une collaboration avec le laboratoire du Dr M. Quilliam, de l'Institut des Biosciences Marines, du Conseil National de Recherches du Canada à Halifax.

La production intracellulaire des toxines DSP dans les cultures de *P. lima* a donc été estimée tandis que l'étude des profils toxiques a permis la mise en évidence d'un nouvel isomère de la Dinophysistoxine 1 (DTX1) et d'esters de l'acide okadaïque (AO).

Pour cela, plusieurs souches de *P. lima* (Nouvelle-Calédonie, Saint-Barthélémy et Espagne), ont été cultivées en milieu de Keller et analysées en LC-MS pour déterminer les concentrations de toxines DSP en fonction de la croissance cellulaire. Chaque isolat a été cultivé en condition axénique et non axénique. Deux méthodes d'extraction ont été utilisées:

- par chauffage (afin de détruire les enzymes avant extraction et ainsi bloquer l'hydrolyse des espèces conjuguées),
- par congélation /décongélation (de façon à favoriser l'hydrolyse enzymatique des espèces conjuguées en AO et en DTX).

Les analyses par LC-MS en mode négatif ont montré que les toxines DSP étaient présentes en majorité sous forme de DTX4 dans la cellule, soit une forme "inactivée" hydrosoluble de l'AO (ester sulfaté).

- Les analyses LC-MS en mode positif ont permis de quantifier l'AO, la DTX1 et un nouveau composé, qui est un isomère de la DTX1, dans la souche de Saint-Barthélémy.

- L'axénisation des souches n'a pas modifié leur profil toxinique mais une augmentation du taux de production intracellulaire a été démontré.

Du fait de la nécessité de disposer de biomasses algales importantes pour suivre la toxinogénèse, des systèmes de culture plus performants ont été étudiés.

Ainsi, en ce qui concerne l'adaptation de bioréacteurs à la culture des dinoflagellés, cette action a été menée en commun avec laboratoire Algologie/DRV, de Nantes.

Les essais préliminaires sur les cultures de *Prorocentrum lima* et d'*Alexandrium minutum* ont donné de bons résultats pour les cultures d'*Alexandrium minutum*. Cependant, *Prorocentrum lima* est plus difficile à adapter à ce type de bioréacteurs en raison de son caractère épiphyte et d'une forte production de mucus.

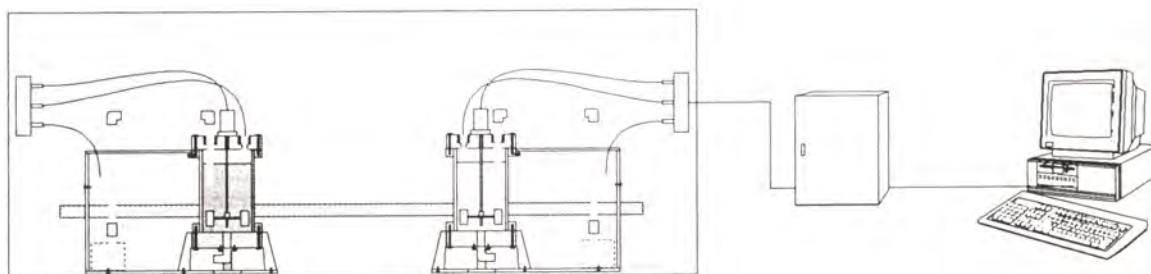


Schéma du prototype de bioréacteur utilisé pour la culture en masse de dinoflagellés toxiques.

B130 - Epuration des bivalves

Décontamination PSP et écophysiologie des bivalves filtreurs (B13001, responsable : Patrick Lassus)

Dans le cadre d'études financées par le ministère de l'environnement et la région Poitou-Charentes, le comportement alimentaire d'huîtres contaminées par une microalgue toxique française a été étudié.

A la suite des essais concluants de 1996, deux expériences ont été réalisées en mars et novembre 1997 sur des huîtres creuses (*Crassostrea gigas*) maintenues en eau de mer naturelle thermorégulée à 16°C et "recirculée" avec un débit de 800 L/h. Ces essais avaient pour but :

1) de compléter les données écophysiologiques obtenues en 1996 sur *C. gigas* alimenté successivement avec un régime toxique (*Alexandrium minutum*) et non-toxique (*I.galbana* et *T.suecica*). Deux diatomées non-toxiques (*T.weissflogii* et *S.costatum*), ont été également utilisées en régime de détoxification dans les mêmes conditions qu'en 96, à savoir que la même quantité de particulaire total a été administrée pendant la contamination et la détoxification.

2) de comparer le comportement alimentaire de l'huître nourrie soit avec *A. minutum*, soit avec un témoin non toxique : *Srippsiella trochoidea*. De plus cette expérience permettait d'évaluer la relation ["activité valvaire" / contamination] en quantifiant individuellement la concentration toxinique de fin de contamination et la période pendant laquelle les valves étaient ouvertes ou fermées.

Les résultats ont montré une activité valvaire réduite (40 à 50 % de la population avec les valves entrouvertes) lors des expositions à *A.minutum*, et sans récupération au cours du temps. Au niveau individuel, il apparaît, pour des concentrations toxiques supérieures au seuil de salubrité de 80 µg éq.STX/100g de chair, qu'une relation linéaire existe entre l'activité et la teneur en toxine. Néanmoins, cette relation devra dans l'avenir être affinée ($R = 0.44$) en estimant directement l'activité alimentaire au cours du temps (FTA) et non plus seulement l'activité valvaire.

Sur le plan écophysiological un modèle linéaire dérivé d'une fonction STEP et appliqué aux taux d'activité valvaire, de filtration, de consommation et de production de biodépôts a été développé pour estimer l'impact d'un changement de nourriture sur le comportement alimentaire des huîtres (passage d'un régime toxique à un régime non-toxique). Les résultats montrent que tous les régimes non toxiques administrés ont eu un effet significatif positif sur l'activité valvaire. Les autres paramètres ont également été influencés (augmentation) lors de l'application de régimes à base de diatomées. En revanche, il n'y a pas d'effet « nourriture » pour les paramètres filtration, consommation et biodéposition avec *Isochrysis galbana* et un accroissement peu marqué avec *Tetraselmis suecica*. Une comparaison entre le comportement des huîtres alimentées avec *A.minutum* (toxique) et *S.trochoidea* (témoin non-toxique) a également été réalisée sur la base des 4 paramètres précédemment cités. Dans tous les cas, les activités physiologiques se sont révélées significativement réduites avec le régime toxique.

En terme de bioaccumulation, les toxines B (GTX 2/3) sont majoritaires dans les tissus des huîtres en fin de contamination (de 100 à 150µg éq STW) puis décroissent de façon identique, quelle que soit l'espèce de diatomée testée en détoxication. Rapportés aux analyses biochimiques réalisées à la fois sur les diatomées et sur les huîtres contaminées (sucres totaux, protéines et lipides), il apparaît que les proportions de GLP sont très proches sur les deux espèces phytoplanctoniques. Les teneurs en lipides des huîtres ne diffèrent pas significativement d'un régime à l'autre, les glucides et les protéines augmentent respectivement avec *T.weissflogii* et *S.costatum*. Ces résultats devraient être complétés par des expériences permettant de corrélérer la valeur nutritive des algues non-toxiques avec les cinétiques de détoxication observées.

A la suite de ces travaux et compte-tenu des cinétiques comparables de détoxication entre huîtres et moules, une approche a été réalisée afin de comparer le modèle de détoxication proposé pour les moules par Bricelj et Shumway (1997), aux résultats obtenus ici ou antérieurement, sur des moules contaminées expérimentalement avec différentes espèces d'*Alexandrium*. En ce qui concerne *Mytilus*, des comparaisons ont été faites (test d'analyse de variance) entre les pentes des droites de régression résultant de la transformation log des fonctions exponentielles simples décrivant le modèle général et les 8 expériences réalisées au laboratoire. Il n'y a pas de différence significative entre les pentes des droites de régression, ce qui montre que les cinétiques des essais réalisés sur les moules peuvent être assimilées au modèle général. En ce qui concerne les huîtres, malgré des résultats fragmentaires (4 expériences de détoxication), la valeur du paramètre $-k$ est apparemment éloignée de celle du modèle général ($y = y_0 e^{-kt}$), ce qui tendrait à envisager une cinétique de détoxication propre à cette espèce de coquillage.

Décontamination physicochimique PSP (B13002, responsable : Pierre Masselin)

Ce projet avait pour but d'étudier la faisabilité d'une destruction des cellules d'*A.minutum* ou d'une dénaturation des toxines après un traitement à l'ozone.

L'étude a commencé en 1997 par des essais préliminaires sur un ozoneur de démonstration installé à la station Ifremer de La Tremblade. Après la construction d'une colonne d'échange pour augmenter le temps de contact et donc l'efficacité du transfert gaz-liquide et, grâce au soutien et à l'expérience du laboratoire DRV/RA/GAP, il a été possible d'étudier l'effet de l'ozone sur une culture d'*Alexandrium minutum*.

On a pu constater qu'au bout de 5 minutes, 93 % des cellules d'*Alexandrium* sont détruites à une concentration de 1 ppm d'O₃ par minute. Tandis qu'à la même dose et en 1 minute, moins de 10% des cellules sont mortes. La reproductibilité de la réponse à différentes concentrations cellulaires a, de plus, été vérifiée.

L'effet secondaire de l'ozone sur les toxines paralysantes, a été étudié à partir d'extraits acides de culture. Les analyses par Chromatographie Liquide Haute Performance (CLHP) sont en cours.

Contamination par les toxines diarrhéiques *in situ* (B13003, responsable : Claire Marcaillou-Le Baut)

L'absence de cultures de *Dinophysis* et les difficultés à produire des biomasses importantes de *P.lima* rendaient improbables toute tentative de contamination expérimentale DSP des bivalves. Pour cette raison, des campagnes côtières ont été pratiquées depuis 1992 sur divers sites et pendant les maximums saisonniers de développement de *Dinophysis*, afin d'étudier la contamination *in situ* des moules.

Une synthèse des trois dernières campagnes est en cours. Elle fait apparaître des éléments tangibles sur deux points:

En ce qui concerne les études toxicologiques, elles ont consisté à analyser directement des fractions concentrées de *Dinophysis* spp et à étudier la contamination *in situ* de moules immergées à différentes profondeurs en quelques points stratégiques de la zone étudiée. En France, la responsabilité du genre *Dinophysis* spp dans la toxicité de type DSP des coquillages a été démontrée. Toutefois la corrélation entre la densité cellulaire et le niveau de toxicité n'est pas significative et au travers du REPHY des toxicités élevées sont quelquefois observées alors que les prélèvements d'eau indiquent peu ou pas de cellules toxiques et inversement. Deux hypothèses ont été avancées pour expliquer ce phénomène : l'hétérogénéité de la répartition de l'algue dans l'eau d'une part, et d'autre part, la variabilité de sa teneur en toxines.

En 1997, la campagne a coïncidé avec un développement exceptionnel de *Dinophysis* spp. Quatre stations ont été choisies en baie de Seine pour immerger des paniers à moules à différentes profondeurs sur différents lieux : Antifer, Octeville, Bouée RN et Semoy.

On a remarqué sur les 4 stations une toxicité décroissante des coquillages avec la profondeur, la différence étant très significative entre la surface et le fond. Ces résultats sont très cohérents avec les concentrations en *Dinophysis* dénombrées à différentes profondeurs. Les dénombrements de *Dinophysis* spp. dans la colonne d'eau à des stations proches des emplacements des moules montrent un maximum en sub-surface. Cependant on n'obtient pas une bonne corrélation entre ces concentrations et la profondeur mais simplement un effondrement du nombre de *Dinophysis* au-dessous de 6 m. Il apparaît donc que la contamination des moules peut refléter une intégration assez précise de la quantité de *Dinophysis* présents dans la masse d'eau, alors que des prélèvements d'eau successifs montrent une grande variation dans le temps et l'espace.

Différents sous-échantillons fractionnés à partir des concentrats de *Dinophysis* récupérés de 1992 à 1996 ont été également analysés pour évaluer de la concentration de toxines

diarrhéliques par cellule. Au regard de ces résultats, on constate, sur un même site et au cours d'une seule campagne, une grande variabilité de la toxicité de *Dinophysis* spp, allant de 0 (indétectable) à 50 ng. De plus, au cours des deux étés successifs en 95 et 96 la même espèce de *Dinophysis* : *D.acuminata*, a proliféré en Baie de Seine avec une représentation très dominante sur l'ensemble des autres espèces de *Dinophysis*. Pourtant, la concentration cellulaire en Acide Okadaïque (AO) a été négligeable en 1995, ce qui s'est traduit par une absence de toxicité des moules durant tout l'été (résultats du REPHY). Par ailleurs, différentes techniques d'extraction font soupçonner la présence d'esters d'AO dans les cellules mais ceci reste à confirmer.

En conclusion, cette étude a montré d'une part, l'importance de l'hétérogénéité de la répartition des *Dinophysis* dans la masse d'eau dans la contamination des moules et d'autre part la variabilité spacio-temporelle de la toxicité de cette algue.

B140 – Analyse des risques pour les consommateurs

Analyse structurale des composés toxiques à action rapide (B14001, responsable : Zouher Amzil)

L'ensemble des travaux 97 a été réalisé dans le cadre d'un séjour post-doctoral à l'Institut des Biosciences Marines – CNRC, Halifax – Canada :

- *Programme sur la toxicité atypique des coquillages* : les cas répertoriés de toxicité atypique des coquillages ont été caractérisés par une forte toxicité sur souris d'extraits acétoniques de bivalves, avec des symptômes neurologiques suivis d'une mort rapide (5 à 10 minutes). Dans tous les cas, le test-souris de référence (AOAC) pour les toxines paralysantes s'est révélé négatif. Ces phénomènes ont été rencontrés à Toulon, Leucate, la Trinité, la Normandie et Arcachon entre 1993 et 1997 (rapport final du contrat FARI).

Les travaux de purification réalisés à partir des moules stockées ont conduit à l'identification de toxines paralysantes (gonyautoxines, GTXs) accumulées dans les glandes digestives de moules de Toulon (GTX-1,4 et GTX-2,3) et d'Arcachon (GTX-2,3). Jusqu'à présent, on ne détectait que les GTX-2,3 dans les coquillages, en été, dans la baie de Morlaix, corrélées avec des efflorescences de l'espèce *Alexandrium minutum* productrice de ces toxines, tandis que dans les cas de Toulon et d'Arcachon, aucune espèce phytoplanctonique neurotoxique connue n'avait été observée sur les sites pendant les épisodes. De plus, c'était la première fois que les GTXs étaient détectés en hiver, en particulier les GTX-1,4, cette saison étant peu favorable à la prolifération du phytoplancton et à l'accumulation de phycotoxines dans les coquillages. Cependant, que ce soit dans le cas d'Arcachon ou de Toulon, les teneurs en gonyautoxines trouvées dans les fractions purifiées à partir des glandes digestives étaient inférieures au seuil d'intoxication des consommateurs (80 µg éq STX/100 g chair).

Différentes hypothèses pourraient expliquer la présence de ces toxines dans les glandes digestives des mollusques :

- 1– proliférations phytoplanctoniques toxiques trop brèves pour être décelées,
- 2– espèces toxiques introduites sous forme de kystes (eaux de ballast),
- 3– bactéries marines productrices de GTXs,
- 4– remise en suspension de kystes d'*A. minutum* présents dans les sédiments.

Par ailleurs, ces études ont confirmé le problème d'interférence des toxines paralysantes (PSP), lorsqu'elles sont présentes, dans le test de dépistage des toxines diarrhéiques (DSP). En effet, les PSP sont solubles dans les solvants organiques-aqueux du type méthanol-eau / acétone-eau. De ce fait, l'extraction acétone-eau (eau provenant des glandes digestives) pour le contrôle de routine des DSP est à déconseiller.

Des travaux complémentaires ont été conduits en 1997 lors du séjour post-doctoral à Halifax. Ils ont porté sur les points suivants :

- *Action sur la cinétique de production des DSP par Prorocentrum lima* : isolement et identification d'un isomère de la DTX-1 à partir d'une souche de Saint-Barthélemy, cultivée au laboratoire DEL/MP-PN et dont la toxicité reste à évaluer, et d'une nouvelle phycotoxine de type DTX-4 (souche d'Halifax, cultivée au CNRC).
- *Développement d'un pôle de compétence sur la chimie des phycotoxines au laboratoire DEL/MP/PN* : une expérience a été également acquise dans l'analyse des phycotoxines par spectrométrie de masse couplée à la chromatographie liquide (LC/MS).

Modélisation des risques de cancérogenèse de l'Acide Okadaïque (A.O.) (B14002, responsable : Claire Marcaillou-Le Baut)

Cette action, inscrite dans le PNEAT (responsable INSERM), a pour objectif d'évaluer le risque d'apparition de cancer pour un consommateur exposé d'une manière chronique à de faibles teneurs en AO. La participation du laboratoire consiste à fournir des données sur l'exposition (niveau, fréquence..).

Le modèle mathématique d'évaluation du risque est actuellement défini. Pour le rendre opérationnel les deux variables suivantes restent encore à évaluer : l'action de l'AO sur les connexions intercellulaires et la définition d'une dose journalière ingérée par un consommateur type.

Pour ce qui est de la partie traitée par le laboratoire DEL/MP/PN, c'est-à-dire les concentrations d'AO résiduelles dans les coquillages mis sur le marché, les premiers résultats obtenus par le test de cytotoxicité, varient entre 1 à 3,2 ng d'AO par gramme de glandes digestives. Les analyses chimiques sont en cours mais les premiers résultats tendent à montrer que la concentration en AO trouvée est plus faible que celle évaluée par le test biologique. Toutefois, l'échantillonnage de l'année 97 n'est pas représentatif, le développement de *Dinophysis* ayant été discret sur les côtes françaises cet été.

C – Observation et surveillance de la mer côtière

- C1 – Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin
- C170 – Appui méthodologique aux réseaux

REPHY Expertise chimique et toxicologique (C17006, responsable : Zouher Amzil)

En liaison avec le laboratoire de Concarneau, DEL/MP/PN a participé à un exercice d'intercalibration pour détecter la saxitoxine dans les coquillages par le test souris officiel (AOAC). Cette intercalibration était organisée par le Centre National d'Etudes Vétérinaires et Alimentaires (CNEVA) et les résultats ont été publiés à la conférence internationale de Vigo (Espagne). Nous avons constaté que la méthode officielle laissait quelque latitude d'interprétation quant à la méthodologie et au traitement des résultats. Une rédaction plus

précise détaillant la procédure qui a conduit à la détermination du coefficient de correction des deux laboratoires IFREMER participants sera rédigée l'année prochaine.

Dans ce cadre une dizaine d'échantillons contaminés *in situ* durant l'été ont été fournis par DEL/CC pour analyse afin de comparer les résultats avec ceux du test souris.

Méthodes alternatives de détection PSP (C17007, responsable : Claire Marcaillou–Le Baut)

Il s'agit d'un test alternatif au test-souris actuellement utilisé en France et dans d'autres pays européens pour le dépistage de l'AO dans les coquillages contaminés par *Dinophysis* spp. cette validation fait l'objet d'une collaboration avec l'Université de Nantes dans le cadre de l'URM 11.

1997 a été l'année de la mise en place du test dans notre laboratoire et au laboratoire côtier de Nantes, le test étant déjà opérationnel à Concarneau. Une première série d'essais a été réalisée au quatrième trimestre sur les échantillons du REPHY de l'été 96 et 97 (station de Concarneau). En ce qui concerne la méthodologie, la prise en charge par les agents qui n'étaient pas qualifiés au départ, n'a pas posé de problème et la reproductibilité des résultats sur un étalon d'AO a été vérifiée. La comparaison des résultats selon les différents opérateurs de la première série est en cours.

Début octobre, nous avons eu la visite de Mme Higman, du CEFAS (organisme dépendant, du ministère de l'agriculture en charge de la surveillance des coquillages en Angleterre). Le but de sa visite était de s'initier au test de cytotoxicité afin de l'implanter dans son pays. Une collaboration IFREMER–CEFAS est envisagée à moyen terme.

4.3 Les Réseaux REPHY et REMI

C1 – Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin

C120 – Réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines
(Catherine Belin)

Coordination et valorisation des données

Une visite de l'ensemble des laboratoires côtiers a été programmée, afin de faire un point sur tous les aspects relatifs au REPHY : organisation, circulation de l'information, correspondants REPHY, points de prélèvement, stratégies, méthodes de prélèvement d'observation et d'analyse, saisie des résultats, traitement et valorisation des données, assurance qualité, programmes régionaux. Trois laboratoires ont été visités en 1997, et la tournée de tous les laboratoires devrait être terminée en mars–avril 1998.

Les demandes d'extraction et de mise en forme de données REPHY, ont été très nombreuses (DEL et DRV). La plupart concernent les données phytoplancton et / ou les paramètres physico–chimiques, sur une région ou sur la France entière. De nombreuses cartes et des tableaux synthétiques ont également été distribués, en particulier sur la répartition des espèces phytoplanctoniques toxiques, et sur les secteurs fermés pour cause de présence de phycotoxines dans les coquillages.

Tous ces documents sont repris dans un ouvrage en cours d'élaboration à dominante cartographique, et synthétisant l'évolution des espèces toxiques sur le littoral français depuis 1984.

L'homogénéisation des méthodes d'analyse entre laboratoires côtiers, en particulier pour les paramètres physico-chimiques, a conduit à d'importantes mises à jour des stratégies détaillées, au niveau des points de prélèvement.

Pendant la période estivale, la diffusion des informations sur la présence de phycotoxines dans les coquillages a été assurée par la mise en circulation du bulletin interne "REPHY *info toxine*".

Enfin, un processus de validation globale des données REPHY par balayage systématique de la base QUADRIGE a été entamé : les différentes erreurs détectées sont transmises pour correction aux laboratoires côtiers.

Quadrige

Les spécifications sur l'outil d'extraction définitif (résultats et données de référence), et sur les secteurs fermés, ont été finalisées. Des demandes d'évolution de QUADRIGE, ont été décrites. Les paramètres calculés et la qualification des données ont fait l'objet d'études particulières.

Quatre formations QUADRIGE ont été organisées au cours de l'année, avec pour chacune d'entre elles, une partie spécifique "*aux consignes de saisie REPHY*".

Assurance Qualité

Le coordonnateur du réseau a participé aux réunions générales de démarrage et de synthèse, et au Comité de Pilotage "Système Qualité Surveillance".

L'animation et la co-animation de deux groupes de travail visant à homogénéiser les méthodes de travail dans les laboratoires côtiers ont été assurées. Un des groupes travaillait sur les observations phytoplanctoniques et les tests de toxicité, l'autre sur les prélèvements. Des documents de travail ont été élaborés pour lister les documents de référence et proposer des modèles de fiches et bordereaux communs à l'ensemble des laboratoires.

CD-ROM pour une auto-formation à l'identification du phytoplancton

Ce projet est géré par le laboratoire IFREMER de Concarneau sous la responsabilité d'Elisabeth Nézan. Il s'agit d'un outil d'auto-formation à la taxonomie et à la reconnaissance du phytoplancton ("Phytoquiz 1" ne traite pour le moment que des flagellés marins) qui sera diffusé et utilisé en priorité par les laboratoires côtiers DEL investis dans la surveillance du phytoplancton toxique, puis diffusé au titre des ouvrages et media IFREMER. La participation du département MP (C. Belin et P. Lassus) s'est concrétisée dans l'expertise taxonomique, la rédaction des spécifications, la structuration de la base de données servant de support au logiciel, la participation à la conception et à la rédaction des textes-supports.

C130 – Réseau de surveillance microbiologique (Martial Catherine)

Révision des textes fondateurs du REMI

L'activité de coordination a été consacrée pour l'essentiel à la révision des textes fondateurs du REMI et à la rédaction des documents nécessaires au nouveau programme REMI (REMI Contrôle) dans la base de données Quadrigé. Ceci a été réalisé en collaboration étroite avec tous les laboratoires côtiers.

A la demande du directeur de la DEL, le Comité Scientifique et Technique de la Surveillance (C.S.T.S.) a examiné (les 24–25 mars 1997 à La Trinité-sur-Mer) le document relatif aux objectifs du REMI, élaboré par le coordonnateur et préalablement soumis aux laboratoires côtiers pour avis et propositions.

L'obligation de résultat a fourni le critère pour définir le contenu du réseau de contrôle microbiologique ou "REMI institutionnel" et le cantonner strictement à l'application des textes réglementaires. Il s'agit des textes relatifs aux conditions sanitaires de production des coquillages, au classement de salubrité et à la surveillance de ces zones de production (Décret n° 94–340 du 28 avril 1994 et arrêté du 21 juillet 1995).

Les autres opérations de surveillance et d'étude relèvent de l'obligation de moyen et s'inscrivent dans des projets distincts. Il s'agit de réseaux locaux ou d'études destinées à l'évaluation des niveaux de contamination bactériologique, à l'amélioration de la surveillance et à la mise en place de critères d'évaluation du risque sanitaire.

Conformément à cette logique, des groupes de travail du C.S.T.S., constitués à cette fin, ont élaboré trois documents :

- un projet d'instruction PDG relative au "Réseau de contrôle microbiologique REMI" ;
- un projet de "Cahier des spécifications techniques et méthodologiques REMI", décrivant les principes généraux de la mise en oeuvre opérationnelle du réseau de contrôle microbiologique REMI ;
- un projet de "Charte microbiologique de la surveillance", décrivant le cadre et les conditions dans lesquelles la surveillance microbiologique est exercée par la DEL.

Les objectifs du réseau de contrôle REMI sont dorénavant :

- la validation continue du classement de zones par l'évaluation des niveaux de contamination fécale et de leur évolution, mesurés dans les coquillages sur un ensemble de points de prélèvement pérennes situés dans chaque zone de production et de reparcage classée,
- la mise en évidence et suivi des épisodes inhabituels de contamination ou de risque de contamination.

Le cahier des spécifications techniques et méthodologiques REMI a été transmis aux services du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Il sera examiné par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Après accord du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche et du Ministère de la Santé pour la mise en application du document, il sera diffusé vers les organismes professionnels, nos partenaires des services déconcentrés de l'Etat, et les préfets.

Journées REMI des 24– 25 octobre 1996

Les journées REMI (24–25 novembre) ont réuni 46 personnes sur une journée et demie, soit une augmentation de la participation par rapport à l'année précédente.

Les modalités de mise en oeuvre du réseau de contrôle ont été réexaminées avec l'ensemble des acteurs. Elles ont été préalablement discutées lors des réunions organisées dans les 12 laboratoires côtiers, en octobre et novembre 1997.

Le réseau de contrôle REMI est opérationnel depuis le 1er janvier 1998 dans sa nouvelle formule. Il comporte 351 points de prélèvement dans 270 zones classées, géographiquement différentes.

Les laboratoires côtiers semblent globalement satisfaits des réalisations en cours : mise en place du réseau de contrôle REMI, projet Malthus, assurance qualité, soutien par les laboratoires thématiques, projet Quadrigé/Aurige. La formation stratégie d'échantillonnage/traitement statistique est relancée. Les chefs de laboratoire côtier souhaitent une formation de base en microbiologie dans le cadre de la mise sous assurance qualité des opérations de surveillance.

Assurance Qualité

Suite à l'audit final des laboratoires côtiers de la DEL, et à la participation des coordonnateurs de réseau au comité de pilotage du "système qualité surveillance" de la DEL, la rédaction des documents qualité (chapitre 6 du plan qualité "Traitement des demandes d'analyses") a été lancée par l'intermédiaire des groupes de travail suivants :

- Groupe 2 – Prélèvements : co-animateurs C. Belin et M. Catherine,
- Groupe 4 – Analyses microbiologiques : animateur M. Catherine.

Les documents de prescription suivants ont été réalisés :

- Cahier des spécifications techniques et méthodologiques REMI,
- Inventaire cartographique des points de prélèvement REMI et des listes des zones classées et surveillées.

Quadrigé

Le coordonnateur du réseau a participé à la formation de 3 groupes de 10 personnes (application Quadrigé) : du 3 au 5 février, du 23 au 25 septembre et les 27 et 28 novembre

Les demandes d'évolution du logiciel Quadrigé faites par les laboratoires côtiers et les coordonnateurs ont été prises en compte, et une nouvelle version du logiciel sera disponible au premier semestre 1998.

Le programme REMI : "Etudes microbiologiques" (volet du réseau national REMI) de la base Quadrigé permettant la saisie des résultats des études locales effectuées par les laboratoires côtiers a été arrêté. Les résultats de ces études, maintenant réalisées dans le cadre de la charte de la surveillance microbiologique de la DEL, pourront être saisis dans de nouveaux programmes créés à la demande des laboratoires côtiers. Les programmes régionaux suivants ont été créés à cet effet : Réseau complémentaire littoral Nord, Réseau complémentaire littoral Picard, Surveillance STEP Carnac.

5. Communication et valorisation

5.1. Rapports et Publications (voir annexe)

	MIC	PN	Réseaux
Rapports et Publications	26	12	4

5.2. Autres médias

	MIC	PN	Réseaux
Com. colloques, autres medias	12	9	-

6. Formation et enseignement

6.1. Formation donnée

Nom	Organisme	Niveau	Sujet	Durée
M. Pommepuy.	Univ. Rennes	Bac + 5	Bactériologie	10 h
L. Miossec	Univ. Bordeaux	DESS	Epidémiologie	10 h
P. Lassus	Univ. Angers	MST	Microalgues toxiques	2 h
Marcaillou-Le Baut	Univ. Angers	MST	Phycotoxines	2 h
Marcaillou-Le Baut	Univ. Bordeaux	DESS	Phycotoxines	3 h
C. Belin	ENV Nantes	4 ^{ème} année	REPHY et efflorescences	3 h

6.2. Encadrement (doctorants, post-doctorants et stagiaires)

Nom	Origine	Date du séjour	Sujet	Responsable
Y. Cornen	DESS Eau -Santé - Environnement, Univ. Bordeaux II	01/04/97 - 30/09/97	Etude des éléments d'estimation des expositions, aspect "production et consommation des coquillages".	L. Miossec
Y. Tiger y.	IUT Quimper	07/04/97 - 13/06/97	Mise en évidence de la synthèse de protéines chez <i>Escherichia coli</i> en eau épurée et influence sur sa survie ultérieure en eau de mer.	J. Dupont
S. Zaafrane	chercheur à l'INSTM coopération Franco-Tunisienne (Aquaculture 2001)	15/09/97 - 26/09/97	Extraction et électrophorèse bidimensionnelle des protéines bactériennes (<i>E. coli</i> et <i>S. typhimurium</i>) en vue d'étudier les mécanismes d'adaptation aux stress rencontrés en eau de mer par les bactéries entériques.	J. Dupont
E. Wieliczko	IUT Quimper	07/04/97 - 13/06/97	Etude de l'expression du gène <i>rpoS</i> chez <i>E. coli</i> ; mise au point d'un protocole de détection.	E. Dupray
M. Naviner	DEA Toxicologie Paris VI	20/01/97 21/06/97	Epuration d'huîtres creuses (<i>C.gigas</i>) contaminées expérimentalement par <i>A.minutum</i> : influence du régime alimentaire.	P.Lassus
D. Roussel	Ecole Chimie Rennes	07/07/97 30/08/97	Mise au point d'une méthode de purification des échantillons avant dosage CLHP des PSP.	P.Masselin

6.3. Jury de thèse

Nom	Doctorant	Sujet	Université
M.Pommepuy	Montuelle B. (HDR)	Perturbations d'origine anthropique d'écosystèmes aquatiques : aspects microbiens.	Univ. Claude Bernard. Lyon I
M. Pommepuy	Kerambrun- Cosquer Anne	Osmoprotectons d' <i>E. coli</i> par les sulfoniums -caractéristiques du transport.	Univ. Rennes I
P. Lassus	Soudant Dominique	Application de modèles dynamiques bayésiens aux séries temporelles de <i>Dinophysis</i> à Antifer	Univ. Paris VII
P. Lassus	Lechuga-Devèze Carlos (HDR)	Contribution à l'étude de divers écosystèmes marins en Basse Californie (Mexique)	Univ.Paris VI

6.4. Formation reçue

Nom	Organisme formateur	Nature de la formation	Lieu	Durée
D. Guillerm	English Apart	Anglais	Brest	cycle annuel + une semaine
E. Dupray	Interne	Excel	Brest	2 jours
M.P. Caprais	Interne	CORELDRAW	Brest	1,5 jour
M. Pommepuy	Interne	CORELDRAW	Brest	1,5 jour
F. Mondeguer	LAB-FNSC	Spectro. de masse/CLHP	Chatenay-Malabry	4 semaines

7. Campagnes à la mer

Participation de Florence Mondeguer (DEL/MP/PN) à la campagne *Dinophysis* réalisée par DEL/EC/PP du 12 au 17 juillet en Bretagne Sud.

8. Perspectives

L'ensemble des actions et programmes réalisés en 1997 devront être reconduits en 1998. En ce qui concerne le laboratoire Microbiologie, d'autres expérimentations seront réalisées dans le cadre de l'étude de l'expression du gène *rpoS* de façon à étudier des situations caractéristiques de température et de charge en matière organique rencontrées par les bactéries lors de leur transit dans les eaux usées. Pour ce qui est des études sur les indicateurs de contamination fécale, en particulier les indicateurs viraux, elles seront poursuivies (les problèmes analytiques rencontrés sur *Bacteroides fragilis* ont entraîné le report de cette étude en 98). De même, les études sur la sélection d'amorces spécifiques des calicivirus (plus particulièrement les SRSVs) seront approfondies, toujours avec le soutien technique du laboratoire de Houston. La deuxième année du programme "Rejets agricoles et bactériologie" verra la réalisation de deux campagnes en période de crue. L'analyse et la synthèse de l'ensemble des résultats permettra de dégager des situations à risque et de faire des recommandations en terme de restriction des apports bactériens animaux et/ou de purification de coquillages.

Le programme "Santé-environnement" sera poursuivi en 1998 sur les sites des étangs de Thau et du Prevest mais une étude similaire, insistant sur la validité d'indicateurs viraux pour des zones classées A, sera proposée sur le Golfe du Morbihan dans le cadre du troisième appel d'offre du Ministère.

Le laboratoire "Phycotoxines et Nuisances" devra procéder en 1998 à la mise au point des protocoles analytiques en LC-MS avant d'utiliser pleinement cet outil dans le cadre des programmes. Cette période intermédiaire sera accompagnée d'actions de formation complémentaires des personnels impliqués. Un nouveau programme concernera la recherche de la source de toxines paralysantes dans les moules de Toulon et Arcachon. Ce dernier nécessitera une étroite collaboration avec les équipes DEL/EC et DEL/AR ainsi que la recherche de partenaires extérieurs. En matière de détoxification des bivalves, les effets de l'ozonation sur la dénaturation des toxines paralysantes accumulées par les bivalves seront évalués expérimentalement ainsi que le rôle éventuel des enzymes de détoxification lors d'une épuration biologique. De plus, les processus de contamination DSP seront étudiés *in situ*.

Les deux laboratoires seront impliqués en 1998 dans un programme général d'évaluation du risque (collaboration avec DEL/PC).

Enfin, Les coordinateurs des réseaux de surveillance poursuivront l'effort entrepris en terme d'homogénéisation des méthodes de travail dans le cadre de l'assurance qualité.

Annexes

Rapports et publications

Laboratoire Microbiologie

Revue à Comité de lecture

Articles publiés :

- Caprais M.P., Dupray E., Evaluation of a direct polymerase chain reaction for *Salmonella* detection in shellfish. Proceedings Intern. Symposium "Salmonella and salmonellosis", Plouffragan (20-22 mai 1997) 113-114.
- Dubois E., Le Guyader F., Haugarreau L., Kopecka H., Cormier M., Pommepuy M., Molecular epidemiology survey of rotaviruses in sewage by reverse-transcriptase seminested PCR and restriction fragment length polymorphism assay. Appl. Envi.Microbiol., 63 (5) (1997) 1794-1800.
- Dubois E., Le Guyader F., Kopecka H., Miossec L., Pommepuy M., Contamination de l'environnement littoral par les rotavirus du groupe A. In : Les Rotavirus, compte rendu de la reunion sur les rotavirus en médecine humaine et vétérinaire. Collection édition Fondation Marcel Merieux (1997) 43-54.
- Dupray E., Derrien A., Langonné C., Influence of solar light on the viability of *Salmonella* in marine water. Proceedings Intern. Symposium "Salmonella and salmonellosis", Plouffragan, (20-22 mai 1997) 435-437.
- Dupray E., Caprais M.P., Derrien A. and Fach P., *Salmonella* DNA persistence in natural seawaters using PCR analysis. J. Appl. Microbiol. 82 (1997) 507-510.
- Gourmelon M., Touati D., Pommepuy M., Cormier M., Survival of *Escherichia coli* exposed to visible light seawater : analysis of *rpoS*-dependent effects. Can. J. Microbiol. 43 (1997) 1036-1043.
- Guillaud J.F., Derrien A., Gourmelon M. and Pommepuy M., T90 as a tool for engineer: interest and limits. Wat. Sci. Tech. 35, n° 11 (1997) 277-281.
- Le Guyader F, Menard D, Dubois E, Haugarreau L, Kopecka H., Pommepuy M., Use of an RT-PCR internal control to evaluate viral removal. Wat. Sci. Tech. 35 11-12 (1997) 461-465.
- Miossec L., Le Guyader F., Pommepuy M., Gastro-entérites et consommation de coquillages. Existe-t-il une relation ? Faut-il craindre les microorganismes présents dans les aliments ? Coll. Soc. Microbiol. Alim. 11 (1997) 17-26.
- Miossec L., Le Guyader F., Haugarreau L., Comps M.A., Pommepuy M., Possible relation between a winter epidemic of acute gastroenteritis in France and viral contamination of shellfish. Second International Conference on Molluscan Shellfish safety, Philippines, 17-21 November 1997. Actes de Colloques (in press).
- Miossec L., Le Guyader F. Haeghebaert S., Gasnier Ph., Bellier J.Y., Vaillant V., Camus P., Pommepuy M., Abou-Saleh M.J., Clavelin Ph., Bobo J.P., Masson D., Désenclos J.C., Contamination virale de coquillages responsable d'une épidémie de gastro-entérites, Poitiers en mars 1997, accepté au Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire.

- Pommeputy M., Derrien A., Gourmelon M., Menard D., Dubois E., Dupray E., Caprais M.P., Miossec L. and Le Guyader F., Fecal microorganisms and contamination in coastal areas. The international congress on environmental climate, Rome, March 4–8, 1996 DGXII – Actes de Colloques.
- Pommeputy M., Le Guyader F., Molecular approaches to measuring microbiol marine pollution. Current opinion in biotechnology (in press).
- Troussellier M., Bonnefont J.-L., Courties C., Derrien A., Dupray E., Gauthier M., Gourmelon M., Joux F., Lebaron P., Martin Y., Pommeputy M., Responses of enteric bacteria to environmental stresses in seawater. Oceanologica Acta (in press).
- Tryland I., Pommeputy M. and Fiksdal L., Effect of chlorination on β -galactosidase activity of sewage bacteria and *Escherichia coli*. Journal of Appl. Mic. (in press).

Articles soumis :

- Gantzer C., Dubois E., Crande J.M., Billaudel S., Kopecka H., Schwartzbrod L., Pommeputy M., Le Guyader F., Devenir des virus entériques en mer. Influence des paramètres environnementaux. Soumis à Oceanologica Acta.
- Le Guyader F., Miossec L., Dubois E., Haugarreau L., Kopecka H., Guillou J.L., Pommeputy M. RT-PCR evaluation of viral contamination in 5 shellfish beds over a 21 month period. soumis a Wat. Sci. Tech.

Colloques – Séminaires

Communications orales :

- Jamont B., Bon F., Aho S., Le Guyader F., Pothier P., Kohli E., Epidémie de gastro-entérites a SRSV (Small Round structured Virus, Caliciviridae) dans un service de gériatrie du CHRU de Dijon au cours de l'hiver 1995–96. Virus et infections nosocomiales, SFM, Paris 14 mai 1997.
- Le Guyader F., detection of human viruses in sewage and influence on shellfish contamination. Viruses in Food and water, Nordic workshop, Hanko (Finlande), 16–17 octobre 1997. Communication sur invitation.
- Miossec L., Le Guyader F., Haugarreau L., Comps M.A., Pommeputy M., Possible relation between a winter epidemic of acute gastroenteritis in France and viral contamination of shellfish.. Second International Conference on Molluscan Shellfish safety, Philippines, 17–21 November 1997.
- Miossec L., Le Guyader F., Pommeputy M., Gastro-entérites et consommation de coquillages. Existe-t-il une relation ? Faut-il craindre les microorganismes présents dans les aliments ? 11e colloque Section de Microbiologie des Aliments, SFM, 13–14 mars 1997, Institut Pasteur, Paris.
- Pommeputy M. "6ème réunion mixte Franco-Canadienne en océanologie. 8–11 sept. 1997, Montjoli – Canada. Organisé par Ifremer et l'Institut Maurice La Montagne.
- Pommeputy M. "Feasability of an *a priori* measurement approach for managing bathing water quality" Workshop organisé par la DGXII (coordination PHLS, Techna Consult) : Sitges – Espagne 26–29 avril 1997, Bruxelles 2 décembre 1997.

Pommepuy M. Aquaculture lagunaire. Etude Intégrée pour la mise en valeur du lac de Bizerte (Site Atelier). Coopération Tuniso-Française, 30 sept.– 1er Oct. 1997, Monastir.

Posters :

Caprais M.P., Dupray E., Evaluation of a direct polymerase chain reaction for *Salmonella* detection in shellfish. Proceedings Intern. Symposium "Salmonella and salmonellosis", Plouffragan (20–22 mai 1997) 113–114.

Dupray E., Derrien A., Langonné C., Influence of solar light on the viability of *Salmonella* in marine water. Proceedings Intern. Symposium "Salmonella and salmonellosis", Plouffragan, (20–22 mai 1997) 435–437.

Le Guyader F., Ménard D., Dubois E., Kopecka H., Pommepuy M., Effects of ultraviolet light (UV) on the detection of poliovirus (PV) by cell culture (CC) and RT-PCR. American Society for Virology, 16th annual meeting, Bozeman Montana USA, 19–23 juillet 1997.

Rapports scientifiques et techniques

Dupray E. *et al.*, Programme "Rejets agricoles et bacteriologie". rapport d'avancement, Juillet 1997, 14 p

Gourmelon M., Le Rouzic C., Pommepuy M. Mise en place d'éléments permettant le fonctionnement d'organismes stressés dans un écosystème perturbé. 1ère partie : Action désinfectante de l'ozone sur un effluent en sortie de station d'épuration. Contrat n° 95.2.43.64.04 DEL, Mai 1997, 24 p.

Miossec L., Etudes épidémiologiques sur l'importance des coquillages en tant que facteur d'exposition de l'hépatite A – Approche méthodologique. Rapport Int. DEL/97.03/Nantes, 35 p.

Pommepuy M., Janex M.L., Mandra V., Fiksdal L., Oberg C., Barcina I., Cormier M., Rudolph K.U., Audic J.M., Newtech : conclusions et recommandations (DGXII– Env. Programme EVS–CT94–400), 1997, 21 p.

Pommepuy M., Janex M.L., Mandra V., Fiksdal L., Oberg C., Barcina I., Cormier M., Rudolph K.U., AUDIC J.M., Newtech : Scientific report, 1997, 145 p.

Pommepuy M., Janex M.L., Mandra V., Fiksdal L., Oberg C., Barcina I., Cormier M., Rudolph K.U., Audic J.M. Newtech : conclusions et recommandations (DGXII– Env. Programme EVS–CT94–400), Editions IFREMER, ISBN 2–905434–86–4, 24 p.

Pommepuy *et al.*, Mic.Keys : Behaviour of faecal Microorganisms in the sea : Keys for coastal management and risk assessment Proposal for Environment and CLIMATE DGXII. Research area : Risks to human health, 1997, 77 p.

Tiger Y., Dupont J. Mécanismes d'adaptation chez *Escherichia coli* : synthèse de protéines dans l'environnement et survie en mer, Rapport de stage, 1997, 40 p.

Wieliczko E., Gourmelon M., Dupray E., Derrien A., Caprais M.P., Pommepuy M., Mise en place d'éléments permettant le fonctionnement d'organismes stressés dans un écosystème perturbé. 2ème partie : rôle et expression du gène *rpoS* chez *Escherichia coli* en situation de stress. Contrat n° 95.2.43.64.04 DEL, 1997, 26 p.

5.2 Autres médias ou actions de communication et de vulgarisation scientifique

Pommepuy M., Newtech de nouvelles techniques pour la désinfection des eaux usées, Recherches Marines, N° 17, novembre 1997, 24-27.

Pommepuy M., Barnouin B., Aménagement littoral : les rejets urbains et le devenir des micro-organismes en mer, Techniques Avancées, n° 40 juin 1997, 11-14.

Laboratoire Phycotoxines et Nuisances

Revue à Comité de lecture

Articles publiés :

Fremy, J.M, Lapeyre C, Ledoux M, Marcaillou-Le Baut C, Vernoux J.P., 1997. Détection physico-chimique et biochimique. In : Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises : écologie, écophysiologie, toxicologie. Repères Océan 13, Berland B et Lassus P Eds., Ifremer Publish. : 119-136.

Lassus P, Fremy J.M, Bourdeau P, Park D, Puiseux-Dao S, Vernoux J.P, 1997. Bioaccumulation. In : Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises : écologie, écophysiologie, toxicologie. Repères Océan 13, Berland B et Lassus P Eds., Ifremer Publish. : 177-192

Maestrini S.Y, Berland B, Dalet C, Lassus P, 1997. *Dinophysis* spp. In : Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises : écologie, écophysiologie, toxicologie. Repères Océan 13, Berland B et Lassus P Eds., Ifremer Publish. : 17-51

Marcaillou-Le Baut C, Amzil Z, MacMahon T, Silke J, 1997. Extension of episodes of unexplained shellfish toxicity observed by phytoplankton monitoring networks. Proceedings symp.IUPAC, Rome, 1997. (Sous presse)

Marcaillou-Le Baut C, Arzul G, Pouchus Y.F, Puiseux-Dao S, Vernoux J.P., 1997. Application de tests biologiques à la détection des phycotoxines. In : Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises : écologie, écophysiologie, toxicologie. Repères Océan 13, Berland B et Lassus P Eds., Ifremer Publish. : 109-117

Pouchus Y.F, Amzil Z, Marcaillou-Le Baut C, James K.J, Verbist J.F, 1997. Specificity of cytodetection on KB cells using morphological changes for lipophilic protein phosphatase inhibitors detection. *Toxicon*. 35 (7), 1137-1142.

Puel O, Galgani F, Dalet C, Lassus P, 1997. Partial sequence of the 24S rRNA and PCR-based assay for the toxic dinoflagellate *Dinophysis acuminata*. *Can.J.Aquat.Sci.and Fisheries*. 55 : (sous presse)

Colloques – Séminaires

Communications orales :

- Amzil Z, 1997. Toxicité atypique des coquillages observée dans le cadre de la surveillance des côtes françaises. Séminaire franco-canadien IFREMER/MPO sur la surveillance de la qualité du milieu côtier. Rimouski-Québec, septembre 1997.
- Amzil Z, Développement d'outils méthodologiques en matière de surveillance des algues toxiques dans le cadre du réseau REPHY. Séminaire franco-canadien IFREMER/MPO sur la surveillance de la qualité du milieu côtier. Rimouski-Québec, septembre 1997.
- Lassus P, 1997. Etude écophysiological des effets de souches toxiques d'*Alexandrium* spp sur divers bivalves commerciaux : synthèse des résultats. CEP Poitou-Charentes. Poitiers, 31 octobre 1997.

Posters :

- Denardou A, Amzil Z, Biard J.F, Pouchus Y.F, Le Bec C, 1997. Studies on unknown fast-acting toxins (FAT) in French Mediterranean mussels. 8^{eme} Conférence Internationale sur le phytoplancton toxique, Vigo, Espagne, 25-29 Juin 1997
- Lassus P, Truquet P, Iachater R, 1997. Comparison of *Dinophysis norvegica* (Claparède and Lachmann) morphotypes using a digital pattern-recognition system. 8^{eme} Conférence Internationale sur le phytoplancton toxique, Vigo, Espagne, 25-29 Juin 1997
- Le Doux M, Hall S, Le Baut C, Bohec M, Le Gall D, Bazin M, Gleizes E, Raguin C, Rouaud M, Trotureau S, Turquetit D, 1997. PSP mouse bioassay : results of proficiency testing in France. 8^{eme} Conférence Internationale sur le phytoplancton toxique, Vigo, Espagne, 25-29 Juin 1997
- Mondeguer F, Marcaillou-Le Baut C, Le Plomb E, Marquais M, Simon J.F et Vernoux J.P, 1997: Assay of diarrhoeic toxins by inhibition of phosphatase protein 2A extracted from mussel meat. 8^{eme} Conférence Internationale sur le phytoplancton toxique, Vigo, Espagne, 25-29 Juin 1997
- Sallenave C, Pouchus Y.F, Bardouil M, Lassus P, Roquebert M.F, Verbist J.F, 1997. Contamination de moules (*Mytilus edulis*) par des substances toxiques produites par une souche de *Trichoderma koningii*. 5^{ème} rencontres en toxinologie. Colloque "Toxines et Santé", Paris, 4 et 5 décembre 1997.
- Séchet V, Quilliam M and Rochet G, 1997. Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) toxins in *Prorocentrum lima* in axenic and non-axenic batch culture: detection of new compounds and kinetics of production. 8^{eme} Conférence Internationale sur le phytoplancton toxique, Vigo, Espagne, 25-29 Juin 1997

Rapports internes

- Amzil Z., 1997. Toxicité atypique des coquillages et interférence destoxines paralysantes, selon le test de dépistage des toxines diarrhéiques. Rapport final contrat FARI 950702.39 pp.
- Lassus P, Bardouil M, Masselin P, Truquet P, 1997. Etude écophysiological des effets de souches toxiques d'*Alexandrium* spp sur divers bivalves commerciaux. Rapport final CEP Poitou-Charentes, 41 pp.
- Lassus P, Bardouil M, Masselin P, Naviner M, Truquet P, 1997. Décontamination expérimentale de bivalves toxiques : application aux phycotoxines paralysantes. Rapport final contrat SRAE 94203.35 pp.
- Séchet V, Quilliam M, Lassus P, 1997. Recherche d'acide okadaïque (et de ses dérivés) chez les bactéries associées aux dinoflagellés responsables d'intoxication diarrhéique, sur les côtes françaises. Rapport interne DEL97/06.42 pp.
- Roussel D, 1997. Toxines paralysantes : mise au point d'une méthode de purification des échantillons avant dosage par chromatographie liquide à haute performance. Rapport de stage IFREMER. 21 pp.

Réseaux REMI et REPHY

Revue et ouvrages à comité de lecture

- Belin C et Martin-Jezequel V., 1997. – Le phytoplancton. – Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et mer du Nord, synthèse, menaces et perspectives. DAUVIN J. C. (édit), Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie – Service du Patrimoine naturel / IEGB / MNHN, Paris, 376 p.
- Le Bec C, Belin C, Gaertner J.C, Beliaeff B, Raffin B, et Ibanez F, 1997. – Séries temporelles du réseau de surveillance du phytoplancton (REPHY), étude de deux zones de la côte Ouest Méditerranée. – *Oceanologica Acta*, 20 (1) : 101–108.

Rapports internes

- Belin C et Raffin B, 1997. Evolution des espèces phytoplanctoniques toxiques sur le littoral Loire Bretagne de 1984 à 1995. Résultats du REPHY. Document cartographique préparé pour le groupe de travail "littoral" de l'Agence de l'eau Loire Bretagne. Document interne IFREMER / DEL / Nantes.
- Catherine M, 1997. Compte rendu des journées REMI des 7–9 octobre 1996 : réunion du réseau de surveillance microbiologique REMI. Rapport interne DEL/QM.Nantes. 48 pp.

DEPARTEMENT
"ECOLOGIE COTIERE"

DEL / EC

Sommaire

	Page
Bilan et faits marquants de l'année	63
<hr/>	
1. Introduction	66
<hr/>	
2. Effectifs	68
<hr/>	
3. Budget annuel	70
<hr/>	
4. Programmes et projets	71
<hr/>	
5. Communication et valorisation	81
5.1. Rapports et publications	81
5.2. Autres médias ou actions de communication et de vulgarisation scientifique	82
5.3. Actions de transfert	83
<hr/>	
6. Formation et enseignement	84
6.1. Formation donnée	84
6.2. Encadrement	85
6.3. Jury de thèse	86
6.4. Formation reçue	86
<hr/>	
7. Campagnes à la mer	87
<hr/>	
8. Perspectives	89
<hr/>	
Annexes	91

Bilan et faits marquants de l'année

Dans le cadre de la réorganisation de la DEL, un Département "Ecologie Côtière" a été créé en avril 1997, comprenant 4 laboratoires :

- Le laboratoire "**Eutrophisation et Bioaccumulation**" (DEL/EC/EB) consacré à l'étude et à la modélisation des transferts de matière (nutriments et contaminants organiques) au travers du réseau trophique.
- le laboratoire "**Transport Particulaire et échanges eau-sédiment**" (DEL/EC/TP) consacré à la mesure ainsi qu'à la modélisation des mouvements des particules et des éléments associés en milieu côtier et estuarien : comportement dans la masse d'eau, cycle d'érosion/dépôt, échanges biogéochimiques à l'interface eau/sédiment.
- le laboratoire "**Proliférations Phytoplanctoniques**" (DEL/EC/PP) consacré à l'étude des processus majeurs intervenant dans la biologie des populations responsables d'efflorescences phytoplanctoniques toxiques.
- le laboratoire "**Biodiversité Benthique**" (DEL/EC/BB) consacré à l'étude de proliférations d'espèces benthiques animales (crépidule) et végétales (ulve, caulerpe) et de leurs effets sur la biodiversité benthique.

Les principaux résultats marquants de l'année 1997 sont les suivants :

- **thème Eutrophisation :**
 - publication du document de synthèse sur l'hydrologie, les nutriments et la chlorophylle en Baie de Seine, de 1978 à 1994 (Repères Océan n°14),
 - participation aux premières campagnes du PNOC II Baie de Seine ("Dynamo" 1, 2 et 3), et poursuite de la modélisation tridimensionnelle biogéochimique en boîtes,
 - présentation de la thèse de F. Andrieux sur les formes de phosphore particulaire et sédimentaire en environnement côtier. Méthodes d'analyse, biodisponibilité, échange,
 - démarrage de la modélisation couplée physique/biologie concernant les anoxies de l'étang de Thau dans le cadre du PNOC II Lagunes méditerranéennes,
 - étude de la prolifération des marées vertes en baies de Lannion et de Saint-Brieuc.
- **thème Bioaccumulation :**
 - suivi des contaminants organiques dans le cadre du RNO - matière vivante et participation à deux exercices d'intercomparaison QUASIMEME II,
 - participation au programme Seine-Aval (étude et modélisation de la bioaccumulation des PCB, coordination du thème Edifices Biologiques par J.-C. Dauvin et A. Abamou).

- **thème Transport particulière :**

- mise en place du modèle tridimensionnel SAM-3D capable de simuler les courants, le transport de substances dissoutes et/ou particulaires, de gérer le sédiment, sa consolidation, d'y suivre les contaminants et enfin de traiter les échanges à l'interface eau/sédiment ; ce modèle vient compléter une gamme de logiciels de base "physique" pour la modélisation des écosystèmes côtiers (SAM-1D, SAM-2DH, SAM-1DV et SAM-3D).

- mise au point d'un altimètre autonome immergeable (ALTUS) pour la détermination fine des érosions/dépôts de sédiments,

- aboutissement de la thèse d'Isabelle Brenon sur la modélisation de la dynamique des sédiments fins dans l'estuaire de la Seine (dans le cadre du programme Seine-Aval),

- modélisation du bouchon vaseux de la Gironde (dans le cadre de l'URM-13),

- mise en évidence et la quantification de l'effet érosif des vagues sur les estrans vaseux (dans le cadre du projet MAST INTRMUD).

- **thème Echanges à l'interface eau-sédiment :**

- mesures des flux de sels nutritifs et d'oxygène grâce à l'utilisation de chambres benthiques lors des trois campagnes DYNAMO menées sur le chantier PNOG "Baie de Seine"; mise en évidence d'une augmentation de l'intensité des flux nets de nitrate de la sortie de l'estuaire vers le large, avec inversion de leur sens (vers le sédiment, donc en faveur de la dénitrification dominante, à la côte et vers l'eau, donc en faveur de la nitrification dominante, au large).

- **thème Proliférations phytoplanctoniques :**

1. *Alexandrium minutum*

- Mise en évidence de la reproduction sexuée due à une limitation de la nutrition azotée qui ne s'explique pas par une limitation du substrat,

- Suivi de l'extension de l'épidémie à *A. minutum* sur les côtes Nord-Bretagne,

- Nouvelle méthode de dénombrement de kystes.

2. *Dinophysis* spp.

- Mise en évidence de structures de confinement à petite échelle,

- Identification d'une zone possible de désenkystement.

3. *Gymnodinium* cf. *nagasakiense*

- Mise en évidence d'un processus d'autotoxicité responsable de la sensibilité de l'espèce aux coups de vent,

- Simulation hydrodynamique de l'inoculation d'un évènement toxique dans le Golfe de Gascogne,

- Démonstration de la toxicité et mise en évidence du mode d'action d'une des exotoxines après synthèse - Inhibition non spécifique des ATPases membranaires.

4. Capteurs Océanographiques

- Intégration de tous les capteurs du profileur sous environnement DELPHI (Windows 95),
- Mise au point d'un vidéomicroscope (25 μ m/pixel),
- Logiciel de trajectographie.

• thème **Biodiversité benthique**

1. Crépidules

- Remise d'un rapport contractuel à la Région Bretagne établissant le bilan des travaux menés en 1995-96 sur la cartographie et l'évaluation des biomasses de crépidules entre le Cap Fréhel et Cancale (biomasse estimée à 150 000 tonnes).
- Définition d'un programme d'étude (cf projet A13001).

2. Ulves

- Premier inventaire quantifié des ulves en Bretagne sur financement de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne ; doit être reconduit annuellement.
- Programmation d'une estimation d'un stock d'ulves "offshore" sur un site atelier (Baie de Douarnenez), à réaliser en 1998.

3. Caulerpes

- Constat d'une progression de l'expansion de la caulerpe sur les côtes françaises de la Méditerranée, tant linéairement qu'en profondeur (jusqu'à 100m).
- Participation au séminaire scientifique international, organisé par l'Académie des Sciences et le CNRS (Paris, mars 1997), intitulé "Dynamique d'espèces marines invasives : application à l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée" ; collaboration avec le MATE pour l'élaboration d'un plan d'action, sous la forme d'un programme "Caulerpe" qui pourrait être étendu à d'autres espèces invasives.

1. Introduction

Le Département "Ecologie Côtière" DEL/EC a pour mission de développer une connaissance multidisciplinaire quantitative de la dynamique des écosystèmes côtiers, en se focalisant plus particulièrement sur les processus susceptibles d'être générateurs de nuisances, soit pour l'homme (prolifération d'espèces toxiques...) soit pour l'écosystème (altérations de la biodiversité par l'eutrophisation ou l'invasion d'une espèce introduite...). Ayant donc pour points de départ les grands types de perturbation avérée du fonctionnement des écosystèmes côtiers, et s'appuyant pour cela sur les observations régulières des Laboratoires Côtiers, le département s'efforcera de mettre en oeuvre des projets de recherche mêlant observations *in situ*, si possible au moyen d'une instrumentation innovante, et expérimentation en laboratoire de façon à obtenir une connaissance quantitative des processus dynamiques majeurs entrant dans le déterminisme des phénomènes étudiés. La modélisation mathématique sera utilisée d'une part pour fédérer les connaissances monodisciplinaires ainsi acquises et les coupler aux processus physiques (circulation des masses d'eau, effets de la stratification, de l'agitation de surface, etc..., transport particulaire), mais également pour tester au fur et à mesure la capacité des schémas conceptuels à expliquer les phénomènes observés. Utilisés comme outils de mise au point de schémas explicatifs, les modèles mathématiques, s'ils sont suffisamment validés, pourront être utilisés pour la prévision des conséquences de certaines actions sur le milieu ou pour la prévision opérationnelle des effets météorologiques sur les écosystèmes côtiers.

Les principaux objectifs du département sont donc de :

- Quantifier les principaux flux de matière dans les réseaux trophiques pélagiques et benthiques côtiers, en tant que reflet de la production de matière vivante (éventuellement exploitée) et que véhicule de contaminants bioaccumulables. Sur ce dernier point, le Département "Ecologie Côtière" collaborera avec le département "Polluants chimiques", plus spécifiquement chargé de la détermination des lois de transformation physico-chimique des polluants en mer côtière, pour bâtir des modèles intégrés du devenir de certains polluants dans les compartiments tant inertes que vivants de l'écosystème côtier.
- Estimer la part de variabilité de ces flux qui est naturelle ou seulement indirectement liée à l'activité humaine planétaire (effets climatiques par exemple) et celle qui est directement causée par l'activité humaine locale, de façon à tester des scénarios de restauration et/ou de préservation du milieu.
- Comprendre le déterminisme de prolifération de certaines espèces benthiques en identifiant notamment les particularités écophysiologiques qui donnent à leur dynamique de population un caractère invasif. L'objectif est d'établir une formulation mathématique permettant la mise au point d'un modèle d'invasion biologique, puis de l'utiliser pour tester les effets de ces proliférations sur la biodiversité des écosystèmes et analyser a priori l'efficacité des moyens éventuels d'y remédier.
- Déterminer et quantifier les processus majeurs intervenant dans la biologie des populations responsables d'efflorescences phytoplanctoniques toxiques afin d'améliorer la surveillance (notamment sa programmation et sa stratégie) et de prévoir, si possible, l'apparition de ces efflorescences. Ces recherches s'appuieront sur les observations régulières effectuées par le REPHY, et seront mises en relation avec les mesures de toxicité effectuées par le Département "Microbiologie et Phycotoxines".

- Quantifier les mouvements des particules et des éléments associés en milieu côtier et estuarien : comportement dans la masse d'eau, cycle d'érosion/dépôt, échanges biogéochimiques à l'interface eau/sédiment. Mesures et modélisation mathématique seront développées en parallèle, de manière à pouvoir estimer à diverses échelles de temps les échanges de différents constituants entre le fond et la colonne d'eau.

La réalisation de ces objectifs passe en particulier par une politique volontariste du Département en matière d'instrumentation d'une part, de logiciel de modélisation d'autre part.

La composante instrumentale *in situ* est un élément majeur de la capacité d'innovation et de validation en matière de modèles d'écosystèmes ; les filières suivantes seront donc maintenues et développées : station autonome de mesure sur le fond, érodimétrie, chambres benthiques, etc... pour les processus concernant les échanges près du fond, granulométrie laser, fluorimétrie, etc... pour les processus en pleine eau. Naturellement, cette instrumentation innovante *in situ* ne doit pas faire oublier le nécessaire maintien au plus haut niveau des outils analytiques au laboratoire (nutriments, polluants bioaccumulés...).

La modélisation écologique, par sa nécessaire pluridisciplinarité, nécessite une intégration de divers modules logiciels en un outil informatique spécifique, permettant notamment la prise en compte de divers processus, forçages et conditions aux limites. L'amélioration du logiciel ELISE, structure d'accueil pour développer des modèles d'écosystèmes aquatiques, sera poursuivie, en particulier le couplage avec les codes 3D de circulation et de transport particulière.

Parallèlement à ces objectifs de recherche, le Département maintient certaines actions prestataires pérennes (participation à la surveillance des effets sur le milieu marin des centrales nucléaires côtières, mesure des PCB dans les prélèvements "Matière vivante" du RNO, fourniture de matériel de référence pour les programmes d'intercalibration de laboratoires,...). Plusieurs de ses membres participent régulièrement aux groupes de travail européens.

2. Effectifs

Directeur du département Alain Menesguen

Secrétariat Anne-Laure Le Velly
Marie-Pierre Le Bris

Laboratoire « Eutrophisation et Bioaccumulation » (DEL/EC/EB)

Responsable du laboratoire Jean-François Guillaud

Secrétariat Marie-Pierre Le Bris

Alain Abarnou (C)
Alain Aminot (C-0,8)
Françoise Andrieux-Loyer (C-0,8)
Philippe Cann (T)
Annie Chapelle (C)
Roger Kerouel (T)
Anne-Marie Le Guellec (T-0,8)
Véronique Loizeau (C-0,8)

Doctorants Philippe Cugier
Agnès Jaouen

Laboratoire « Transport Particulaires et Echanges Eau-Sédiment » (DEL/EC/TP)

Responsable du laboratoire Pierre Le Hir

Secrétariat Marie-Pierre Le Bris

Philippe Bassoulet (C)
Jean Dominique Gaffet (T) *mi-temps EC/BB-EC/TP*
Hervé Jestin (T)
Yves Monbet -C)

Doctorants : Isabelle Brenon (jusqu'en juin 97)
Ricardo Silva Jacinto
Aldo Sottolichio

Laboratoire « Prolifération Phytoplanctonique » (DEL/EC/PP)

Responsable du laboratoire	Patrick Gentien
Secrétariat	Anne-Laure Le Velly
	Geneviève Arzul (C)
	Guy Bodennec (C)
	Marie-Pierre Crassous (T-0,8)
	Marie-Madeleine Daniellou (T-0,8)
	Evelyne Erard-Le Denn (C)
	Erwan Le Gall (T) <i>mi-temps EC/BB-EC/PP</i>
	Jacqueline Le Grand (T)
	Geneviève Lehoerff (C)
	Michel Lunven (C)
	Agnès Youenou (T-0,8)
Doctorant	Ian Probert

Laboratoire « Biodiversité Benthique » (DEL/EC/BB)

Responsable du laboratoire	Dominique Hamon
Secrétariat	Anne-Laure Le Velly
	Thomas Belsher (C)
	Michel Blanchard (C)
	Jean Dominique Gaffet (T) <i>mi-temps EC/BB-EC/TP</i>
	Philippe Gros (C)
	Erwan Le Gall (T) <i>mi-temps EC/BB-EC/PP</i>
	Michel Merceron (C)

CDD

(remplacement V. Loizeau)

Emmanuel Gentil
(12/5/97 au 21/8/97)

(remplacement F. Andrieux-Loyer)

Jean-François Maguer
(5/05/97 au 22/08/97),

(remplacement A. Chapelle)

Martin Plus
(19/2/97 au 12/6/97),

(remplacement M.P. Le Bris)

Claire Christie
(18/1/97 au 10/5/97).

CDD

(surcroît d'activité)

Hafida Benyagoub
(01/10/97 au 31/12/97).
M. Laabir
(avril à juillet)

3. Budget annuel

BUDGET GLOBAL DU DEPARTEMENT 1997 :

◆ Fonctionnement (KF)	988
◆ Investissement (KF)	2 290
◆ Personnel (KF)	11 161
Total général	14 439

Le département a, au cours de l'exercice 1997, réalisé des recettes propres d'un montant de **1422 KF** à l'occasion des programmes dont l'intitulé, les partenaires et le financeur sont donnés dans la liste suivante :

- de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne
- de la CEE (MAST 2, MAST 3)
- de la Région Bretagne
- du Service Départemental de l'Agriculture et de l'Environnement (Conseil Gal 22)

4. Programmes et projets

A – Modélisation des écosystèmes côtiers

- A1 – Fonctionnement des écosystèmes naturels et perturbés
- A110 – Chantiers majeurs – PNOC

Lagunes méditerranéennes (A11002, responsable : Jean-Marc Deslous-Paoli)

A. Chapelle, du laboratoire EC/EB, participe à ce projet d'une part en étudiant la propagation estivale des malaïgues dans l'Etang de Thau par couplage d'un modèle biogéochimique (matière organique, oxygène, soufre) et d'un modèle physique tridimensionnel réalisé par DEL/AO, d'autre part en animant le volet "Modélisation" du projet complet.

T. Belsher, du laboratoire EC/BB, anime avec M. Verlaque (CNRS Marseille) le volet "Macrophytes" de ce programme, qui vise à compléter et réactualiser les connaissances sur le peuplement macrophytique lagunaire de l'Etang de Thau et à paramétrer les processus physiologiques des espèces dominantes. L'activité 97 a consisté à :

- définir les actions de recherches et les besoins budgétaires,
- établir un plan d'échantillonnage commun avec le groupe "filtreurs" (N.Mazouni).

En complément du programme "Lagunes méditerranéennes", et en réponse à l'appel d'offres PND BE / Réseau Diversité Marine, participation à la rédaction de la proposition "Changements associés aux introductions d'espèces: l'Etang de Thau, site majeur d'introduction d'espèces marines en Europe" (M. Verlaque, CNRS, responsable).

Baie de Seine – PNOC 2 (A11003, responsable : Alain Ménesguen)

Réécrit, à la demande du Comité Scientifique du PNOC 2, le programme Baie de Seine a été accepté en juin 1997, avec pour objectifs de :

- mesurer et modéliser les effets de l'enrichissement croissant de la Baie de Seine sur la biomasse et l'importance relative des grands compartiments des réseaux trophiques pélagique et benthique.
- mesurer et modéliser les conséquences de cette intensification locale des flux de matière (notamment entre pélagos et benthos) sur le devenir de certains contaminants apportés par la Seine (cadmium et PCB spécialement), et sur une éventuelle bioaccumulation dans le réseau trophique.

Les premières campagnes réalisées dans le cadre du PNOC 2 Baie de Seine par le laboratoire EC/EB (DYNAMO 1 fin avril, DYNAMO 2 mi-juin et DYNAMO 3 début octobre) ont eu pour objectifs d'approfondir la connaissance sur les échanges de nutriments et d'oxygène entre l'eau et les sédiments (chambres benthiques), et de faire des bilans sur les formes de nutriments au sein de la masse d'eau : la dégradabilité de la matière organique a été mesurée par DEL/EC/EB, tandis que la détermination de l'origine ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$) de cette matière organique détritique et la mesure des parts biogénique et lithogénique de la silice particulaire étaient confiées à l'IUEM/ UMR CNRS 6539.

En ce qui concerne la modélisation, l'essentiel du travail a porté sur le couplage du modèle physique 3D et du modèle biologique. Les données nécessaires à l'introduction du phosphore dans le modèle biologique ont été réunies dans la thèse de F. Andrieux ("Les formes de phosphore particulaire et sédimentaire en environnement côtier. Méthodes d'analyse, biodisponibilité, échange") présentée le 6 mai 1997.

Dans le but d'effectuer en 1998 un suivi serré du zooplancton simultanément au suivi du phytoplancton, avec mesures des biomasses par classes de taille accompagnées de mesures de production de pelotes fécales, une méthode de prélèvement de zooplancton adaptée aux zones stratifiées a été testée : elle utilise une pompe immergée alimentant un bac de pont muni de filets amovibles à maille variable. Le protocole des incubations de zooplancton a été adapté des techniques déjà employées par les équipes du PNOC "Atlantique" et du programme Seine Aval.

Développement des modèles écologiques de base (A11005, responsable : Alain Ménesguen)

L'amélioration du logiciel ELISE a résulté de la correction de certaines anomalies et du passage de la version 6.1 à la version 6.2, obtenue grâce à l'ajout de fonctionnalités dans les modules "visualisation spatiale" et "visualisation temporelle", au dessin des champs de vecteurs, à l'animation des images de résultats de simulation, à l'évolution des formats de stockage des résultats, à l'amélioration de l'interface homme-machine (outil ILOG), et à la saisie interactive des caractéristiques hydrauliques pour le modèle 3D (Contrat CAP-GEMINI).

A130– Eutrophisation et espèces proliférantes

Prolifération de la crépidule (A13001 responsable : Dominique Hamon)

Compte tenu de l'ampleur des proliférations de la crépidule qui touchent aujourd'hui plusieurs grandes régions maritimes (Normandie, Bretagne, Charente-Maritime...) et des problèmes économiques et écologiques qu'elles entraînent, un programme d'étude a été élaboré en cours d'année, avec pour objectifs principaux :

- identifier les particularités écophysiologicals qui donnent à la crépidule un caractère envahissant,
- identifier les facteurs de dissémination de l'espèce,
- évaluer les effets de ces proliférations sur la biodiversité benthique,
- établir un modèle démographique spatialisé de la population du golfe normano-breton, dont la finalité sera de tester les effets de la prolifération sur les écosystèmes, ainsi que les moyens éventuels d'y remédier.

Une première campagne (Crepibio 5 / août 1997) a notamment permis de sélectionner une station de référence (Baie de Saint-Brieuc) pour mener une étude de dynamique de population durant un cycle annuel (1998). Il a également été procédé au choix des méthodes et des techniques pour cette étude dynamique.

Une collaboration a été établie avec le MNHN (Laboratoire Maritime de Dinard) pour étudier, en conditions expérimentales, le comportement larvaire de la crépidule.

Expansion de la caulerpe (A13002, responsable: Thomas Belsher)

Suivi de l'expansion dans le cadre du Programme européen Life (DGXI), en collaboration avec le Service de l'Environnement de Monaco :

- la campagne Califa 97 a permis de compléter la couverture sonar, d'effectuer des carottages pour validation et analyse de la qualité des fonds, ainsi que de constater, par vidéo sous marine, la persistance de *C. taxifolia* le long de la face est du Cap Martin.

- réalisation d'une carte bio-sédimentaire de Monaco à Menton : exploitation des données sonar 95, assemblage des sonogrammes (collaboration J.Dimeet) et pré-interprétation (collaboration E.Houlgatte).

Ecophysiologie (collaboration avec les équipes de la DEL à Sète / J.M. Deslous-Paoli).

De nouvelles mesures, effectuées en octobre dans le port de Fontvieille, où la moitié des fonds sont recouverts à 100% par l'algue, confirment l'activité photosynthétique élevée de celle-ci en automne.

Préparation de la campagne océanographique Califa 98.

Nutriments et eutrophisation (A13003, responsable : Jean-François Guillaud)

Dans le cadre des mises au point analytiques réalisées par le laboratoire, rédaction de publications concernant une nouvelle méthode fluorimétrique de mesure de l'ammonium, et une technique de stabilisation des nutriments dans les échantillons d'eau de mer par traitement thermique.

Préparation d'une réponse à l'appel d'offre du MATE pour la réalisation, en collaboration avec la DITI, d'un analyseur *in situ* d'ammonium (proposition acceptée).

Démarrage de la thèse de S. Loyer sur la modélisation 3D de la production phytoplanctonique dans la zone côtière atlantique enrichie par les apports fluviaux.

Inventaire des marées vertes en Bretagne (A13004, responsable : Michel Merceron)

Ce premier inventaire véritablement quantifié des proliférations d'algues vertes et des flux azotés qui les génèrent a été réalisé à la demande de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne. Les travaux techniques ont été sous-traités (CEVA, MAIA Infosciences). L'année 1997 a été particulièrement sèche et constitue une référence de ce point de vue. Il s'avère que la transformation des flux d'azote en algues vertes (ulves surtout) s'effectue avec un rendement variable selon la morphologie et la courantologie des sites. L'opération sera reconduite chaque année et doit permettre d'observer les résultats de la reconquête de la qualité des eaux douces des bassins versants à marées vertes.

A140 – Déterminisme d'apparition des efflorescences algales

Déterminisme des apparitions des efflorescences algales toxiques (A14001, responsable : Patrick Gentien)

Alexandrium minutum forme des **kystes** hivernaux (vivaces pendant au moins 5 ans) et se comporte 10 mois sur 12 comme une particule sédimentaire. Une cartographie des côtes bretonnes, a été réalisée en 1997. Elle a montré une extension de l'épidémie en Bretagne Nord. A ce jour seuls les sites de la Rance, la baie de Morlaix et les Abers ont été touchés par les efflorescences, mais les autres zones "contaminées" peuvent être considérées à risque pour l'avenir.

Le développement d'*Alexandrium minutum* est lié à des facteurs physiques et à des facteurs nutritionnels. En collaboration avec l'UBO, un "bloom" de 48 millions de cellules au litre a été suivi pendant une semaine. Les valeurs en nitrate étaient de 100 à 160 $\mu\text{mole.l}^{-1}$. Il a été montré que le bloom se développe sur les sources d'ammonium et non pas sur le nitrate. Les stocks de nitrate suffisaient au maintien du bloom pendant une longue période,

cependant le bloom n'a duré qu'une semaine. Le nitrate n'est donc pas le facteur limitant du bloom.

La reproduction sexuée qui assure le maintien d'un bloom d'une année sur l'autre est induite par un stress nutritif en azote estimé par le rapport glutamine/glutamate. Ce stress apparaît quand les stocks d'ammonium sont épuisés et qu'il y a encore de fortes concentrations de nitrate dans l'eau. Le stress intracellulaire a été observé *in vitro*. Les relations interspécifiques d'*Alexandrium* ont été étudiées *in vitro*. *A. minutum*, *A. catenella* et *A. tamarense* ont un effet allélopathique sur la croissance de *Chaetoceros gracile* et *G. cf. nagasakiense*. Par contre, *Scrippsiella trochoidea* qui accompagne les blooms d'*A. minutum* n'est pas sensible à l'effet allélopathique.

Les principales conclusions de l'étude de *Gymnodinium cf. nagasakiense* ont été résumées dans une synthèse bibliographique publiée en 1997. La capacité allélopathique de l'espèce détermine la stratégie de croissance de la population. L'espèce produit un acide gras (C18:5w3) extrêmement labile dont les teneurs intracellulaires varient en fonction des conditions d'environnement. La toxicité de ce composé était contestée et n'avait jamais été démontrée. Sa synthèse a été réalisée en grandes quantités (ca. 100 mg). Des tests de toxicité (Université de Nice) sur l'épithélium branchial d'alevin et sur des hépatocytes de bars ont permis de prouver la toxicité de cet acide. Il inhibe de manière non-spécifique l'activité des ATPases membranaires empêchant la régulation intra-cellulaire des ions Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ et Na^+ . Cette étude permet d'utiliser l'acide octadécapentaénoïque comme traceur d'activité ichthyolétale. Les variations selon l'intensité lumineuse du contenu intracellulaire en acides gras de différentes espèces ichthyolétales du littoral européen ont montré que le modèle de stratégie de croissance de *G. cf. nagasakiense* peut servir de base à un groupement fonctionnel de plusieurs espèces de diverses familles taxonomiques. Les conditions induisant les plus fortes concentrations intra-cellulaires de cet acide ont été étudiées chez *G. cf. nagasakiense*: les concentrations les plus importantes ont été obtenues dans des conditions proches de celles observées lors d'un bloom. L'hypothèse d'un contrôle de la stratégie de développement par l'allélopathie est donc confirmée.

Les séries du REPHY montrent une grande variabilité interannuelle de l'extension géographique de *G. cf. nagasakiense*. Grâce au modèle hydrodynamique de DEL/AO, cette variabilité a été utilisée pour tester des hypothèses sur la dynamique de l'espèce. Un événement toxique ne peut se développer sans inoculum. Un schéma d'inoculation a été testé en simulant les trajectoires de particules lâchées sur un transect à Audierne à différentes dates. Les particules de la colonne d'eau étaient confinées dans la pycnocline au dessus d'un gradient seuil. En 1995, contrairement aux autres années, les trajectoires dépassaient un transect à l'île d'Yeu. Les conditions météorologiques particulières du mois d'Avril 95 peuvent expliquer ce bloom très étendu qui s'est produit en Juillet.

Les blooms de *G. cf. nagasakiense* se terminent souvent à la suite d'un coup de vent et donc d'une turbulence accrue qui augmente les taux de collision entre particules. Une agitation même modérée induit la lyse de cellules. Le taux de collision dépend principalement du taux de cisaillement et de la densité cellulaire. Il est impossible de reproduire *in vitro* le climat de turbulence *in situ*. Par contre, en utilisant les capacités de migration de l'algue, il est possible d'augmenter artificiellement et momentanément la densité cellulaire. La densité cellulaire se stabilise, au bout de 20-30 minutes, dans ces conditions à une densité maximale de $3.5-4 \cdot 10^7$ cell. l^{-1} . Un volume "vital" de ca. 200 μm est donc nécessaire à chaque cellule. C'est la première fois que l'autotoxicité, concept courant en écologie terrestre, est démontrée en milieu marin (in prep.).

En l'état actuel des connaissances, aucune des espèces de *Dinophysis spp.* ne se cultive. Il a été nécessaire de l'étudier dans son milieu. Des instruments spécifiques mis au point au laboratoire EC/PP ont permis de détecter les zones où *Dinophysis* s'accumule et/ou croît. Il

apparaît que *Dinophysis* se concentre sur la verticale dans les interfaces de densité dans des milieux riches en matériel organique dissous et particulaire. L'extension latérale de ces zones d'accumulation est souvent limitée (10 milles) en bordure des panaches de rivières. Une simulation 3D à partir des données météorologiques réelles a mis en évidence un tourbillon dans la zone où une tache de *Dinophysis* a été détectée pendant une quinzaine de jours. Ces zones de confinement qui dépendent de la météorologie pourraient servir de zones d'incubation pour un événement toxique. Des concentrations significatives de *Dinophysis* viables ont été détectées près du fond au dessus de la Grande Vasière. Ceci prouve que *Dinophysis* peut se satisfaire d'une nutrition hétérotrophe stricte. Des simulations 3-D ont montré que cette tache, sous les conditions météorologiques du moment, se déplaçait vers la côte. Il se pourrait que cette zone soit une zone de désenkystement permettant l'inoculation de l'événement toxique.

Ecos-Conicyt & Aquatoxsa (A14002, responsable: Geneviève Arzul)

L'objectif principal de ces deux programmes est de déterminer les effets de l'aquaculture intensive sur l'écosystème marin, en terme de qualité chimique de l'eau côtière, incluant le seston et les perturbations au niveau du benthos. Le premier, "Croissance du phytoplancton et substances dissoutes provenant des animaux marins", est retenu pour une durée de 3 ans par la Commission ECOS – CONICYT (Evaluation – Orientation de la coopération scientifique avec le Chili et l'Uruguay) et ne concerne que les frais de voyage dans le cadre des échanges de chercheurs entre pays. En juillet, un chercheur chilien a étudié dans le laboratoire EC/PP les effets des excréments de bar en élevage sur la croissance du phytoplancton. En novembre, une mission au Chili (G. Arzul & A. Youenou) a permis de continuer ces travaux sur l'effet des élevages de saumon.

Le deuxième projet " Aquatoxsa" complémentaire du premier devrait permettre de définir un index de tolérance pour les milieux, en tenant compte des risques dus aux efflorescences algales nuisibles, et des substances qui les stimulent. Une extrapolation des résultats d'impacts en vue de l'extension future de la salmoniculture donnera une prévision des risques, dans le but de protéger l'environnement.

A2 – Circulation côtière et cycles biogéochimiques : modélisation

A220 – Transports particuliers

MAST3 INTRMUD (850119, responsable : Philippe Bassoullet)

L'objet du projet est de caractériser et classer le fonctionnement des vasières intertidales, en examinant particulièrement les interactions entre leur comportement sédimentologique et le développement d'organismes phyto- ou zoobenthiques. Ce projet MAST est le cadre d'une collaboration entre une quinzaine de partenaires européens, qui a donné lieu à une campagne de terrain de grande envergure autorisant un échantillonnage jamais atteint ; des rapports privilégiés avec le CREMA ont permis d'intégrer dans la modélisation hydrosédimentaire les effets de bioturbation et de modification des rugosités liée aux organismes benthiques.

Des suivis à moyen terme de paramètres sédimentaires (marée, vagues, courant, turbidité et variation du fond) ont été réalisés dans le secteur de Brouage afin de mettre en évidence l'effet des structures de moyenne échelle (banquettes de vase et "seillons", très caractéristiques des vasières à faible pente) ; l'analyse de campagnes antérieures a permis de mieux caractériser et quantifier les remises en suspension dans le bassin ostréicole de Marennes-Oléron, à savoir un effet des vagues dominant sur la turbidité au-dessus des

estrans (des flux cross-shore de particules ont été calculés), et malgré tout une augmentation forte des teneurs en M.E.S. dans les chenaux en période de vive eau, probablement induite par une advection plus marquée.

L'évolution locale des paramètres ainsi mesurés a été partiellement simulée par le modèle SAM-1DV, qui permet de tester des processus, tandis qu'une modélisation fine 2DH est mise en place en collaboration avec le CREMA, afin de décrire complètement la dynamique des matières en suspension, en tenant compte des processus d'advection.

Comportement des particules et modélisation; URM-13 Gironde (A22001 responsable : Pierre Le Hir)

Ce projet rassemble des activités de recherche plus "amont", mais indispensables à l'aboutissement des travaux appliqués. C'est le cas de certains développements méthodologiques, dont on peut rappeler les principaux :

- pour l'expérimentation *in situ*, l'utilisation sur estran d'un profileur de densité de vase à ultrasons, et surtout la mise au point du prototype d'altimètre autonome immergeable (ALTUS), cofinancée par le projet INTRMUD : ce dispositif doit permettre le suivi à long terme de la cote de surface d'une vasière, et donc de quantifier avec grande précision les érosions et dépôts, à des échelles de temps variant entre quelques minutes et quelques mois, les applications potentielles du système (peu coûteux) sont très nombreuses;

- pour la modélisation, la modification de l'algorithme de consolidation, l'adaptation du modèle SAM-1DV à un contexte de hauteur d'eau variable (p.ex. estran) et l'intégration complète de la version 3D du logiciel SAM, incluant l'hydrodynamique, le transport dissous/particulaire dans l'eau et la gestion des sédiments avec leur tassement.

C'est également dans le cadre de ce projet que EC/TP contribue aux travaux de l'URM-13 ("Evolution environnementale des systèmes Arcachon-Gironde"), pour la description du bouchon vaseux de la Gironde et la compréhension des mécanismes de formation et d'érosion de la crème de vase (où se déroulent des processus importants de transformation de la matière organique).

Le premier point a fait l'objet d'une modélisation bidimensionnelle du bouchon vaseux (thèse d'A. Sottolichio). Les structures turbides simulées se positionnent correctement, mais à moyen terme (quelques mois) la masse se disperse trop rapidement, probablement parce que les effets de densité sont négligés dans cette modélisation. Des calculs tridimensionnels seront effectués en 1998, afin d'obtenir des résultats plus satisfaisants.

Le second volet a consisté en un dépouillement et une première analyse de la campagne SEDIGIR réalisée en juin-juillet 1996. L'acquisition fréquente de profils simultanés de température, salinité, courant et turbidité (système SAMPLE) en un même point pendant un cycle marée moyenne/morte eau/vive eau a permis de décrire et quantifier la formation de la crème de vase, sa consolidation partielle et son érosion en marée de revif. En particulier, les mesures ont mis en évidence la formation - par décantation ou suite à de l'érosion - de couches homogènes de crème de vase liquide (concentration 50-70 g/l) entre des lutoclines très marquées. Simultanément l'amortissement de la turbulence dans ces gammes de concentration est clairement révélée par les mesures de courant. Ces observations très riches seront confrontées (1998) à une modélisation continue eau/sédiment initialement développée au laboratoire en 1994.

A3 – Interactions entre milieu et ressources aquacoles

A320 – Autres écosystèmes aquacoles

Impacts environnementaux de la pisciculture (A32002, responsables : Marc Kempf et Michel Merceron)

Ce programme traite de l'impact de la pisciculture marine et se termine fin 1997, avec pour produits un colloque sur les aspects réglementaires liés à cet impact, deux rapports techniques sur l'impact d'un élevage atelier à Cherbourg et deux articles dans un magazine (Equinoxe). En mer à marée, les impacts des élevages de poisson sont généralement très modestes sur le fond et à la limite de la détectabilité dans la colonne d'eau. L'hydrodynamisme du site est le facteur primordial.

B – Comportement des polluants

B2 – Contamination chimique : apports, devenir et effets

B240 – Flux et bilans

Seine Aval (B24001, responsable Louis Alexandre Romaña)

Le laboratoire EC/EB contribue à ce projet par l'étude de la bioaccumulation des PCB, étude qui s'inscrit dans le thème Edifices Biologiques coordonné par J.-C. Dauvin (Dir. de la Station Marine de Wimereux) et A. Abarnou. Les analyses ont porté sur les PCB dans le phytoplancton et le benthos (suivi saisonnier), et sur les lipides et les PCB dans les muscles et les gonades du bar et du flet au cours de la période de reproduction. Ces travaux ont montré une accumulation importante des PCB dans les gonades avec une constance de l'empreinte entre muscles et gonades, et entre espèces, et une élimination plus importante chez le flet que chez le bar des PCB lors de la ponte.

La modélisation de la bioaccumulation des PCB chez le bar a été améliorée par la prise en compte d'éléments dynamiques concernant les variations saisonnières de la contamination et la distinction entre mâle et femelle.

En complément aux études sur la bioaccumulation, la thèse de A. Jaouen sur la distribution des PCB et des HAP, combine des approches chimique et écotoxicologique, avec un intérêt tout particulier pour les contaminants les plus toxiques (PCB non-ortho-substitués). Les résultats préliminaires montrent une différence de comportement entre PCB et HAP au cours des processus de bioaccumulation dans le réseau trophique.

Le laboratoire DEL/EC-TP intervient dans le programme Seine-Aval essentiellement pour la modélisation hydrosédimentaire. Les faits marquants en 1997 sont d'une part la modélisation tridimensionnelle du bouchon vaseux, et d'autre part un suivi expérimental de l'évolution d'une vasière près du port du Havre.

La modélisation 3D du bouchon vaseux a permis de récapituler et de pondérer les facteurs responsables du phénomène (*cf* thèse d'I. Brenon), à savoir:

- la propagation asymétrique de la marée, qui reste le mécanisme essentiel.
- les circulations de densité générées par les gradients de salinité, qui étalent ou au contraire reconcentrent le bouchon vaseux, selon que le point nodal est distant ou non du bouchon vaseux dynamique.
- les zones de piégeages possibles de particules en morte eau (fosses ou enclaves latérales) constituent des "points d'attraction" du bouchon vaseux et influencent sa concentration et même sa position.

Quelle que soit son origine, le bouchon vaseux dépend avant tout de la géométrie de l'estuaire, et en raison des gradients verticaux de concentration, les calculs 3D ont mis en évidence des artéfacts générés par le calcul intégré selon la verticale. En effet, ce dernier augmente artificiellement les turbidités de surface, qui par mélange latéral se retrouvent à pleine mer sur les bords peu profonds (p.ex. sur les vasières) et s'y déposent de façon accentuée.

Concernant le suivi d'un transect "exposé" de la vase du Havre, en collaboration avec la Cellule de Suivi du Littoral Haut-Normand, ont été mises en évidence des érosions fortes (quelques dm) et très rapides sous l'effet de tempêtes, et une récupération progressive (de l'ordre d'un mois) des niveaux de vase antérieurs, conduisant à un relatif équilibre au bout d'un an. D'autre part une campagne de mesures en continu de paramètres hydrosédimentaires, réalisée en collaboration avec le laboratoire de géologie marine de l'Université de Caen, doit fournir des données pour la validation d'un modèle de remise en suspension des vases sous l'effet des vagues (thèse de R. Silva Jacinto).

C – Observation et surveillance de la mer côtière

C1 – Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin

C110 – Réseau national d'observation

RNO Analyses (C11003, responsable : Didier Claisse)

Le laboratoire EC/EB a réalisé près de 400 analyses de PCB et de pesticides organochlorés pour le RNO-matière vivante ; il a aussi travaillé à l'amélioration des mesures de DDT. Il a enfin obtenu des résultats très satisfaisants aux deux exercices d'intercomparisons analytiques de QUASIMEME II (déc 96-mai 97 : PCB, HAP ; juin 97-oct 97 : CB, CB plans, HAP).

C150 – Suivi des sites littoraux de centrales EDF

IGA (C15001, responsable : Jean-Yves Quintin)

Etude de surveillance écologique des rejets de centrales électronucléaires en eaux côtières de la Manche (sites de Flamanville, de Penly, de Paluel et de Gravelines).

Ces études de surveillance permettent d'observer l'incidence éventuelle d'une centrale sur le milieu marin environnant en fonction des fluctuations naturelles pluriannuelles des principaux paramètres hydrobiologiques retenus comme la température, salinité, sels nutritifs, phytoplancton, zooplancton. A ce jour, aucune variation significative hors du champ proche n'a été observée. L'hétérogénéité observée est fonction à la fois du type de rejet et des conditions hydrodynamiques propres à chaque centrale.

Un rapport préliminaire est produit en Janvier (n+1) et le rapport final en Avril – Mai (n+1).

L'établissement d'un accord tarifaire IFREMER / EDF prévu en 1998 a été l'occasion de différentes réunions de concertation entre les partenaires IFREMER.

C160 – Système d'information « environnement littoral »

Quadrige (C16001, responsable : Michel Joanny)

Quadrige, le nouveau système d'informations pour la gestion des données des réseaux de surveillance gérés par l'Ifremer, concerne, outre les réseaux RNO REPHY REMI, le

programme IGA. A ce titre, différents cadres du laboratoire EC/PP ont participé à la récupération des données historiques IGA dans la banque Quadrigé.

Les différents champs ont été validés : stratégie par domaine, points, taxons phytoplanctoniques et zooplanctoniques, table de correspondance des engins, niveaux.....

C170 – Appui méthodologique aux réseaux

Interprétation de séries temporelles (C170011, responsable : Patrick Gentien)

Le thème "Séries à long terme" du PNOC se poursuit sur le site de Gravelines (Nord). Dans la première phase du PNOC, les données météorologiques à long terme (50 ans) avaient permis la mise en évidence d'évolutions cycliques (Fromentin J.M., Ibanez F., 1994) ainsi que la mise en relation des séries zooplanctoniques et des paramètres hydroclimatiques (Le Fèvre – Lehoerff G., Ibanez F., Poniz P. et Fromentin J.M., 1995). La deuxième phase se propose d'examiner les liens entre plusieurs compartiments du réseau trophique. Un premier résultat a été acquis en 1997 par confrontation des séries zooplanctoniques et des séries halieutiques (Woehrling D. et Le Fèvre – Lehoerff, 1998).

C3 – Développement des équipements de mesure pour l'observation et la surveillance

C310 – Capteurs

Capteurs Océanographiques (C31001, responsable : Patrick Gentien)

Les espèces phytoplanctoniques toxiques étudiées présentent une particularité par rapport au phytoplancton en général : elles sont capables de migration verticale (+/- 10 m par jour). Elles se concentrent dans la pycnocline quand le gradient de densité est suffisamment fort. Leur échantillonnage pose des problèmes inhabituels en océanographie biologique. Un profileur adapté à la reconnaissance des structures a été mis au point.

Le profileur granulométrique développé en interne au laboratoire DEL–Ecologie repose sur l'association de 2 capteurs (une sonde CTD multiparamètres et le granulomètre laser CILAS) et d'un système d'échantillonnage. Géré en temps réel par un logiciel spécifique, il permet, lors des campagnes à la mer, une description rapide des structures hydrologiques horizontales et verticales des zones étudiées.

Depuis 1996, le laboratoire EC/PP a initié le développement d'un système de visualisation et de quantification des particules par imagerie : le Vidéomicroscope sous-marin. La caméra utilisée permet la visualisation et la mesure des particules de taille supérieure à 50 microns.

L'ensemble profileur (granulomètre, sonde, vidéomicroscope) est géré par un logiciel compatible Windows 95 sous DELPHI) qui synchronise tous les capteurs et les images vidéo : il a été mis au point en 1997.

Lors des campagnes à la mer, ce système offre l'avantage d'obtenir une vision directe des particules dans leur milieu : zooplancton, agrégats de matière organique, chaînes de diatomées.

Un logiciel de trajectographie de particules (100 simultanément) permet d'obtenir les vitesses et directions instantanées pour chaque particule. Il servira *in situ* à la détermination des vitesses de sédimentation et au laboratoire, à des études de migration d'algues.

G - Mise en valeur de la mer côtière et économie des ressources marines

G1 - Mise en valeur de la mer côtière

G110 - Régularisation des usages, des ressources et des espaces

Avis et assistance à l'administration et aux usagers (G11001)

A. Aminot : Groupe d'Action Phosphore du CORPEN (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement).

A. Ménesquen : représentant IFREMER à la réunion plénière annuelle du CORPEN (Paris, sept. 1997).

J.-F. Guillaud : Avis sur rejets de stations d'épuration (Le Havre, Trinité (Martinique), La Barre de Monts, et île de La Réunion (rejet de distillerie), et sur le cahier des charges pour les études d'émissaires en Martinique.

J.-F. Guillaud : Groupe de Coordination "Estuaires" des CQEL de la Région Bretagne.

D. Hamon est intervenu en soutien (1) de DEL/CR, et de D/CB pour expertiser un certain nombre de dossiers nécessitant une compétence en benthologie : Extraction de granulats marins - Parc marin d'Iroise - Charte d'environnement CCPI Iroise - Atlas de l'Environnement Bretagne - Etat de l'Environnement (IFEN) - Réserve naturelle de la baie de Saint Briec - Désensablement du Mont Saint Michel...(2) des Laboratoires côtiers (Port-en-Bessin, St Malo et la Trinité, notamment) pour une aide technique (bibliographie, identification faunistique...) et pour contribuer à formuler certains avis.

Conservation des habitats : ZNIEFF, Natura 2000 (G11004, responsable : Dominique Hamon)

L'IFREMER (DEL/EC et DRV/RH) a répondu à un appel d'offre du Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres pour une étude marine, dans le cadre de l'opération pilote "Natura 2000" sur le site du Trieux-Jaudy. (Côtes d'Armor). Cette proposition, qui visait à inventorier les habitats naturels et à évaluer les activités marines (pêche et aquaculture) de ce site, dans le but de définir les conditions de gestion des ressources et de préservation du milieu, n'a pas abouti par manque de moyens financiers.

G120 - Etudes intégrées en appui à la gestion de la zone côtière

Algues vertes et bassins versants bretons (G12001, responsable : Michel Merceron)

Conjointement avec le CEMAGREF, l'IFREMER anime un groupe de plusieurs organismes, surtout terrestres, qui vise à mieux comprendre les processus de transfert au milieu marin de différents polluants : sels azotés et phosphorés, pesticides, bactéries. Ce programme est inclus dans le CPER Bretagne 1994-98. L'IFREMER est en charge d'un des deux sites ateliers (Bassin versant du Kerharo) et du volet marin. L'achèvement du programme, essentiellement terrestre, est prévu pour 1999. En 1997, l'IFREMER a pu estimer les possibilités dénitrifiantes des marais littoraux bretons.

5. Communication et valorisation

5.1. Rapports et Publications

5.1.1. Revues à comité de lecture

laboratoire EC/EB

⇒ articles publiés : 12

⇒ articles acceptés : 5

laboratoire EC/TP

⇒ articles publiés: 3

laboratoire EC/PP

⇒ articles publiés: 7

⇒ articles acceptés : 5

⇒ articles soumis : 2

laboratoire EC/BB

⇒ articles publiés : 3

⇒ articles soumis : 2

5.1.2. Colloques – Séminaires

laboratoire EC/EB

⇒ 9 communications orales et 3 posters.

laboratoire EC/TP

⇒ 6 communications orales et 1 poster.

laboratoire EC/PP

⇒ 3 communications orales et 1 poster.

laboratoire EC/BB

⇒ 2 communications orales et 1 poster.

5.1.3. Rapports scientifiques et techniques

laboratoire EC/EB ⇒ 3 rapports.

laboratoire EC/TP ⇒ 8 rapports.

laboratoire EC/PP ⇒ 13 rapports.

laboratoire EC/BB ⇒ 12 rapports.

5.2. Autres médias ou actions de communication et de vulgarisation scientifique

Conférences

A. Abarnou. Communication sur le thème "Analyses des PCB dans l'environnement marin : application aux programmes de surveillance et aux études sur la bioaccumulation" au Séminaire "Environnement Eco-Industries : préparation d'échantillons et analyses organiques appliquées". 4-5 nov. 1997, Paris.

J.-F. Guillaud. Conférence grand public sur les estuaires. IFREMER, Brest, 15 jan. 1997 et Espace des Sciences, Rennes, 19 mars 1997.

T. Belsher. Caméra verte, Cannes – Sur les traces de la caulerpe, IFREMER/Brest et CCSTI/Rennes – Les algues géantes de Kerguelen, Brest.

Information / Enseignement

Participation de T. Belsher et M. Blanchard à "Azimut" (Brest) et de D. Hamon à "La Science en Fête" (Brest).

Participation de D. Hamon (1) à un atelier pédagogique (collège de Kroas Saliou, Plouzané) sur le thème de la biodiversité marine dans la zone de balancement des marées (2) à une réflexion sur le thème de la recherche à l'école, initiée par le Rectorat de l'Académie de Rennes.

Cours de A. Ménesguen sur l'eutrophisation côtière à la journée de formation "Marée verte" des professeurs-stagiaires de biologie organisée par l'IUFM de Saint-Brieuc, Pleubian.

Expositions

Fourniture, par M. Blanchard, de documents sur la crépidule au Musée maritime de Tatihou (Saint Vast la Hougue).

Presse

Belsher T. Blanchard M. et Hamon D., Contribution à la réalisation d'un dossier sur les espèces introduites envahissantes pour la revue "Mer et Littoral".

Ménesguen A. : "Pour une vision dynamique de l'écologie côtière à l'IFREMER. Une approche quantitative et finalisée", Recherches Marines 17 (1997) 10-13.

Production de documents audiovisuels.

Réalisation par EC/TP de 2 animations vidéo de résultats de modèles :

- modèle bidimensionnel du bouchon vaseux de la Gironde,
- modèles bidimensionnel et tridimensionnel du bouchon vaseux de la Seine.

"On the trail of the caulerpe" : version anglaise du film vidéo IFREMER "Sur les traces de la caulerpe" (14 mn).

Collaboration scientifique de D. Hamon à la réalisation d'un documentaire (14 mn) sur l'estran, pour le CNDP.

Collaboration scientifique de T. Belsher à la réalisation d'un documentaire sur *C. taxifolia*, pour le CNDP.

Participation de M. Blanchard à l'émission "E=M6" (juillet 97), consacrée aux espèces introduites envahissantes (cas de la crépidule).

Participation d'A. Ménesguen au film vidéo "Marée verte..." (26 mn) coproduit par Trégor-Vidéo, Conseil Général 22 et IFREMER.

5.3. Actions de transfert

Ces actions ont concerné le laboratoire EC/TP :

Etablissement d'un contrat de licence de commercialisation par la société MICREL de l'altimètre ALTUS, dont le développement a été le fruit d'une collaboration entre IFREMER/DEL/EC-TP et cette société (financé par le programme MAST 3 INTRMUD).

Implantation du modèle unidimensionnel vertical SAM-1DV (eau+sédiment) au CREMA (cadre : INTRMUD).

Implantation du modèle bidimensionnel horizontal SAM-2D (eau+sédiment) au CREMA (cadre : INTRMUD & Capacité trophique du bassin ostréicole de Marennes Oléron).

6. Formation et enseignement

6.1. Formation donnée

Nom	Organisme	Niveau	Sujet	Durée
A. Ménesguen	Paris VI	DEA Océano. biol.	Modélisation écologique	15 h
	Marseille	DEA Océanologie	Modélisation écologique	15 h
P. Le Hir	UBO	DEA Phys. Océan	Dynamique Sédimentaire	6 h
	Marseille	DEA Océanologie	Dynamique Sédimentaire	14 h
	Bordeaux	DEA Océanologie	Dynamique Sédimentaire	2 h
Ph. Gros	Paris VI	DEA Océano Biol.	Modélisation de la variabilité des populations animales marines	10 h.
D. Hamon	MNHN – Paris	DEA	Espèces proliférantes (crépidule) et Biodiversité	4 h.

6.2. Encadrement (doctorants, post-doctorants et stagiaires)

Nom	Origine	Date du séjour	Sujet	Responsable
Labo. EC/EB				
R. Kerouel	BTS Giens	3/6 – 11/7	Analyse automat. acides aminés	A. Aminot
V. Tetrel	Maîtrise Le Havre	15/5 – 15/8	Empreintes des PCB dans les organismes	A. Abarnou
M. Quiniou	Maîtrise UBO	6/1 – 28/3	Acides aminés dans l'eau de mer	A. Aminot
S. Loyer	DEA Paris VI	15/3 – 5/7	Amélioration modèle bicouche Manche	A. Ménesguen
P. Cugier	Thèse Caen	Déc.95 – Déc. 98	Modélisation des éléments majeurs (N,P,Si,O) en Baie de Seine	A. Ménesguen P. Le Hir
A. Jaouen	Thèse Le Havre	Nov. 96 – Nov. 99	PCB, CB coplanaires et HAP dans les organismes	A. Abarnou
S. Loyer	Thèse Paris VI	Déc. 97 – Déc. 2000	Modélisation de la production phyto. dans la zone côtière atlantique	A. Ménesguen & P. Gentien
M. Plus	Thèse Paris VI	Déc. 97 – Déc. 2000	Etude et modélisation des populations de macrophytes dans les lagunes méditerranéennes.	A. Chapelle JM. Deslous-Paoli
S. Riou	Thèse Bordeaux 1	Oct. 95 – Oct 98	Cycle de l'azote à l'interface eau-sédiment dans le bassin d'Arcachon : rôle des bactéries dans les processus de perte en azote (nitrification-dénitrif.)	Parrain IFREMER: A. Ménesguen
S. Bujan	Thèse Marseille	Oct. 96 – Oct 99	Modélisation biogéoch. du cycle du carbone et des nutriments dans écosyst. côtiers tropicaux sous influences terrigène et anthropique. Application aux lagons de Nouméa (N. Calédon.) et Suva (Fidji)	Parrain IFREMER: A. Ménesguen
Labo. EC/TP				
I. Brenon	Thèse U.B.O	soutenue en juin 97	Modélisation de la dynamique des sédiments fins dans l'estuaire de la Seine	P. Le Hir
A. Sottolichio	Thèse Bordeaux 1		Modélisation du bouchon vaseux de la Gironde	P. Le Hir
V. Montandon	DEA Phys. Océan, UBO		De l'influence de la houle et de la marée sur la mise suspens. d'un fond vaseux	R. Silva Jacinto et P. Le Hir
F. Orvain	DEA Océano. biol. Paris 6		Modélis. de l'influence de l'activité de bioturbation par le gasté. <i>Hydrobia ulvae</i> (Pennant) sur remise en suspens. de sédiments cohésifs intertidaux	P.-G.Sauriau (CNRS Crema) et P. Le Hir
Labo. EC/PP				
I. Probert	Thèse Westminster	Mai- Octobre	Induction de la reproduction sexuée chez <i>Alexandrium minutum</i>	J. Lewis et E. Erard
Labo. EC/BB				
S. Garnier	Maîtrise UBO		Technique de suivi ce <i>C. taxifolia</i>	T. Belsher
J.-M. Guarini	Thèse Paris 6	1994-97 au CREMA L'Houmeau	Modélis. de la dynamique du microphytobenthos des vasières intertidales du Bassin de M-Oléron. Effets des synchroniseurs physiques sur la régulation de la prod.	Parrain IFREMER P. Gros
Pavon-Salas	Thèse Las Palmas	Juillet 1997	Communautés phytobenthiques des Iles Canaries	Pr.R. Haroun / T. Belsher (Télé-détection)

6.3. Jury de thèse

Nom	Doctorant	Sujet	Université
Labo. EC/BB			
A. Aminot.	F. Andrieux	Phosphore particulaire et sédimentaire. Analyse, biodisponibilité, échange.	UBO - Brest
Labo. EC/TP			
P. Le Hir	I. Brenon	Modélisation de la Dynamique des sédiments fins dans l'estuaire de la Seine	UBO - Brest
P. Le Hir	P. Maurel	Analyse et modélisation des courants et de la turbulence sous les vagues de vent	Inst.Nal Polytech Toulouse
Labo. EC/PP			
P. Gentien	M. Laabir	Reproduction des copépodes	Paris VI
Labo. EC/BB			
T. Belsher	V. Pasqualini	Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral corse (Méditerranée, France)	Corte - Corse
P. Gros	F. Gauthiez	Structuration spatiale des populations de poissons marins démersaux. Caractérisation, conséquences biométriques et halieutiques	Lyon-I
P. Gros	D. Soudant	Applications de modèles dynamiques bayésiens aux séries temporelles de Dinophysis à Antifer (Normandie, France)	Paris VII

6.4. Formation reçue

Nom	Organisme formateur	Nature de la formation	Lieu	Durée
Labo. EC/EB				
A. Abarnou	Inst. Fr. de Gest	Gestion de projet	Brest	4,5 jours
F. Andrieux	English Apart	Anglais	Brest	2 h/semaine
A.M. Le Guellec	IFREMER	Gestion base de données Quadrige	Nantes	2,5 jours
M.-P. Le Bris	IFREMER	Word 6 (perfectionnement)	Brest	1,5 jour
	IFREMER	Corel Draw (initiation)	Brest	1,5 jour
Labo. EC/PP				
G. Lehoërff	English Apart	Anglais	Brest	1h30/ semaine
G. Lehoërff	English Apart	Anglais	Brest	1 semaine
Labo. EC/BB				
M. Blanchard	English Apart	Anglais	Brest	5 jours

7. Campagnes à la mer

PNOC 2 Baie de Seine

DYNAMO 1 : 24–28 avril 1997 à bord du N/O Thalia

Chef de mission : Y. Monbet, Personnel : DEL/EC/EB & DEL/EC/TP,

Etude de la répartition des formes de nutriments au sein de la masse d'eau et mesure des échanges de nutriments et d'oxygène entre l'eau et les sédiments.

DYNAMO 2 : 17–22 juin 1997 à bord du N/O Thalia

Chef de mission : J.F. Guillaud, Personnel : DEL/EC/EB & DEL/EC/TP,

Etude de la répartition des formes de nutriments au sein de la masse d'eau et mesure des échanges de nutriments et d'oxygène entre l'eau et les sédiments.

DYNAMO 3 : 3–9 octobre 1997 à bord du N/O Thalia

Chef de mission : Y. Monbet, Personnel : DEL/EC/EB & DEL/EC/TP,

Etude de la répartition des formes de nutriments au sein de la masse d'eau et mesure des échanges de nutriments et d'oxygène entre l'eau et les sédiments.

Seine Aval

Pêche Honfleur : 20–21 mars 1997 à bord du chalutier "Ville de Honfleur"

Chef de mission : F. Vincent, Personnel : DEL/PC & DEL/EC/EB,

Etude des niveaux de PCB et PAH dans le réseau trophique et des effets biologiques éventuels sur les flets.

SEAV-PK 27 : 19 juin 1997 à bord du N/O "Côtes de la Manche"

Chef de mission : J.C. Dauvin, Personnel : MNHN, Univ. Lille & Paris 6, DEL/EC/EB,

Etude de la dynamique printanière du copépode *Eurytemora affinis*, du bilan énergétique et de la contamination en PCB du benthos de l'estuaire de la Seine.

SUBIO : 2–3 octobre 1997 à bord du N/O Gwen-drez

Chef de mission : M. Godefroy, Personnel : DEL/PB, DEL/EC/EB, Univ. Le Havre,

Activité EROD et contamination des poissons par les PCB-HAP.

INTRMUD :

Estuaire du Humber (UK), du 30/06 au 07/07/1997.

Personnel : l'ensemble des 11 équipes partenaires du programme (Joint Experiment).

Etude et enregistrement des variations (dans l'espace et le temps) du sédiment superficiel et des flux et caractéristiques des suspensions d'une vasière intertidale.

Vasières de Marennes–Oléron, diverses campagnes en nov. / déc.

Suivi des paramètres hydrosédimentaires, à la fois à l'échelle de la marée et à celle d'un cycle lunaire, afin de mettre en évidence les effets de forçages hydrodynamiques sur le comportement d'une vasière de pente très faible avec structures en "banquettes et seillons".

Efflorescences phytoplanctoniques

DINO IV en Sud Bretagne (07.06 - 18.06.97) à bord du N/O Gwen-Drez.

Chef de mission : P. Gentien, Personnel : DEL/EC/PP & DEL/MP/PN

Etude de la répartition de *Dinophysis* en fonction des structures hydrologiques

MITEC

Campagne dans le golfe de Finlande (13.07 - 25.07.97) à bord du R/V Aranda

Participant : P.Gentien

Etude des distributions de particules en fonction de la turbulence

IGA

Campagnes en Manche sur 3 sites (Paluel, Penly, Flamanville) à bord du N/O Thalia

3 campagnes de 4 jours à 5 participants

Prolifération de la Crepidule

Crepibio 5 (22 au 26/08/97) à bord du NO / Thalia - Baie du Mont St Michel et Baie de St Brieuc - Echantillonnage de fonds à crépidules.

Expansion de la Caulerpe

Califa 97 (novembre 97, réduite à 5 jours en raison de mouvements sociaux) à bord du NO / Europe - Cap d'Ail à Menton - Suivi de l'expansion de la caulerpe.

8. Perspectives

- thème **Eutrophisation** :

Poursuite des mesures de nutriments dans le PNOC 2 Baie de Seine et interprétations.

Publications concernant les modèles biogéochimiques en boîte et tridimensionnel incluant le phosphore, l'oxygène et le zooplancton.

Réalisation du modèle de propagation des malaïgues (PNOC 2 Lagunes méditerranéennes)

A moyen terme déplacement possible du thème Eutrophisation (et du thème Bioaccumulation ?) sur la façade Atlantique (déjà engagé par la thèse de S. Loyer).

- thème **Bioaccumulation**

Synthèse et publications des résultats de mesures et de modèles acquis dans le thème "Edifices Biologiques" du programme Seine Aval.

Développement des mesures de PCB dans le phytoplancton, le zooplancton et les matières en suspension; évolution des modèles de bioaccumulation (PNOC 2 Baie de Seine).

Diminution de la charge analytique liée au RNO-matière vivante par sous-traitance éventuelle. Résolution du problème DDT. Emergence du thème Dioxines

A moyen terme déplacement possible du thème Eutrophisation (et du thème Bioaccumulation ?) sur la façade Atlantique (déjà engagé par la thèse de S. Loyer)

- thème **Transport particulière** :

- application des outils de modélisation mis en place dans l'estuaire de la Seine et la Gironde, et exploitation des résultats hydrosédimentaires pour les besoins de l'écologie côtière et le devenir des contaminants (calcul de flux aux débouchés d'estuaire, évaluation des piégeages dans le sédiment...),

- établissement de lois de remaniement (et mise en suspension) des vases sous l'action des houles et clapots, pour insertion dans les logiciels SAM (thèse de R. Silva Jacinto),

- achèvement du projet MAST INTRMUD, avec mise en place d'un modèle hydrosédimentaire du bassin ostréicole de Marennes-Oléron;

- mise au point d'un érodimètre *in situ*, en cours de développement à IFREMER/DITI.

- thème **Proliférations phytoplanctoniques** :

- le bloom d'*Alexandrium minutum* n'ayant pas eu lieu cette année, il faudra rechercher les causes environnementales de l'échec du bloom de 1998 par comparaison avec les années précédentes. D'autre part, les études prévues sur l'induction de la reproduction sexuée seront reconduites *in vitro* et dans la Baie de Morlaix. Des mesures de rapport Glutamine/Glutamate et d'activité de nitrate réductase seront effectuées pour identifier la cause du stress azoté.

- poursuite du développement de nouvelles techniques, initié en 1998 (Typage génétique et copolymères statistiques).

– simulation des blooms de *Gymnodinium* cf. *nagasakiense*, dans le but de tester un modèle biologique simplifié (taux de croissance indexé sur la température, mortalité dépendante du cisaillement et migration verticale). Les résultats seront validés par les séries du REPHY. Le travail de thèse de S. Loyer raffiner ce modèle simple. Quelques expérimentations sont encore nécessaires pour renforcer le concept d'autotoxicité chez cette espèce.

– pour *Dinophysis*, une campagne océanographique permettra avec l'aide de simulations hydrodynamiques en temps réel de confirmer les hypothèses découlant des campagnes précédentes.

– dans le cadre des études de stimulations de croissance de certaines espèces de phytoplancton, poursuite des travaux d'identification des substances organiques dissoutes agissant sur les développements des efflorescences algales.

– optimisation de l'instrumentation (éclairage, résolution, traitements des images) permettant à moyen terme d'aboutir à la caractérisation des populations zooplanctoniques et phytoplanctoniques présentes dans le milieu.

- thème **Biodiversité benthique**

Crépidule

– établissement d'un modèle démographique spatialisé de la population du golfe normano-breton, qui devrait permettre notamment de simuler l'effet de prélèvements volontaires et fournir des éléments pour définir d'éventuelles stratégies de lutte.

Marées vertes / Bassins versants

– étude d'un nouveau stock d'ulves, situé plus au large, en baie de Douarnenez. Il sera nécessaire de vérifier sa présence dans les autres sites bretons et d'explicitier ses relations avec le stock régulièrement évalué à la côte.

– colloque de restitution des résultats du projet "Bassins versants..." en septembre 1999.

Caulerpe

– poursuite de la cartographie de l'expansion entre Monaco et Cap d'Ail

– étude des bases écophysiologicals de la compétition de *Caulerpa taxifolia* avec les phanérogames et les autres algues.

Annexes

Développements méthodologiques

Compte tenu du temps investi au dénombrement des kystes dans les sédiments, en moyenne deux à trois jours de travail par échantillon, une nouvelle méthode d'identification a été mise au point. Adaptée de celle utilisée précédemment, c'est à dire par séparation des kystes du sédiment par gradient de densité (méthode au Ludox), elle permet par l'utilisation d'un fluorochrome (la primuline) la détection des kystes sous microscopie à épifluorescence.

Les blooms d' *A. minutum* sont rarement mono-spécifiques. Les techniques de culture en laboratoire induisent des biais expérimentaux qui ont pour conséquence de réduire les taux de croissance par rapport à ceux estimés *in situ*. Il est important de pouvoir mesurer des activités métaboliques sur des populations mixtes naturelles et de pouvoir séparer *A. minutum* des autres espèces après incubation. En collaboration avec l'Université de Paris XIII (Prof. M. Jozefowicz), nous recherchons des copolymères statistiques avec une forte constante d'affinité pour cette espèce. Un polymère testé présente de bonnes caractéristiques d'adhésion mais sa spécificité n'est pas encore démontrée.

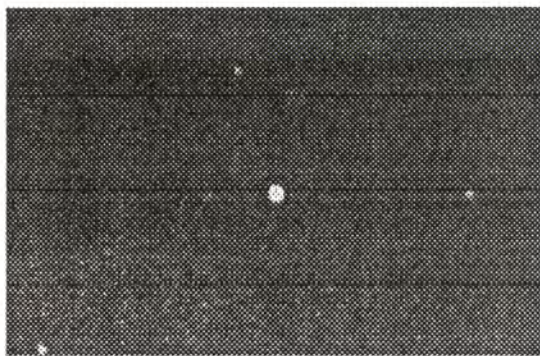
Mise au point d'une technique de fluorescence pour dénombrer les kystes d'*Alexandrium* dans des sédiments fins

Dénombrement des kystes d'*Alexandrium minutum* dans des sédiments,

observation en lumière naturelle
(Grossissement 200)

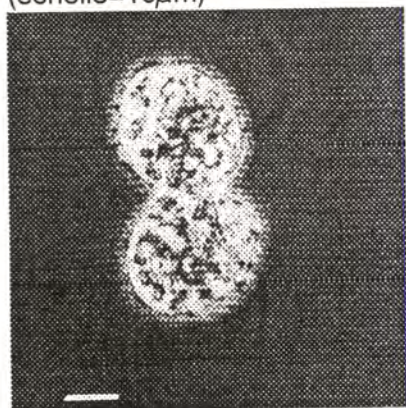


observation en épifluorescence

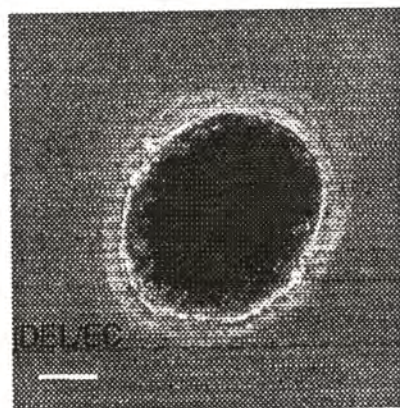


Observation de la gamétogénèse d'*Alexandrium minutum*

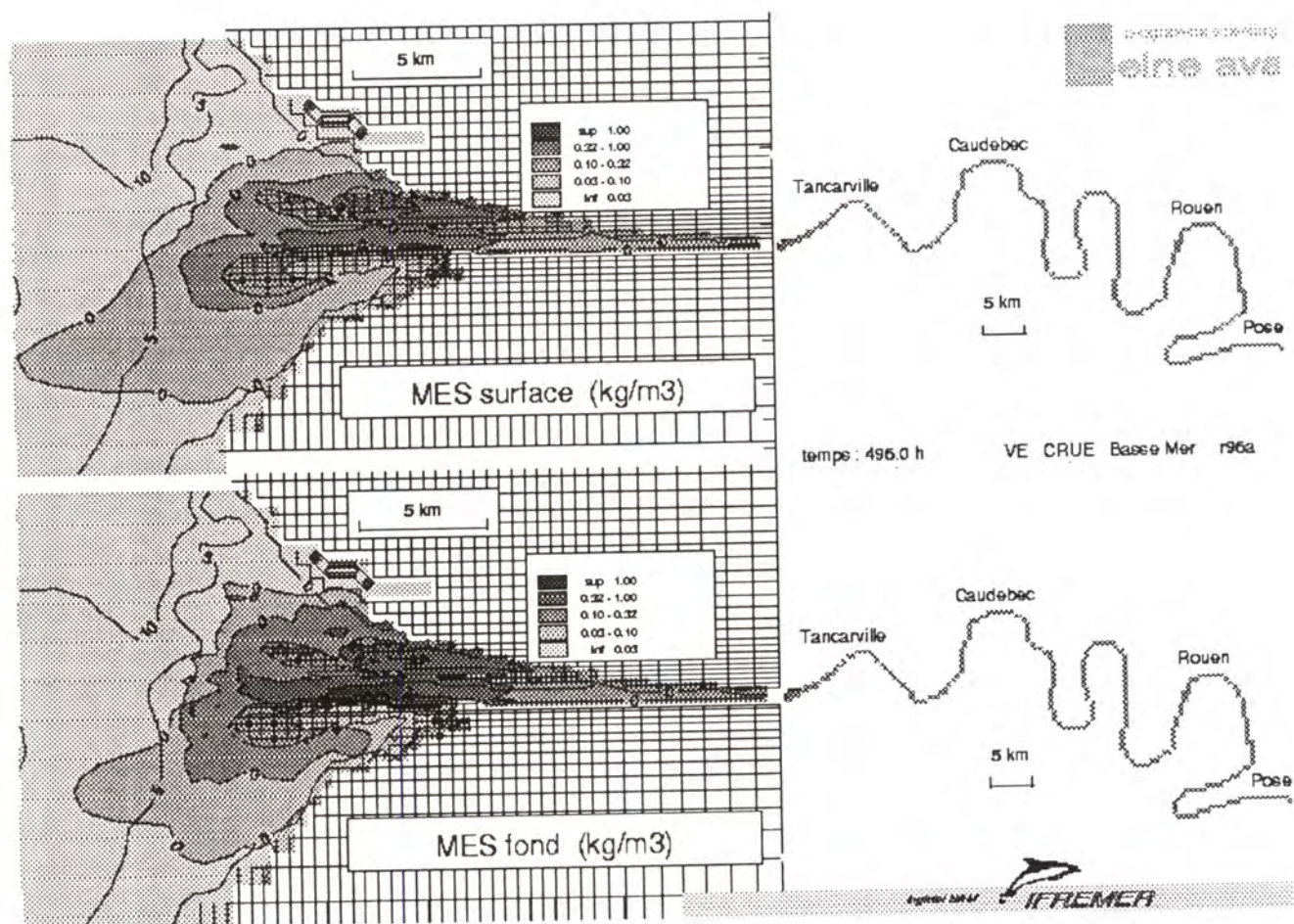
Fusion de deux gamètes
(échelle=10 μ m)



Planozygote provenant de la fusion



Annexe au chapitre 4 - B24001



Simulation tridimensionnelle du bouchon vaseux de la Seine

Rapports et publications

Revue à Comité de lecture

Articles publiés :

- *laboratoire EC/EB*

- Aminot A., Guillaud J.F., Kérouel R., La Baie de Seine, hydrologie, nutriments et chlorophylle (1978-1994). IFREMER, Repères Océan, 14 (1997) 148 pp.
- Aminot A., Kérouel R., Assessment of heat treatment for nutrient preservation in seawater samples, *Analytica Chimica Acta* 351 (1997) 299-309.
- Aminot A., Kérouel R., Reference material for nutrients for the QUASIMEME laboratory performance studies 1993-1996. *Marine Pollution Bulletin* 35 1-6 (1997) 78-83.
- Aminot A., Kirkwood D.S., Carlberg S., The QUASIMEME laboratory performance studies (1993-1996) : overview of the nutrients section, *Marine Pollution Bulletin* 35 1-6 (1997) 28-41.
- Aminot A., Kirkwood D., Kérouel R., Determination of ammonia in seawater by the indophenol blue method : Evaluation of the ICES NUTS I/C 5 questionnaire, *Marine Chemistry* 56 (1997) 59-75.
- Andrieux F., Aminot A., A two-year survey of phosphorus speciation in the sediments of the Bay of Seine (France), *Continental Shelf Research* 17-10 (1997) 1229-1245.
- Guillaud J.F., Derrien A., Gourmelon M., Pommepey M., T90 as a tool for engineers : interest and limits, *Water Science and Technology* 35 (1997) 277-281.
- Hoch T., Ménesguen A., Modelling the biogeochemical cycles of elements limiting primary production in the English Channel. II. Sensitivity analyses, *Marine Ecology Progress Series* 146 (1997) 189-205.
- Kérouel R., Aminot A., Fluorimetric determination of ammonia in sea and estuarine waters by direct segmented flow analysis, *Marine Chemistry* 57 (1997) 265-275.
- Le Pape O., Ménesguen A., Hydrodynamic prevention of eutrophication in the Bay of Brest (France), a modelling approach, *Journal of Marine Systems* 12 (1997) 171-186.
- Ménesguen A., Hoch T., Modelling the biogeochemical cycles of elements limiting primary production in the English Channel. I. Role of thermohaline stratification, *Marine Ecology Progress Series* 146 (1997) 173-188.
- Del Amo Y., Le Pape O., Tréguer P., Quéguiner B., Ménesguen A., Aminot A., The impacts of high-nitrate freshwater inputs on macrotidal ecosystems. I. Seasonal evolution of nutrient limitation for the diatom-dominated phytoplankton of the Bay of Brest (France), *Marine Ecology Progress Series* 161 (1997) 213-224.

• *laboratoire EC/TP*

Le Hir P., 1997. Fluid and sediment "integrated" modelling application to fluid mud flows in estuaries. 4th Nearshore and Estuarine Cohesive Sediment Transport Conference INTERCOH'94, 11–15 July 1994, Wallingford, UK. In Cohesive Sediments, John Wiley & Sons Ltd., pp. 417–428.

Monbet Y., Deprez M., 1997. Aménagement des grands ports. Effet des aménagements, effets sur les biocénoses. In Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes atlantiques, Manche et mer du Nord : synthèse, menaces et perspectives. J.C. Dauvin et J.C. Lacaze. Editions du Museum National d'Histoire Naturelle. Secrétariat de la faune et de la flore, 359 p.

Sottolichio A., Le Hir P. et Castaing P., 1997. Dynamique des sédiments fins dans l'estuaire de la Gironde. Mise en oeuvre d'un modèle mathématique. Actes du colloque Bordomer'97 "Aménagement et protection de l'environnement littoral", BORDEAUX, 27–29 OCT.97

• *laboratoire EC/PP*

Arzul G. et Bodennec G., 1997. Toxinogénèse. Repères Océan 13 (Berland et Lassus, Eds.), pp 149–164.

Erard – Le Denn E., 1997. Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises. Chapitre *Alexandrium minutum*. Repères Océan 13 (Berland et Lassus, Eds.), p 53–65.

Gentien P., 1997. Blooms dynamics and ecophysiology of the *Gymnodinium mikimotoi* species complex. in "Physiological ecology of harmful algal blooms" (Anderson D.M., A.D. Cembella and G.M. Hallegraeff, Eds.) NATO ASI Series, Ecological sciences Vol. 41, pp 155–173.

Gentien P., 1997. *Gymnodinium* cf. *nagasakiense* alias *Gyrodinium* cf. *aureolum* (Dinophyceae) . Repères Océan 13 (Berland et Lassus, Eds.), p 67–77.

Parrish C.C., Bodennec G., Gentien P.. Haemolytic glycolipids from *Gymnodinium* species. Phytochemistry, 1998, 47, 783–787.

Probert I., Lewis J. and Erard–Le Denn E., 1997 Observations on asexual division and the sexual cycle of *Alexandrium minutum* Halim. The phycologist, 46.

Woehrling D. and Le Fèvre–Lehoërff G., 1998. Long–term series in Ichthyoplankton sole and sprat at French Coast of the North Sea from 1975 to 1994. Oceanologica Acta, 21 (1) : 113–121.

• *laboratoire EC/BB*

Blanchard M., Spread of the slipper–limpet (*Crepidula fornicata*) in Europe ; Current state and consequences, Scientia Marina 61–2 (1997) 109–118.

Guarini J.–M., Blanchard G.F., Gros Ph., Harrison S.J., Modelling the mud surface temperature on intertidal flats to investigate the spatio–temporal dynamics of the benthic microalgal photosynthetic capacity. Mar. Ecol. Prog. Ser. 153 (1997) 25–36.

Blanchard G. F., Guarini J.–M., Gros Ph., Richard P., Seasonal effect on the relationship between the photosynthetic capacity of intertidal microphytobenthos and temperature. Journal of Phycology 33 (1997) 723–728.

Articles soumis :

• *laboratoire EC/EB*

- Aminot A., Guillaud J.-F., Andrieux-Loyer F., Kérouel R., Cann P., Apports de nutriments et développement phytoplanctonique en Baie de Seine (France) *Oceanologica Acta* (accepté).
- Aminot, A., Kérouel R., Pasteurisation as an alternative method for preservation of nitrate and nitrite in seawater samples. *Marine Chemistry*. (accepté).
- Bacher C., Chapelle A., Modeling the Thau lagoon ecosystem : a comparison of a fine-scale model and a box model, *Oceanologica Acta* (accepté).
- Chapelle A., Ménesguen A., Deslous-Paoli J.M., Souchu P., Mazouni N., Vaquer A., Millet B., Modelling nitrogen, primary production and oxygen in a mediterranean lagoon. Impact of oysters cultivation and inputs from the watershed, *Estuarine Coastal Shelf Science* (accepté).
- Guillaud J.F., Ménesguen A., Modélisation sur vingt ans (1976–1995) de la production phytoplanctonique en Baie de Seine (France), *Oceanologica Acta* (sous presse).

• *laboratoire EC/PP*

- Arzul G., Seguel M., Guzman L. and Erard-Le Denn E. Comparison of allelopathic properties of three toxic *Alexandrium* species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* (in press)
- Arzul G., Bodennec G., Gentien P., Bornens Ph. and Crassous M.P. The effect of dissolved oxygen on the haemolytic property of *Gymnodinium ichthyotoxins*. Proceedings of the VIII Conference on Harmful Algal Blooms, Vigo, Spain, June 1997 (in press)
- Gentien P., Lazure P. and Raffin B. Effect of meteorological conditions in spring on the extent of a *Gymnodinium cf. nagasakiense* bloom. Proceedings of the VIII Conference on Harmful Algal Blooms, Vigo, Spain, June 1997 (in press).
- 2 manuscrits soumis à *J. Applied Tox.* sur la toxicité du C18:5w3 sur des hépatocytes et sur les branchies de *Dicentrarchus labrax*.
- Probert I., Lewis J. and Erard-Le Denn E., 1997. Intracellular nutrient status as a factor in the induction of sexual reproduction in marine dinoflagellates. Proceedings of the VIII Conference on Harmful Algal Blooms, Vigo, Spain, June 1997 (in press).
- La Barre S., Singer S., Erard-Le Denn E. and Jozefowicz M., 1997 Towards controlled in vitro dinoflagellate proliferation. Proceedings of the VIII Conference on Harmful Algal Blooms, Vigo, Spain, June 1997 (in press).

• *laboratoire EC/BB*

- de Vaugelas J., Belsher T., Zuljevic A., Proposition for a standardization of map representation of *C. taxifolia* expansion in the Mediterranean sea. (soumis à *Oceanologica Acta*).
- Guarini, J.-M., Blanchard G. F., Bacher C., Gros Ph., Riera P., Richard P., D. Gouleau D., Galois R., Prou J., Sauriau P.-G., Dynamics of spatial patterns of microphytobenthic biomass : inferences from a geostatistical analysis of two comprehensive surveys in Marennes-Oléron Bay (France). (soumis à *Mar. Ecol. Prog. Ser.*)

Colloques - Séminaires

Communications orales :

• *laboratoire EC/EB*

- Abarnou A., Loizeau V., Lebeuf M., Van der Zande A., Bioaccumulation : chemical and biological factors governing the transfert of organic compounds in food chains, CIEM, 3-8 mars 1997, Ostende, in : ICES Coop. Res. Report 222, ACME, 1997, pp. 159-171.
- Aminot A., Dissolved oxygen in sea water : determination and quality assurance, CIEM, 3-8 mars 1997, Ostende, in : ICES Coop. Res. Report 222, ACME, 1997, pp. 129-136.
- Guillaud J.F., Nutrient fluxes and the modelling of phytoplanktonic production in the Bay of Seine (France), between 1976 and 1995. Communication orale au Symposium Franco-Japonais, Institut Océanographique, 6-8 oct. 1997, Paris.
- Guillaud J.F., Le Saux J.C., Pommepuy M., Compatibilité entre élevage conchylicole et rejets urbains dans l'estuaire de Morlaix (Finistère), Séminaire Estuaires du GIP Hydrosystèmes, 26-27 nov. 1997, Paris. (Actes du Colloque sous presse).
- Loizeau V., A steady-state model of PCB accumulation in sea bass food web in Seine estuary, International Modelling Workshop on Contaminant Transport and Fate Issue, organized by : National Institute for Coastal and Marine Management/RIKZ, 4-7 nov. 1997, La Haye.
- Ménesguen A., Exemples d'application de modèles écologiques à la gestion du milieu marin côtier. Communication orale aux 6^{èmes} Journées Thématiques du Technopole Brest - Iroise et de l'AFEIT, Brest, 16-17 oct. 1997.
- Ménesguen A., Organisation et animation de la table ronde sur la "Modélisation des écosystèmes aquatiques" lors des Journées RIO 97, Brest, 19-20 nov. 1997.
- Mouny P., Loizeau V., Miramand P., Dauvin J.-C., Bioaccumulation des PCB et des métaux dans le méso-zooplankton et le suprabenthos : stock et transfert dans la chaîne trophique de la zone oligohaline de l'estuaire de Seine, Séminaire Seine-Aval, 6-7 fév. 1997, Le Havre.
- Sarradin P.M., Caprais J.C., Comtet T., Aminot, A. Description of the environment of hydrothermal mussel beds at Lucky Strike and Menez Gwen vent fields, MAR. 1st Int. Symposium on Deep-Sea Hydrothermal Vent Biology. Oct 97 Madeire, Port.

• *laboratoire EC/TP*

- Dans le cadre du Séminaire "Conséquences de l'élévation du niveau des mers sur le fonctionnement des écosystèmes littoraux", organisé par le Ministère de l'Environnement à Rennes (29-30/09/1997), exposé sur l'impact d'une surélévation en domaine estuarien pour ce qui concerne les structures turbides et l'intrusion saline.
- Conférence de P. Le Hir sur "la modélisation de la dynamique des sédiments et contaminants associés" à la journée de Rencontre Industrie/Recherche organisée par le CREMIS sur la "Modélisation des processus de pollution en milieu géophysique", à Marseille (15 mai 1997).
- Gros Ph., Monbet Y., PNOC chantier Manche : Cycle de la matière et production biologique. Colloque national CIRMAT : Navires côtiers et océanographie de l'atlantique et de la Manche. Bordeaux 9-10 juin 1997.

Dans le cadre du programme MAST 3 - INTRMUD : Divers exposés au Séminaire de Plymouth(24-26/02/1997).

Dans le cadre de l'URM 13 : "Evolution environnementale du système Arcachon- Gironde" : Présentation des résultats de la campagne de mesures SEDIGIR de Juin - Juillet 1996. Univ. de Bordeaux I (Mai 1997).

Dans le cadre du Programme SEINE-AVAL : Divers exposés au colloque annuel "Seine-aval", Le Havre (06-07/02/1997).

- *laboratoire EC/PP*

P. Gentien, co-organisateur avec Dr. Percy Donaghay (Univ. Rhode Island) d'une session thématique sur les "Interactions à petite échelle entre la Physique-Biologie". Session de 15 contributions lors de l'Annual Science Conference du CIEM à Baltimore.

P. Gentien : Séminaire sur invitation présenté aux physiciens du Centre d'études hydrodynamiques environnementales(John Hopkins University) : " What is required to immerse a conceptual alga into the real world?"

Probert I., Gentien P. (président de session). VIII Conference on Harmful Algal Blooms, Vigo, Spain, June 1997.

- *laboratoire EC/BB*

Belsher T., Participation au Séminaire sur la "Dynamique d'espèces marines invasives: application à l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée" organisé par l'Académie des Sciences, Paris, 13-15 mars 1997.

Gros Ph., Monbet Y., Cycle de la matière et production biologique : étude du couplage pélagos-benthos ; pp. 41-44 in : "Navires côtiers et océanographie de l'Atlantique et de la Manche", Actes du Colloque du CIRMAT, INSU-CNRS éd., Bordeaux, 09-10 juin 1997.

Merceron M., Coïc D., Piriou J.-Y., La dénitrification dans un marais littoral pour lutter contre la prolifération des algues vertes (Kervigen, baie de Douarnenez). In : séminaire "Estuaires", 26-27 novembre 1997, Paris, (en cours d'impression).

Posters :

- *laboratoire EC/EB*

Caprais J.C., Sarradin P.M., Aminot, A., Description de l'environnement chimique des communautés de moules sur les sites hydrothermaux de Lucky Strike et Menez Gwen, Ride médio-océanique. POSTER journées « Dorsales » Paris.

Loizeau V., Abarnou A., Le Guellec A.-M., Bioaccumulation des PCB dans les réseaux trophiques du bar et du flet, Séminaire Seine-Aval, 6-7 fév. 1997, Le Havre.

Loizeau V., Abarnou A., Le Guellec A.-M., Modèle à l'état stable de la bioaccumulation des PCB dans le réseau trophique du bar en estuaire de Seine, Séminaire Seine-Aval, 6-7 fév. 1997, Le Havre.

- *laboratoire EC/TP*

Le Hir P., Brenon I., Thouvenin B., Sottolichio A., 1997. Modélisation du transport des sédiments fins en estuaire. Applications du logiciel SAM aux estuaires de la Seine, de la Loire et de la Gironde. *Poster présenté au colloque "Estuaires" organisé par le GIP Hydrosystèmes, Paris, Novembre.*

- *laboratoire EC/PP*

Palosaari J., Gentien P., Kononen K., Laanemets J., Pavelson J. and Raateoja M.. Small-scale vertical and diurnal variability of particles, phytoplankton species composition and productivity in a frontal region at the entrance to the Gulf of Finland.

- *laboratoire EC/BB*

Pavon-Salas N., Haroun R., Belsher T., Preliminary applications of Spot satellite image l'International Phycological Congress, Leiden, 1997.

Rapports scientifiques et techniques

- *laboratoire EC/EB*

Hily C., Guillaud J.F., Les rejets urbains en mer, in : Dauvin J.C. (ed) "Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord. Synthèse, menaces et perspectives", Lab. Biol. Invertébrés marins et Malacologie, Service du Patrimoine Naturel/IEGB/MNHN, Paris, 1997, pp. 206-211.

Ménesguen A., Piriou J.Y., Dion P., Auby I., Les "marées vertes", un exemple d'eutrophisation à macroalgues, in : Dauvin J.-C. (ed) "Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord. Synthèse, menaces et perspectives", Lab. Biol. Invertébrés marins et Malacologie, Service du Patrimoine Naturel/IEGB/MNHN, Paris, 1997, Vol. 28, pp. 212-218.

IFREMER/DEL-DRV, Impact et devenir des rejets de station d'épuration dans les eaux littorales. Grand Programme Qualité-Epuration des Eaux. Rapport final pour le Ministère de l'Environnement, 1997 (coordination J.-F. Guillaud). 27p.

- *laboratoire EC/TP*

Bassoullet P., Jestin H., L'Yavanc J., 1997. Development of an autonomous underwater bed elevation monitor. INTRMUD Programme. *In* : First annual scientific report, May.MAST III - Contract (MAS3-CT95-0022).

Bassoullet P., Le Hir P. et H. Jestin., 1997. Mesures hydrosédimentaires *in situ* dans l'entité bouchon vaseux - crème de vase. *In* : Rapport contractuel à mi-parcours de l'URM N° 13 ("Evolution environnementale des systèmes Arcachon - Gironde"), IFREMER - Univ. Bordeaux I - CNRS, Septembre 1997, pp. 83-85 et 93 - 108.

Le Hir P., 1997. Development of a one DV model for intertidal areas. Step 1 : Hydrodynamics. Strategy for modelling tasks in INTRMUD. INTRMUD Programme. *In* : First annual Scientific Report, 13 p.MAST III - Contract (MAS3-CT95-0022).

Le Hir P., Bassoullet P., Jestin H., 1997. Contribution to the interpretation of sediment dynamics in the Brouage intertidal mudflat. INTRMUD Programme. *In* : First annual Scientific Report, May, 8 p. MAST III - Contract (MAS3-CT95-0022).

Le Hir P., Thouvenin B., Silva Jacinto R., Brenon I., Cugier P., & Bassoullet P., 1997. Modélisation des processus hydrosédimentaires dans l'estuaire aval de la Seine. *In* : Rapport final de synthèse du Programme Scientifique Seine-aval, thème "hydrodynamique et transport sédimentaire", N° : 1996/FIN-1., pp 116-157. Contrat Agence de l'eau Seine-Normandie.

Monbet Y., 1997. Les dragages et leurs effets sur l'environnement. *In* Rapport du groupe de travail dragages, IFREMER/DEL, 77 p.

Montandon V., 1997. De l'influence de la houle et de la marée sur la mise en suspension d'un fond vaseux. Rapport de stage de DEA (UBO).

Thèse soutenue au sein du Laboratoire

Brenon I., 1997. Modélisation de la dynamique des sédiments fins dans l'estuaire de la Seine. Thèse de l'Université de Bretagne Occidentale, 205 p.

• laboratoire EC/PP

Le Fèvre-Lehoërff G., Delesmont R., Hitier B., Woerhling D. et Dewarumez J.M., 1997. Surveillance écologique et halieutique. Site de Gravelines. Rapport préliminaire (EDF). DEL/97.01/Brest, 23 pp, Janvier 1997.

Le Fèvre-Lehoërff G., Delesmont R., Hitier B., Woerhling D. et Dewarumez J.M., 1997. Surveillance écologique et halieutique. Site de Gravelines. Rapport annuel (EDF). DEL/97.08/Brest, 121 pp, Avril 1997.

Halgand D., Arzul G., Erard-Le Denn E., Fiant L., Huet J., Quiniou F. et Roger F., 1997. Surveillance écologique et halieutique de l'environnement marin du site de la centrale de Penly (Manche Est): année 1996. Chapitre domaine pélagique/phytoplancton. Rapport IFREMER DEL/RH/RST/97-9.

Drèves L., Erard-Le Denn E., Lunven M., Martin J., Miossec D., Quintin J.Y., 1997. Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville: année 1996. Chapitre domaine pélagique/phytoplancton. Rapport IFREMER.DEL/CR/RST/97-09.

Erard-Le Denn E., 1997. Etude sur l'utilisation des kystes d'*Alexandrium minutum* à la prévision des efflorescences. rapport d'avancement des travaux du PNEAT. Contrat n° 95.5.440912.

Erard-Le Denn E., 1997. Outils à la détection et l'identification d'organismes toxiques. Etude de l'adhésion d'*Alexandrium minutum* sur des dérivés du polystyrène, comparée à d'autres microalgues. Contrat PNEAT n° 97 2 43 1407. IFREMER/CNRS Paris Nord.

G. Arzul et Youenou A., 1997. Effet de l'alachlor et du métolachlor sur la croissance *in vitro* de deux espèces phytoplanctoniques marines. Février 1997. Rapport Contrat Rade de Brest.

Quiniou F., Arzul G., and Compère C.. Methodology to assess the potential toxicity of antifouling substances. 434946.- DEL/97-14/Brest, 8p. Programme DGXII-Camellia.

- Compere C., Arzul G., Quiniou F.. Camellia, IFREMER, second six monthly report Period 02/03/97 till 31/08/97. CAM 97-011- DITI/GO/MM/97-25, 7p. Programme DGXII-Camellia.
- Quiniou F., Arzul G., Compère C.. Camellia Report n° 97-019 – IFREMER Additional results, period 91/08/97 till 30/11/97, Sub-Task 6.2. DEL/97-18/Brest, 14 p. Programme DGXII-Camellia.
- Gentien P., 1997. Rapport du groupe de travail international COI-CIEM sur la dynamique des blooms d'algues toxiques. IOC-ICES WGHABD, 85 pp.
- Le Fèvre –Lehoërff G., Brylinski J. M.I et Castel J., 1997. Le Zooplancton, *in* : Dauvin J.C. (édit), Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord, synthèse , menaces et perspectives. Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie – Service du Patrimoine Naturel / IEGB / MNHN, Paris, 1997, Vol. 28, p. 33-44.
- Le Fèvre – Lehoërff G., Castel J. et Dewarumez J. M., 1997. Les centrales nucléaires, *in* : Dauvin J.C. (édit), Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord, synthèse , menaces et perspectives. Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie – Service du Patrimoine Naturel / IEGB / MNHN, Paris, 1997, Vol. 28, p. 253-259.

• *laboratoire EC/BB*

- Belsher T. et al., Effets des introductions d'espèces *in* : Dauvin J.C. (édit), Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord, synthèse, menaces et perspectives. Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie – Service du Patrimoine Naturel / IEGB / MNHN, Paris, 1997, pp. 229-242.
- Belsher T. et al., Acquisition d'éléments qualitatifs et quantitatifs sur *C. taxifolia* en 1995 et 1996. Rapport IFREMER et Service de l'Environnement de Monaco, 1997, 38 p + annexes.
- Belsher T., Compte rendu du Séminaire International à l'Académie des Sciences sur la dynamique d'espèces invasives : application à l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée. Rapport IFREMER, 1997, 13 p + annexes.
- Belsher T. et al. (Actes du IIIème Symposium International sur *C. taxifolia*, Marseille, 1996: (sous presse) ; sert également de rapport intermédiaire dans le cadre du Programme européen).
- Belsher T., Les espèces introduites en Méditerranée (Navigation, échanges et environnement en Méditerranée ; Actes du Colloque International Okeanos, Montpellier (sous presse).
- Belsher T., Etat zéro du secteur des calanques marseillaises : végétation marine. Rapport IFREMER pour l'IARE, dans le cadre d'un contrat avec la Ville de Marseille (sous presse).
- Blanchard M., Cartographie et évaluation quantitative de la crépidule (*Crepidula fornicata*) entre le Cap Fréhel et le Mont Saint Michel, Rapport contractuel pour la Région Bretagne, 1997, 38 p. + annexes + 2 cartes 1/5000°.

- Hamon D., Morizur Y., Quéro J.C., Effets de la pêche, *in* : Dauvin J.C. (édit), Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord, synthèse, menaces et perspectives. Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie - Service du Patrimoine Naturel / IEGB / MNHN, Paris, 1997, pp.218-228.
- Kempf M., Cadour G., Jeanneret H., Mear Y., Miramand P., Merceron M., Impact de la salmoniculture marine sur l'environnement en rade de Cherbourg (1993-1995). 2.- Etude biosédimentaire. Rapport IFREMER, DEL, 60 p. (sous presse).
- Merceron M., Bentley D., Le Grand J., Lamort Datin L., Kempf M., Impact de la salmoniculture marine sur l'environnement en rade de Cherbourg (1993-1995). 1.- Hydrologie - Phytoplancton - Bactériologie. Rapport IFREMER, DEL/97-04/Brest, 1997, 54 p.
- Merceron M., Le Bozec G., Contrat de Plan Etat-Région Bretagne 1994-1998. Programme "Bassins versant et transmission des pollutions au littoral". Rapport de synthèse à la Région Bretagne, 3^e année, 1997, 23 p.
- Sauriau P.G., Merceron M., Gouletquer P., Aquaculture marine et littorale, *in* :Dauvin J.C. (édit.), Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord, synthèse, menaces et perspectives,. Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie - Service du Patrimoine Naturel / IEGB / MNHN, Paris, 1997, pp. 195-206.

SERVICE
"APPLICATIONS OPERATIONNELLES"

DEL / AO

Sommaire

	Page
Bilan et faits marquants de l'année	93
<hr/>	
1. Introduction	94
<hr/>	
2. Effectifs	96
<hr/>	
3. Budget annuel	97
<hr/>	
4. Programmes et projets	98
<hr/>	
5. Communication et valorisation	105
5.1. Rapports et publications	105
5.2. Autres médias ou actions de communication et de vulgarisation scientifique	105
5.3. Actions de transfert	105
<hr/>	
6. Formation et enseignement	106
6.1. Formation donnée	106
6.2. Encadrement	106
6.3. Jury de thèse	107
6.4. Formation reçue	107
<hr/>	
7. Campagnes à la mer	108
<hr/>	
8. Perspectives	109
<hr/>	
Annexes	111

Bilan et faits marquants de l'année

Le fait majeur de l'année 1997 aura été la naissance du Service des Applications Opérationnelles. Créé par décision P.D.G. n° 97.062 en date du 26 Mars 1997, à partir de l'ancien laboratoire d'Hydrodynamique et Sédimentologie, du groupe Sillage, et d'une partie du service Qualité du Milieu, le nouveau service a repris les missions de ces trois composantes et y a ajouté la mise au point et la distribution d'outils informatiques opérationnels (modèles, systèmes d'information géographique et bases de données de la surveillance). Le groupe a été structuré autour de ces quatre thèmes et de nouveaux projets ont été définis en conformité avec les programmes et sous-programmes de l'institut.

Sur le plan de la modélisation hydrodynamique, les faits marquants de l'année auront été la mise en route effective du chantier d'étude de la Méditerranée et la concrétisation d'une démarche de collaboration avec le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, pour l'étude de la façade atlantique. La Marine prendra à sa charge les campagnes à la mer, et nous apporterons nos modèles mathématiques.

En matière de S.I.G., un rapport de bilan des activités de l'ancien groupe Sillage a été rédigé et remis à la Direction Générale. Ce rapport identifie notamment les perspectives offertes dans le milieu marin littoral. Un nouveau projet "PASTIS", organise le transfert du savoir-faire de notre équipe vers les laboratoires côtiers.

1997 a été à la fois la dernière année du projet Quadrigé, de construction de l'outil de gestion de la base des données de la surveillance, et la première année de fonctionnement opérationnel de la base. Le dernier module a été réalisé, et on a défini l'organisation opérationnelle de la base. Deux rapports de synthèse ont également été rédigés : Le premier, sur la surveillance de l'environnement littoral et côtier en France, le second à la demande du Centre Thématique "Environnement marin et côtier" de l'Agence Européenne de l'Environnement, sur la gestion des données de surveillance du milieu marin en Europe.

1. Introduction

Le mandat du service A.O. est entièrement nouveau. Il a été défini lors de la réorganisation de la Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral, par le texte repris ci-dessous in extenso :

"DEL/AO a pour mission de développer, dans le domaine de l'environnement littoral, les concepts d'océanographie opérationnelle que permettent les nouvelles technologies liées à la révolution de l'informatique et des media. Son rôle général est de mettre en place la "chaîne numérique" qui exploite ces nouvelles possibilités pour aboutir à des Systèmes d'Aides à la Décision. Son existence traduit aussi la nécessité de séparer les rôles de concepteur et d'utilisateur de ces nouveaux outils, pour accroître leur dissémination et généraliser leur utilisation.

Son domaine de compétence relève de l'hydrodynamique, la modélisation mathématique, la gestion et l'exploitation des données de la surveillance, l'ingénierie des bases de données géoréférencées, la cartographie côtière et les systèmes d'information, d'une manière générale. Il maîtrise chacune de ces disciplines, tire profit de leur complémentarité opérationnelle et recherche des synergies donnant naissance à de nouveaux concepts et de nouveaux outils. Il possède également une compétence de dialogue avec les utilisateurs internes (départements et labos côtiers) et externes.

Sa mission première est de rassembler, mettre sous forme utilisable en routine, et intégrer les outils destinés à être utilisés par les opérateurs de service en environnement que sont les laboratoires côtiers, ainsi que les partenaires institutionnels de l'IFREMER, les départements de recherche et les autres laboratoires. Ce service est garant de la qualité opérationnelle de ses produits. Il lui revient de les valider, définir les interfaces, les intégrer dans des progiciels généraux, assurer la confidentialité et la pérennité des sources, et faire évoluer les composantes informatiques en fonction des progrès du matériel et du savoir-faire. Il est responsable de la définition des architectures informatiques adaptées à leur diffusion auprès des utilisateurs et collabore à la formation de leurs personnels.

DEL/AO a également pour objectif de valoriser les produits élaborés et les données recueillies par l'IFREMER auprès du secteur privé industriel et tertiaire. Il assure, à ce titre, l'administration des données QUADRIGE, la gestion des modules d'informations géographiques et développe les traitements statistiques et géomathématiques. Il contribue à faire évoluer la stratégie de surveillance en liaison avec les coordonnateurs de réseau et les thématiciens.

Il doit promouvoir le rôle commercial et la fonction de vitrine technologique de ces outils. Certains d'entre eux devant être des moyens de communication vis-à-vis de collectivités, de représentants élus et d'administrations, leur valorisation sous-entend le recours à des media donnant accès aux interactions des processus environnementaux entre eux et avec les usages socio-économiques du littoral (Systèmes d'Information Géographiques). Dans cette optique, il travaille à la réalisation de Systèmes d'Aide à la Décision.

DEL/AO a enfin une mission de recherche et développement :

- en hydrodynamique côtière, justifiée par la nécessité de déterminer les caractéristiques hydrodynamiques (courantologie, capacités dispersives, hydrologie, etc...) des zones d'intérêt, avant d'entreprendre des études d'environnement. Il entretient et diffuse cette information, pour l'ensemble des littoraux métropolitains, sous forme de modèles mathématiques complets et opérationnels, et le cas échéant, de fichiers résultats et de cartes numériques ;
- en matière de SIG, le développement sera orienté vers la prise en compte des paramètres caractérisant la qualité du milieu marin et l'analyse spatio-temporelle de leur évolution".

2. Effectifs

BREST

Chef du service Jean-Claude Salomon

Secrétariat Pascale Thomin

Marguerite Breton (C)

Frank Dumas (C)

Atilio François (C)

Pierre Garreau (C)

Brigitte Guillaumont (C)

Anne-Marie Jégou (C)

Michel Joanny (C)

Michel Kerdreux (T)

Pascale Lazure (C)

Ronan Loarer (C)

Lionel Loubersac (C)

Dominique Obaton (C)

Jacques Populus (C)

NANTES

Secrétariat Francine Bocquené (0,8)

Benoît Beliaeff (C)

Bernard Raffin (T)

3. Budget annuel

BUDGET GLOBAL DU DEPARTEMENT – 1997 :

◆ Fonctionnement (KF)	323
◆ Investissement (KF)	1 185
◆ Personnel	6 785
Total général	8 293

Le budget global du service correspond à une somme moyenne de 490 KF par agent, dont 400 KF de frais de personnel (toutes catégories confondues) et 90 KF de frais de fonctionnement et d'investissement. Le fonctionnement ne représente qu'une part mineure (19 KF).

La plus grande partie du budget d'investissement correspond à des travaux de sous-traitance informatique pour la réalisation de l'outil Quadrige (gestion de la base des données de la surveillance) et la mise en forme opérationnelle des modèles mathématiques. Les achats de matériel informatique sont demeurés peu importants (environ 15 KF par agent).

Dans le même temps, les recettes extérieures effectuées par le Service se sont élevées à 700 KF environ.

4. Programmes et projets

A - Modélisation des écosystèmes côtiers

A2 - Circulation côtière et cycles biogéochimiques : modélisation

A210 - Circulation des masses d'eau en milieu côtier

Projet Plateau Atlantique (A21001, responsable : Pascal Lazure)

Dans le cadre de ce projet, la deuxième phase du Programme National d'Océanographie Côtière (1997-2000), chantier Atlantique, a débuté par une étude de la variabilité saisonnière des flux de cadmium issus de la Gironde. Trois campagnes en mer (FLUGIR 1, 2 et 3) ont été réalisées en 1997 (février, mai et octobre) dans des conditions hydrologiques contrastées pour préciser la variabilité des apports au cours des saisons et affiner le calcul des flux. En juillet 1997, une quatrième campagne baptisée PNOCTEL, s'est focalisée sur l'acquisition de mesures *in-situ* de réflectance et de composition particulière des eaux de surface girondines pour l'exploitation des données spatiales de la couleur de l'eau.

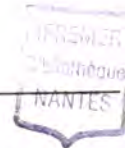
La contribution du service A.O. aura été de simuler l'année 1997 par le modèle 3D et d'exploiter les résultats théoriques obtenus pour fournir, avant chaque campagne, une description de l'emplacement du panache de la Gironde et de son évolution entre les campagnes. En 1997, les débits de la Gironde, tout comme ceux de la Loire, ont été particulièrement faibles. De ce déficit des apports en eaux douces a résulté une faible extension du panache de la Gironde vers le large, au printemps. En conséquence, les salinités rencontrées sur le plateau en 1997 ont été plus élevées que lors d'une année moyenne.

Plusieurs actions ont été entreprises pour rendre les simulations plus réalistes (prise en compte des données météorologiques issues du modèle de Météo-France) et préparer les campagnes de mesures destinées à valider le modèle. Ainsi, 2 sondes enregistreuses SEAMON CTD-2 ont été acquises. Elles seront installées dans le courant de l'année 1998 aux entrées du Bassin de Marennes-Oléron pour fournir un enregistrement en continu des salinités. On validera ainsi la capacité du modèle à calculer les flux entrant et sortant, notamment l'influence de la Gironde.

D'autres programmes ont bénéficié du soutien de la modélisation mathématique sur cette façade :

Dans le cadre de la problématique du déterminisme de l'apparition des efflorescences algales (A14001), des simulations des trajectoires de particules fictives ont été réalisées pour représenter le déplacement des cellules phytoplanctoniques de *Gymnodinium cf. nagasakiense* et tester l'hypothèse d'un "inoculum" au large de la Bretagne. Les résultats ont été comparés aux mesures du REPHY.

Dans le cadre du Programme National sur le Déterminisme du Recrutement (volet anchois), le modèle hydrodynamique 3D du plateau Atlantique a été utilisé pour fournir une cartographie de l'extension des dessalures et définir l'emplacement du panache de la Gironde avant et pendant la campagne PEGASE97 (mai à juin). En contrepartie, les mesures de salinité effectuées au moyen d'une bathysonde nous ont été communiquées. Ces mesures sont très utiles pour la validation du modèle. On a constaté un très bon accord en ce qui concerne l'emplacement et l'extension du panache de la Gironde. Par contre, sur le plateau, le modèle s'est avéré sous-estimer les salinités d'environ 0,5 psu. Cet écart, dont l'origine pourrait être une diffusion trop lente des crues d'hiver vers le large, reste à



corriger pour rendre le modèle encore plus fiable. Globalement, le modèle est apte à décrire l'historique des masses d'eau issues de la Loire et de la Gironde au cours de l'hiver et du printemps 1997.

Collaboration avec le Centre Militaire d'Océanographie (CMO) :

Un protocole d'accord concernant les études en environnement côtier a été signé en janvier 1997 entre le SHOM et l'IFREMER. Cet accord formalise la collaboration entre les 2 organismes pour le développement d'études d'océanographie côtière, et le transfert des connaissances, sur la base de la complémentarité des deux organismes : modélisation hydrodynamique pour l'IFREMER, expérimentation in situ pour le SHOM. Cette collaboration a débuté en 1997 sur la façade Atlantique par une série de campagnes hydrologiques (en juin et décembre) et par un suivi de flotteurs dérivants en juin, juillet et décembre. Ces mesures contribueront également à la validation du modèle 3D du plateau.

Illustration : Annexe au chapitre 4 - A21001 - Flotteurs de surface durant la campagne MODYCOT 97.

Programme Méditerranée (A21002, responsable : Pierre Garreau)

Une synthèse bibliographique sur la circulation et la modélisation de la Méditerranée Occidentale et le Golfe du Lion a été réalisée. Cet ouvrage apporte une meilleure compréhension de la circulation du bassin méditerranéen occidental. Il sera publié en début d'année 98 et constituera également une pièce importante de la base de connaissances destinée à la modélisation réaliste de ce bassin.

Le travail de modélisation a débuté par une évaluation de la capacité du code IFREMER. Pour cela, on a construit un modèle hydrodynamique de l'ensemble de la Méditerranée avec une résolution du $1/5^{\text{ème}}$ de degré (environ 20 km). L'emprise du domaine, le maillage et les forçages atmosphériques correspondent à l'expérience internationale d'intercomparaison de modèles MEDMEX. Il s'est avéré que dans sa dernière version, le code 3D aux équations primitives et coordonnées réduites du laboratoire donnait de bons résultats. Cependant la résolution spatiale de ce modèle est trop faible. En particulier, dans le cas d'écoulements dominés par le champ de densité, il est indispensable de résoudre l'échelle du rayon de déformation de Rossby, ce qui n'est pas le cas ici. Ce modèle demeure néanmoins intéressant pour décrire les échanges globaux, tout en étant insuffisant pour reproduire la circulation, avec réalisme.

Il a donc été décidé de construire un second modèle de la Méditerranée occidentale avec une résolution du $1/20^{\text{ème}}$ de degré, en y intégrant des conditions initiales issues de la base de données MédAtlas. Au plan numérique, le code 3D a été adapté aux forts gradients bathymétriques rencontrés le long de la plupart des côtes : Un calcul des gradients de pression le long des surfaces géopotentielles permet désormais de s'affranchir de l'inconsistance hydrostatique rencontrée dans ce cas, par les modèles en coordonnées réduites. Des critères de construction de la bathymétrie sont également imposés pour éviter un autre type d'inconsistance dans le cas de "cuvettes" de trop petite taille. Une nouvelle séquence réalise l'assimilation, par relaxation, du champ de températures et de salinités. On peut ainsi corriger ou forcer des flux de chaleur et d'eau échangés avec l'atmosphère et traiter de manière élégante les conditions aux limites ouvertes. Ce sera aussi l'un des moyens de s'approcher de la modélisation opérationnelle en assimilant des données expérimentales (thermographie infrarouge par exemple).

Illustration : Annexe au chapitre 4 - A21002 - Courants de surface et températures en Méditerranée Occidentale (Situation hivernale).

Programme Soutien aux laboratoires côtiers (A21005, responsable Marguerite Breton)

Le service a poursuivi sa tâche de soutien des laboratoires côtiers dans leur activité d'interface avec les partenaires locaux ou régionaux de l'IFREMER, leur mission d'avis et leurs actions d'étude et de prestation.

En 1997, on mentionnera particulièrement le service apporté au laboratoire de Boulogne sur Mer, par la mise au point et le transfert de modèles de transport et de dilution. Partant du constat d'une qualité des zones conchylicoles globalement déficiente sur le littoral Nord – Pas de Calais – Picardie, le laboratoire DEL Boulogne a proposé à l'Agence de l'Eau Artois – Picardie de l'aider dans sa politique de reconquête de la qualité des eaux littorales en étudiant, par modélisation mathématique, les conditions de dilution, de transport et de dégradation de tous les rejets importants de bactéries inventoriés sur le littoral. DEL/AO a été mis à contribution pour fournir tout d'abord un modèle hydrodynamique, dit d'approche, de l'ensemble de la façade littorale, puis des modèles de détail des abords de Boulogne et de la baie de Somme. Ces trois modèles sont maintenant opérationnels et ont été transférés au laboratoire local. Outre leur utilité dans le cadre du contrat passé avec l'Agence de l'Eau, ces modèles serviront également au laboratoire côtier pour étayer les avis en matière d'environnement liés à l'hydrodynamisme : positionnement d'un rejet, d'un ouvrage, suivi de polluants, rejets de dragage, etc.

Illustration : Annexe au chapitre 4 – A21005 – Marquage des eaux littorales par les rejets bactériens identifiés le long de la côte du Nord – Pas de Calais et de la Picardie.

En concertation avec les laboratoires côtiers, DEL/AO effectue également quelques actions prestataires directes. Dans ce cadre, une étude de la dispersion de la charge bactérienne des eaux fluviales drainées dans la région de Granville (Bosq, Thar et Saigne) a été réalisée en 1997. Ce travail a permis de proposer une meilleure stratégie de l'assainissement des eaux usées locales.

C – Observation et surveillance de la mer côtière

C1 – Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin

C160 – Systèmes d'information « environnement littoral »

Programme Quadrigé (C16001, responsable : Michel Joanny)

L'année 1997 a été la première année complète de fonctionnement en routine de l'outil de saisie pour les réseaux RNO, REMI et REPHY, la quasi totalité des utilisateurs potentiels ayant été formés en 1996. En juin 97, la base contenait un peu plus d'un million de résultats. La récupération des données du programme IGA a été préparée au deuxième semestre et réalisée en décembre. Cette opération a porté à un peu plus de 1,7 million le nombre de résultats dans la base.

L'expérience de cette première année a permis d'identifier des tâches de maintenance correctives et évolutives. Par ailleurs, les spécifications des derniers modules à réaliser pour Quadrigé, notamment l'outil d'extraction, ont été finalisées. La réalisation de ces derniers modules a été confiée à la société CAP Cesa.

Programme Aurige (C16002, responsable : Michel Joanny)

Le projet Aurige a pour mission d'élaborer les outils nécessaires à la DEL pour faciliter l'interprétation et la valorisation des résultats acquis par le Réseau littoral de surveillance archivés dans la base Quadrigé. Quelques actions ont été réalisées en 97 :

- mise à disposition des données des réseaux : Préparation des spécifications d'un site Web sur la surveillance incluant des pages Quadriges d'accès à des données agrégées,
- outils spécifiques : les spécifications de l'outil de mise au format CIEM des données extraites de Quadriges pour le RNO et de l'outil de mise à jour et de consultation des secteurs fermés pour raison de phycotoxicité ont été finalisées et inscrites au contrat CAP-Cesa,
- accès aux bases de données hors Ifremer : mise en place et test de l'applicatif de sélection et extraction des données de débit des cours d'eau de la nouvelle version de la banque HYDRO.

Programme Réseau National des Données sur l'Eau (C16004, responsable : Michel Joanny)

Dans le cadre du Groupe de Suivi, le service a participé à la définition des fonctionnalités du site Web "Guichet RNDE". Il a également alimenté ce site pour les éléments d'origine IFREMER.

Programme Centre Thématique Européen (850138, responsable : Michel Joanny)

Le service a participé aux activités du centre thématique, essentiellement par la rédaction d'un rapport sur la gestion des données de surveillance du milieu marin au niveau européen, incluant notamment les résultats d'un questionnaire adressé à tous les administrateurs de telles données.

C170 – Appui méthodologique aux réseaux

Programme Statistique et Surveillance (C17001, responsable : Benoît Beliaeff)

Développement et diffusion des méthodes de traitement statistiques pour l'évolution optimale des opérations de collecte, de gestion et d'exploitation des données des réseaux de surveillance : L'assistance méthodologique aux coordonateurs de réseaux s'est essentiellement axée sur la définition des fréquences d'échantillonnage dans le contexte du suivi du classement bactériologique des zones de production conchylicole. Ces recommandations figureront dans le cahier des spécifications du REMI (note 079 DEL/MP – MC/MV du 2 juillet 1997). Les conclusions sont de recommander les fréquences suivantes :

- trimestrielle pour les zones classées A.
- bimestrielle pour les zones classées B.
- trimestrielle pour les zones classées C.
- mensuelle pour les zones A et B présentant un risque significatif de dégradation de la qualité bactériologique telle qu'elle déclasserait régulièrement A en B et B en C, ainsi que pour les zones B et C qui, inversement, présenteraient des résultats approchant respectivement des niveaux de qualité A et B.

Formation des laboratoires côtiers aux techniques de traitement et de représentation de la donnée : L'année 1997 a permis de dresser un premier inventaire des besoins en formation et en assistance statistiques pour les laboratoires côtiers de la DEL. Le recensement s'est effectué par voie de courrier et une première synthèse, basée sur les réponses de six laboratoires côtiers, a permis d'identifier les points majeurs suivants :

- optimisation de l'effort d'échantillonnage spatio-temporel pour les études de qualité bactériologique du milieu marin littoral. Dans le contexte particulier des études de zones de production conchylicole en respect des textes de transposition de la directive 91-492 CEE, un premier travail a permis de fixer des fréquences d'échantillonnage pour le suivi des zones de productions classées. Ces fréquences figureront dans le cahier des spécifications du REMI (*vide supra*). Un approfondissement du choix des fréquences d'échantillonnage devrait être conduit en 1998.
- estimation des tendances dans les séries du REMI et du RNO : Jusqu'à présent la connaissance de l'évolution de la contamination, qu'elle soit chimique ou biologique n'a pas correspondu à une demande pressante de la part de l'extérieur. On peut s'attendre à une exigence plus importante en raison de la confrontation de la bande côtière à des usages multiples et de la perspective de sa gestion dans un contexte européen. Les méthodes statistiques tendent également à s'harmoniser et une analyse robuste des tendances de la contamination chimique dans la matière vivante est d'ores et déjà recommandée et utilisée par les pays membres de l'OSPAR.

G – Mise en valeur de la mer côtière et économie des ressources marines

G1 – Mise en valeur de la mer côtière

G120 – Etudes intégrées en appui à la gestion de la zone côtière

Programme Iliade (G12007, responsable : Lionel Loubersac)

L'année 1997 a vu le lancement du projet "Informations Localisées Intégrées et Aide au Diagnostic Environnemental". Ce projet correspond au développement de méthodes et d'applications dérivées de la mise en communication des outils représentés par les bases de données de la surveillance, les modèles hydrodynamiques et les SIG. L'objectif est de mettre au point et stabiliser des procédures (bases de données, référentiel géographique associant bassins versants et zones côtières, méthodes de simulation et de représentation, modules logiciels...), transférables aux laboratoires côtiers dans le cadre de l'aide au diagnostic et à l'expertise qui sont de leur ressort. Le thème identifié est celui de la caractérisation des zones sensibles à l'impact de contaminations véhiculées par l'eau en privilégiant notamment la qualification de la qualité bactériologique, en relation avec la ressource aquacole. Le programme Iliade se développe en première phase en relation directe avec le projet "qualité des eaux et de l'environnement littoral" mis en oeuvre par les deux laboratoires côtiers de la DEL de La Rochelle et La Tremblade.

Illustration : Annexe au chapitre 4 – G12007 – Intégration d'une sortie du modèle MARS2D dans le fond cartographique de référence du Système d'Information à Référence Spatiale (SIRS) "Mer des Pertuis".

En relation avec ce projet méthodologique, le service a pris part à de nombreuses actions :

- participation au projet « Elaboration de règles de gestion des eaux superficielles pour un développement intégré des zones humides littorales atlantiques », Programme National de Recherche sur les Zones Humides (INRA – CEMAGREF, CNRS, IFREMER) 1997 – 1999,
- mise en forme sur CD-ROM d'un Atlas numérique des Marais Maritimes du département de la charente Maritime qui comprend :
 - une couverture au 50 000^{ème} de l'ensemble des objets géographiques selon une nomenclature en 17 thèmes d'occupation du sol,

- la mise en forme de la notice explicative de chaque feuille en fichier hypertexte,
 - la création de liens dynamiques entre les différentes feuilles de l'Atlas et la notice hypertexte qui leur correspond,
 - l'enrichissement de la représentation cartographique par éclatement de la nomenclature d'origine.
- réalisation d'une base de données cartographiques numériques du cadastre conchylicole des secteurs de Marennes–Oléron et Ré–Centre Ouest avec pour Marennes Oléron mise en relation avec la bathymétrie fine d'origine DDE et avec des orthophotographies aériennes d'origine SHOM,
 - rédaction d'une fiche technique relative à la conception d'une maquette d'un SIRS orienté vers la gestion des données réglementaires. Une réflexion plus poussée a été entamée concernant la structure de ce type de données en vue de son actualisation,
 - SIG Côte d'Aquitaine : appui à la conception de l'Atlas numérique sous SIG et du schéma informatique général préconisé en collaboration avec le laboratoire DEL/Arcachon et en partenariat avec le BRGM. Rédaction de la partie correspondante du rapport de 1ère phase.

Programme Pastis (G12008, responsable : Jacques Populus)

L'objectif du "Plan d'Action pour les Stations en Informatique Spatialisée" est de donner les moyens aux laboratoires côtiers de mettre en place une structure SIG comprenant personnel, matériels et données à caractère commun. C'est un autre volet de l'aide apportée par le service AO aux laboratoires côtiers.

Réalisations 97 :

- consultation des laboratoires côtiers en matière de BD géographiques et de cartographie, puis préparation d'un rapport (pour sortie en février 1998),
- participation à la mise au point d'une fiche projet ATOS (réalisation par DITI/DSI) concernant l'évolution technique des outils destinés aux stations,
- préparation de sessions de formation au logiciel Arcview, rédaction de travaux pratiques sur données de l'IFREMER, mise en oeuvre d'une session en novembre,
- participation à la compilation des données existantes sur le littoral au plan national, en vue du séminaire SIG de Nantes (début février 1998),
- lancement d'un plan de travail avec le service DITI/IDT pour la mise en oeuvre de bases de données géographiques générales à l'IFREMER ; définition des priorités en ce qui concerne IGN et SHOM.

J – Grands équipements pour l'océanographie

- J4 – Systèmes d'information pour l'océanographie
- J410 – Développement de système d'information

Projet Architecture et Interfaces (J41001, responsable : Marguerite Breton)

Ce projet est entièrement nouveau. Il a été créé en 1997 pour concrétiser la nouvelle mission de la DEL : L'élaboration d'outils opérationnels de modélisation, mis à la disposition

des services et clients utilisateurs (au premier rang desquels, les laboratoires côtiers). Ces outils précis, fiables, robustes et conviviaux doivent leur permettre de répondre dans de bonnes conditions aux questions qu'ils se posent ou qui leur sont adressées.

La diffusion, en routine, du code de calcul MARS2D supposait d'abord une remise en cause de l'architecture matérielle et logicielle qui prévalait jusqu'ici. Il fallait également modifier profondément les pré- et post-processeurs associés au noyau de calcul MARS.

En 1997, des choix fondamentaux ont été faits, qui engageront l'avenir pour de nombreuses années :

- les choix d'architecture du logiciel, de conception orientée objet, développé en C++ et fonctionnant sous deux systèmes d'exploitation, Windows 95 et UNIX sous Solaris 2.5,
- les interfaces utilisateurs et les visualisations, qui sont basées sur le progiciel ILOG Views. Ce progiciel a été retenu pour l'homogénéité de la solution ILOG, les bonnes performances et la suppression des droits d'utilisation après acquisition d'une licence multi-sites et multi-applications.

Le cahier des charges du pré-processeur, nommé IMARS2D, a été rédigé. Ses fonctionnalités sont de :

- faciliter l'acquisition des données nécessaires à l'activation du modèle MARS2D, ceci concerne essentiellement la génération des conditions aux limites, et l'entrée des paramètres extérieurs à la simulation,
- activer le moteur de calcul MARS2D,
- permettre le suivi, en temps réel, du déroulement d'une simulation.

Le développement de IMARS2D a été sous-traité à la société SEMA-GROUP en juin 1997. Ce logiciel a été livré et recetté en mars 1998. Il sera prochainement implanté dans 3 laboratoires côtiers.

Le cahier des charges du post-processeur, nommé VISUMARS, a également été rédigé en 1997. Ses fonctionnalités sont (momentanément) les suivantes :

- visualisations chronologiques et spatio-temporelles des résultats (hydrodynamique et dispersion),
- calculs de trajectoires,
- calculs des résiduelles (Lagrange et Euler).

Des choix fondamentaux ont également été faits lors du développement de VISUMARS :

- le format des fichiers de résultats est basé sur l'utilisation du produit NetCDF, outil de description et d'accès aux fichiers. NetCDF, dont le développement est financé par la NSF (USA), vise à fournir aux scientifiques des outils de gestion de données scientifiques. Ses principaux avantages sont un format auto-descriptif et la portabilité des fichiers générés, sur stations UNIX et PC Windows.

Le développement de VISUMARS a été sous-traité à CAP GEMINI en décembre 1997. Cette sous-traitance est actuellement entrée dans une phase active.

5. Communication et valorisation

5.1. Rapports et Publications (voir annexe)

5.1.1. Revue à comité de lecture :

⇒ 16 articles

5.1.2. Colloques – Séminaires :

⇒ 13 articles

5.1.3. Rapports scientifiques et techniques :

⇒ 14 articles

5.2. Autres médias ou actions de communication et de vulgarisation scientifique

D. Obaton : Participation à l'émission télévisée "C'est pas sorcier" de France 3 sur les marées, diffusée les 2 et 5 novembre 1997.

L. Loubersac : Présentation d'une démonstration tournante sur ordinateur aux stands de l'AFEIT et du Colloque « Bordomer » Aménagement et Protection du Littoral.

5.3. Actions de transfert

Marguerite Breton et Jean-Claude SALOMON : Transfert de trois modèles mathématiques : Littoral Nord-Pas de Calais, port de Boulogne et Baie de Somme, au Laboratoire côtier de Boulogne sur Mer.

Pierre Garreau : Calcul des champs de courants pour la campagne OBSERVHAL de la DRV. Les courants calculés en différents points de la Mer Celtique ont servis à la préparation des plongées de la soucoupe CYANA en juillet 97.

6. Formation et enseignement

6.1. Formation donnée

Nom	Organisme	Niveau	Sujet	Durée
P. Lazure	Université de Marseille	DEA	Modélisation en hydrodynamique côtière	14h00
P. Lazure	Labos côtiers	variable	Hydrodynamique côtière	04h00
P. Garreau	Université de Bretagne Occidentale	DEA	Modélisation en hydrodynamique côtière	15h00
L. Loubersac	ENGREF/ENSG/INA	Master Silat	Applications à la gestion du littoral	06h00
L. Loubersac	CNES	Perfectionnem. professionnels	Téledétection et environnement	08h00
L. Loubersac	CFSIGE Madagascar		Cours Gestion des informations pour l'Environnement, Technologies et Applications	08h00
J.C. Salomon M. Breton P. Lazure	Interne Ifremer		Modélisation en dynamique côtière	22h00
J. Populus	ENSIETA	3ème année	Aspects pratiques SIG	05h00
M. Joanny	CEDRE	Professionnels	Stage INFOPOL 97 : Les réseaux de surveillance	02h00

6.2. Encadrement (doctorants, post-doctorants et stagiaires)

Nom	Origine	Date du séjour	Sujet	Responsable
D. Soudant	Université Paris VII	Juin 93 à Déc. 97	Application de modèles dynamiques bayésiens aux séries temporelles de Dynophysis à Antifer (Normandie, France)	B. Beliaeff
F. Bernard	Université d'Orléans	01.06.97 au 30.09.97	Mise en forme de données relatives à la réglementation des activités maritimes et à la protection de l'environnement au sein d'un SIRS	B. Guillaumont

6.3. Jury de thèse

Nom	Doctorant	Sujet	Université
P. Lazure	3ème cycle d'Océanographie	Dispersion des eaux estuariennes de la Gironde sur le plateau continental	Université de Bordeaux 1
L. Loubersac	Ingénieurs (BAC+ 5)	Systèmes d'Information Géographique	ENSIETA

6.4. Formation reçue

Nom	Organisme formateur	Nature de la formation	Lieu	Durée
P. Lazure	English Apart	Anglais	Brest	1 semaine
A.M. Jégou	Ifremer	Informatique (logiciel ArcView)	Brest	3 jours
A.M. Jégou	Ifremer	Modélisation	Brest	3 jours
J. Populus	ESRI France	Arcview, Spatial Analyst, Avenue	Brest	1 semaine
L. Loubersac	ESRI France	ArcView et Spatial Analyst	Brest	3 jours
L. Loubersac	IFG	Gestion de Projets	Brest	1 semaine
B. Guillaumont	ESRI France	ArcView	Brest	1 semaine
R. Loarer	English Apart	Anglais	Brest	1h30/semaine (35)+1 sem.
R. Loarer	ESRI France	ArcView	Brest	1 semaine
M. Joanny	ESRI France	ArcView et Avenue	Brest	1 semaine

7. Campagnes à la mer

P. Lazure : Participation à la campagne Modycott sur le N/O D'Entrecasteaux en juin 1997.

8. Perspectives

On a pu le constater, le mandat confié au service est extrêmement étendu. A.O. est à la fois un laboratoire de recherche et un laboratoire de développement dans chacune des disciplines qu'il possède (Hydrodynamique côtière, modélisation mathématique, Systèmes d'Information à Référence Spatiale, bases de données, évaluation environnementale, analyses de données...). Sa mission est aussi de fédérer ces différentes disciplines, d'élaborer différentes formes de Systèmes d'Aide à la Décision pour les transférer ensuite aux acteurs de l'environnement extérieurs au laboratoire (stations côtières, départements de recherche, et usagers hors Ifremer). Sa mission est encore d'effectuer des prestations commerciales, et de fournir aux utilisateurs de ses outils, l'aide nécessaire à leur bonne utilisation. Les perspectives sont donc très vastes, et le programme de travail pour les années à venir, très chargé :

Sur le thème de la modélisation mathématique, les perspectives du service pour l'année 1998, sont d'abord de poursuivre l'action de recherche entreprise à l'échelle de chacune des façades marines, et de réaliser quelques actions concrètes, en application immédiate de ces travaux :

- sur la façade de la Manche et de la Mer du Nord, un modèle hydrodynamique en courants résiduels de Lagrange sera transféré au Commissariat à l'Energie Atomique,
- sur la façade atlantique, notre coopération avec le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine se resserrera, et le modèle 3D sera implanté chez notre partenaire. Ce même modèle sera également transféré au département d'écologie pour lui permettre de réaliser ses propres programmes,
- en Méditerranée, on débutera une plate-forme opérationnelle de modélisation littorale.

Pour ce qui concerne l'appui méthodologique aux acteurs de surveillance, une analyse plus fine des besoins de chaque laboratoire côtier, s'avère nécessaire. Elle passera par une visite dans chacun de ces laboratoires, pour apprécier les moyens humains et les logiciels disponibles. Ceci débouchera en 1998, sur une identification d'outils, de produits et d'un plan de formation adaptés. L'objectif est de rendre les laboratoires opérationnels pour la valorisation locale des données qu'ils génèrent.

La phase de mise en service de la base Quadrige étant achevée, celle-ci entrera en fonctionnement selon une nouvelle organisation qui matérialisera la responsabilité opérationnelle du Service A.O. Des données agrégées, issues des réseaux, seront mises à disposition sur le site Web, et on développera des outils statistiques pour répondre aux besoins exprimés lors de l'enquête évoquée plus haut.

Les travaux intéressant les Systèmes d'Information à Référence Spatiale seront poursuivis dans plusieurs directions :

- l'étude du contenu d'une base de données numériques de référence sur la mer côtière, commune à de nombreuses applications thématiques et permettant la manipulation et la combinaison d'informations de toutes origines qui leur sont rattachées. Ces travaux s'effectueront en association avec le SHOM ;
- on poursuivra l'implémentation, dans les laboratoires côtiers, de bases de données et de leurs interfaces d'extraction, et on l'accompagnera d'une action de formation ;

- on poussera plus avant la mise au point de modèles de traitement cartographique de l'information sur la mer côtière. On s'attachera notamment à élaborer une méthode de représentation des limites et zonages réglementaires assurant les liens avec des informations textuelles ;
- dans le cadre de l'analyse des impacts et des risques sur le milieu et les usages liés à des modifications de la qualité des eaux littorales, on envisagera la mise en place de procédures interactives de communication entre les données de la modélisation numérique et celles d'un SIRS.

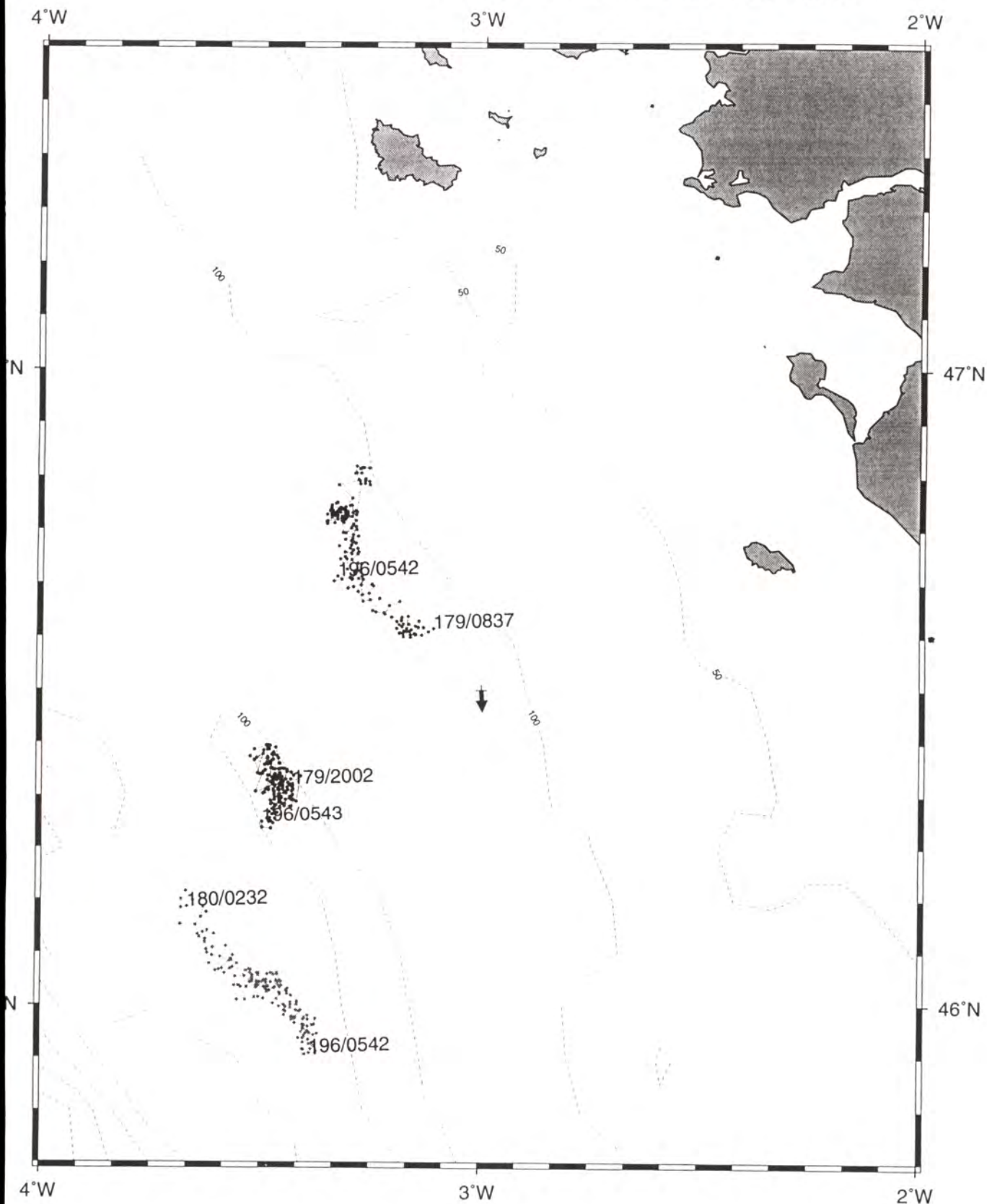
Enfin, le travail d'interfaçage et de mise en forme opérationnelle du logiciel de modélisation hydrodynamique MARS sera poursuivi. Après l'interface de commande et de suivi des simulations en temps réel (Imars), le système sera doté d'un post–processeur de visualisation et d'exploitation des données de la modélisation (Visumars). Progressivement, le logiciel complet sera substitué à la version ancienne et implanté dans quelques laboratoires côtiers. Une formation spécifique sera dispensée aux utilisateurs, et le service recherchera une nouvelle organisation permettant de remplir les tâches de maintenance et de conseil qui doivent aller de pair avec ce transfert de technologie et de savoir–faire.

Annexes

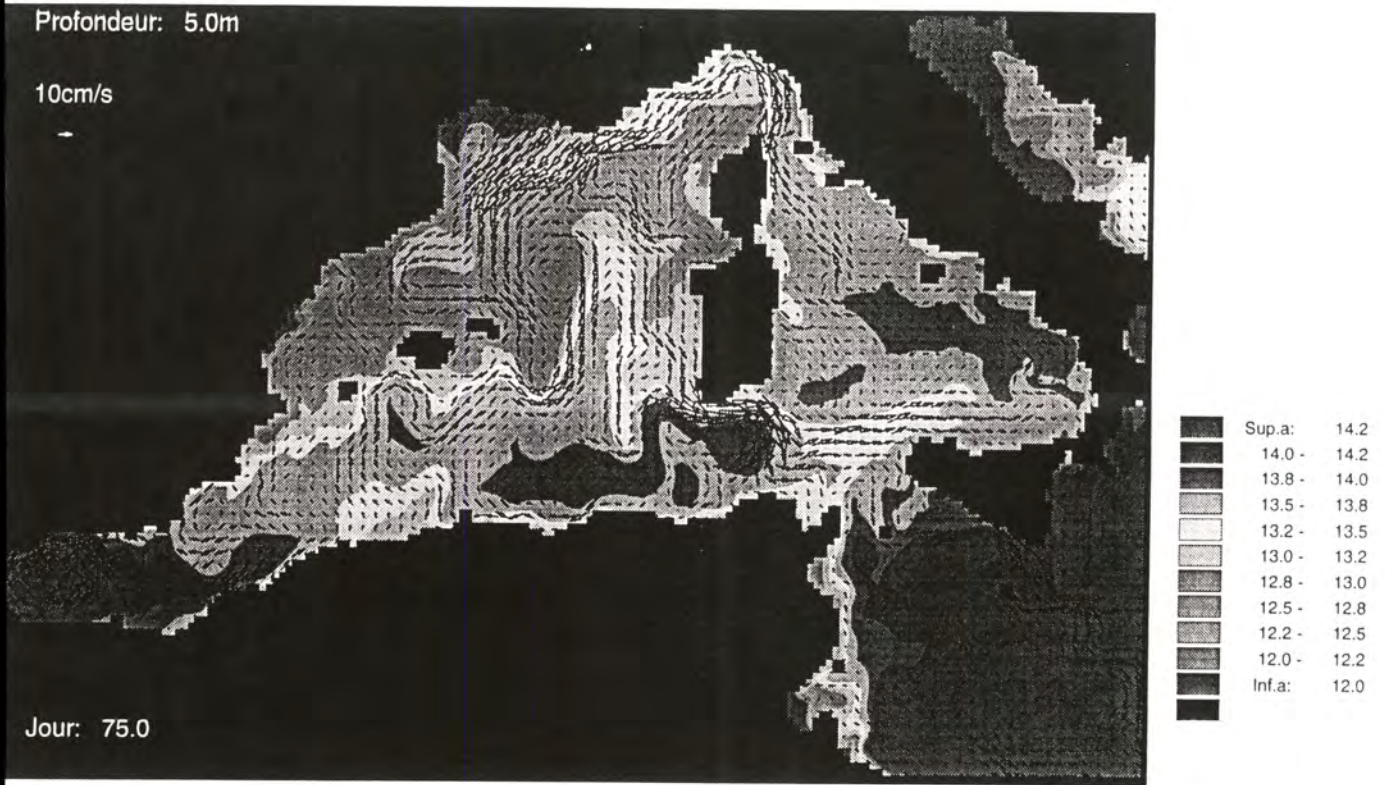
Bouee 29505 60m
Bouee 29506 60m
Bouee 29510 60m

MODYCOT 97

Flotteurs de surface en activite
type SURDRIF - Campagne MODYCOT 97
Collecte du jour 15/07/97 a 06h00 Z
trajectoires brutes - vents de la veille a 6H00Z

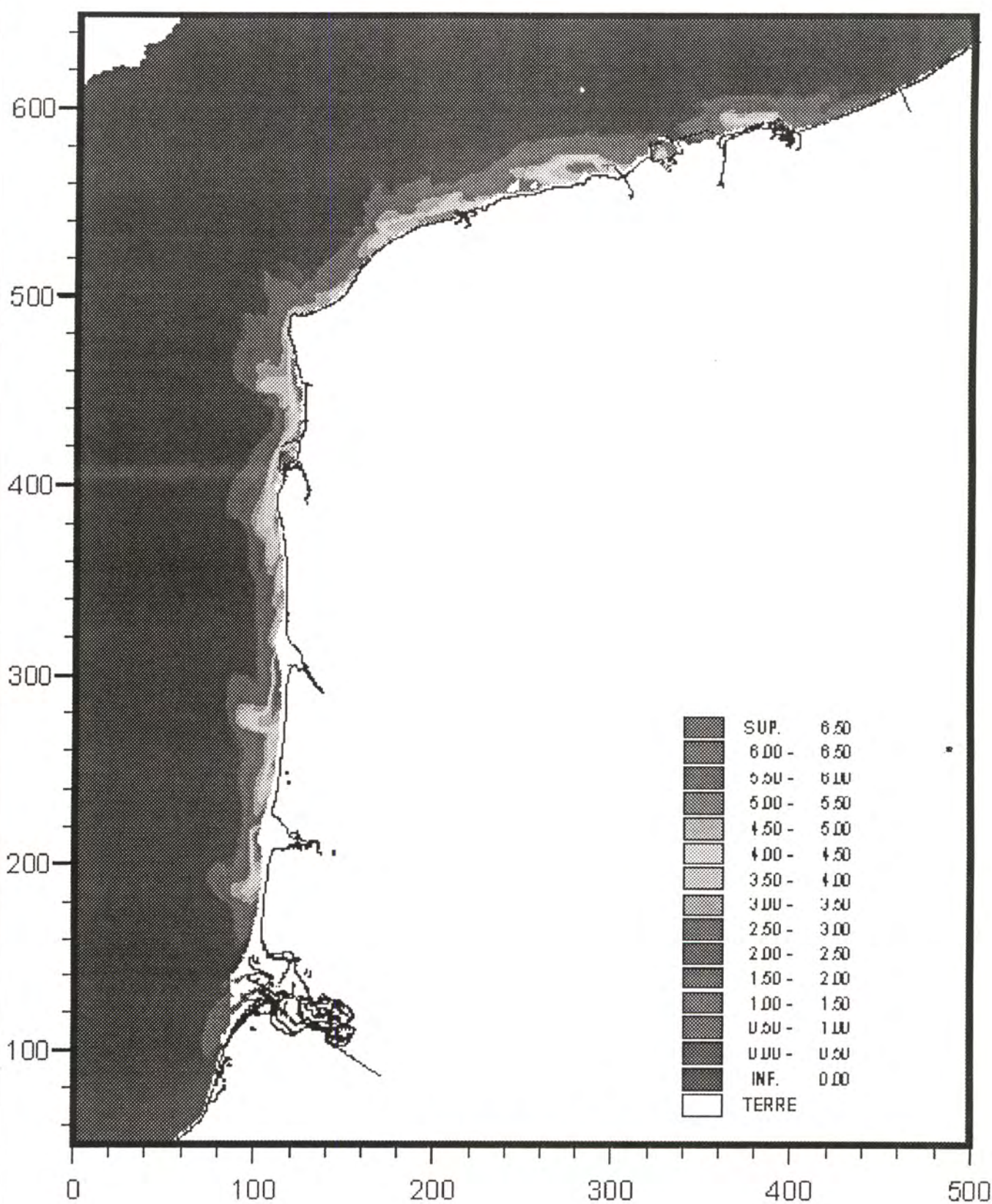


Annexe au chapitre 4 – A21002



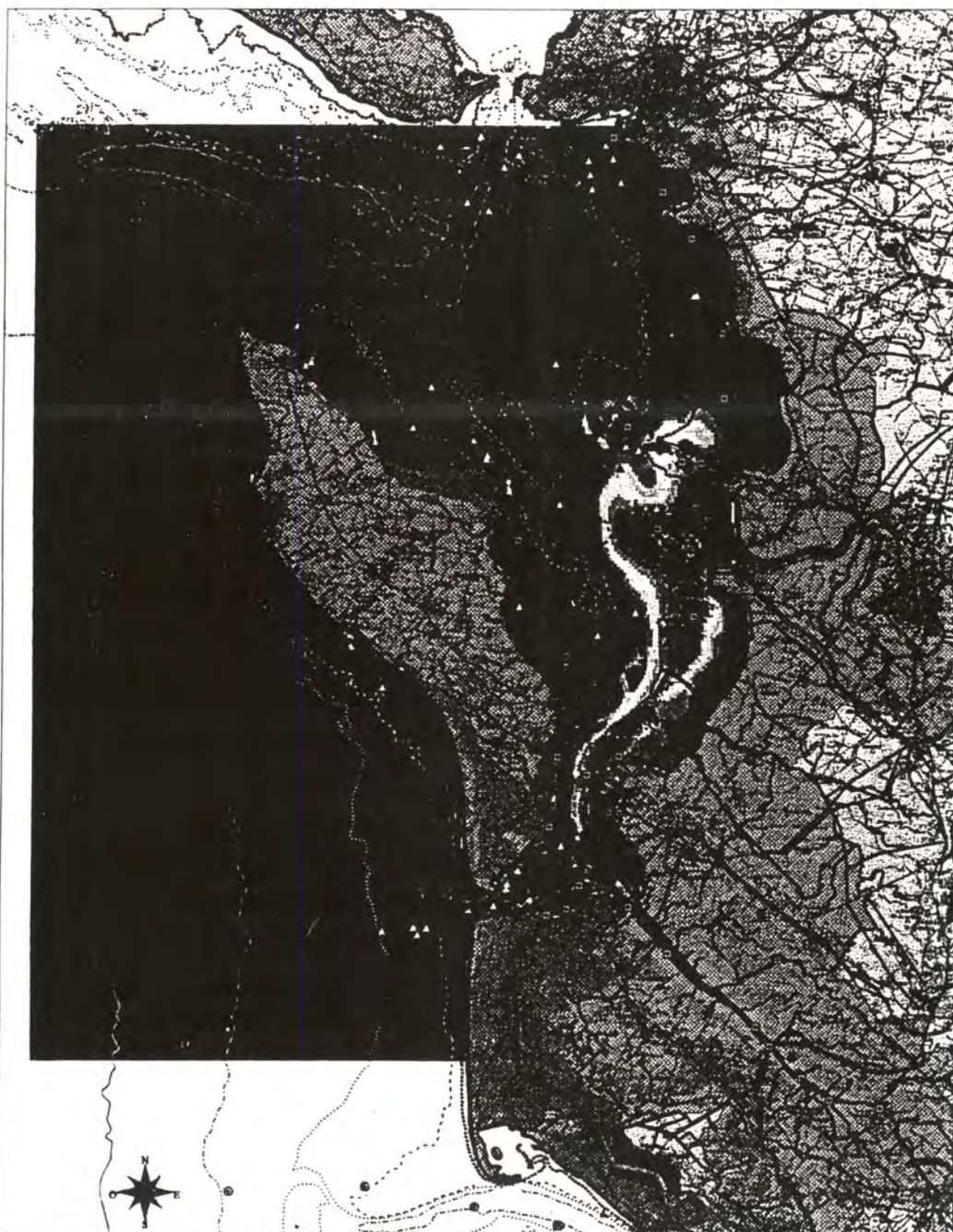
Courant de surface et températures en Méditerranée Occidentale
(Situation hivernale)

Annexe au chapitre 4 - A21005



Marquage des eaux littorales par les rejets bactériens identifiés le long de la côte du Nord Pas de Calais et de la Picardie

INTEGRATION D'UNE SORTIE DU MODELE MARS2D DANS LE FOND CARTOGRAPHIQUE DE REFERENCE DU "SIRS MER DES PERTUIS"



- Trait de côte
- Laisse de basse mer
- Balisage
 - ▲ Balise
 - Marque
 - ⋮ Phare
 - ⋮ Tourèle

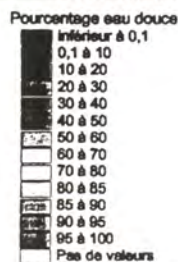
- Isobathes
 - -5m.
 - -10m.
 - -20m.
 - -30m.

- Réseau hydrographique
- Limite de commune
- Limite de département
- ▨ Communes littorales

SIMULATION DU PANACHE DE LA CHARENTE EN CRUE (400 M³/S, VENT NUL, T₀+500h) Impact sur les zones ostréicoles

Sources des données :
IFREMER, IGN, SHOM, MATE-OIEau-Agences de l'Eau, DDAM 17

- ▭ Emprise des bassins versants
- ⊙ Points de surveillance RNO sédiments
- ⊙ Points de surveillance RNO matière vivante
- ⊙ Points de surveillance RNO hydrologie
- ⊙ Points de surveillance REMI
- △ Points de surveillance REPHY



Rapports et publications

Revue à Comité de lecture

Articles publiés :

- Bailly du Bois P., Rozet M., Thorat K., Salomon J.C., Improving Knowledge of Water-Mass Circulation in the English Channel Using Radioactive Tracers, Radionuclides in the Oceans RADOC 96-97, Proceedings Part 1 Inventories, Behaviour and Processes, Radioprotection-colloques, volume 32, C2 (April 97) 63-69.
- Bajjouk T., Populus J., Guillaumont B., Quantification of subpixel cover fraction using principal component analysis and a linear programming method : application to the coastal zone of Roscoff (France), Remote Sensing of Environment (1997) 15 p. vol 64, 153-165.
- Beliaeff B., Burgeot T., Sampling design optimization for EROD measurements in fish, Marine Ecology Progress Series 153 (1997) 239-246.
- Beliaeff B., O'Connor T.P., Daskalakis K.D., Smith P.J., U.S. Mussel Watch data from 1986 to 1994 : temporal trend detection at large spatial scales, Environmental Science and Technology (1997) 31 : 1411-1415.
- Garreau P., Bailly du Bois P., Transportation of Radionuclides in Celtic Sea a Possible Mechanism, Radioprotection - Colloques (1997) volume 32, C2 381-385.
- Guillaumont B., Bajjouk T., Talec, P. Seaweed and Remote Sensing a critical review of sensors and data processing, In : Progress in Phycological research Volume 12, Round, F.E. and Chapman, D.J. eds., Biopress Ltd., Bristol (1997) 211-282.
- Le Bec C., Belin C., Gaertner J.C., Beliaeff B., Raffin B., Ibanez F., Long-term changes in marine ecosystems : methods of analysis, case studies and between-site comparisons. Oceanologica acta 20 (1997) 101-108.
- Salomon J.C., Breton M., Fraizier A., Bailly du Bois P., Guéguénat P., A Semi-Analytic Mathematical Model for Dissolved Radionuclides Dispersion in the Channel Isles Region, Radionuclides in the Oceans RADOC 96/97, Proceedings Part 1 Inventories, Behaviour and Processes, Radioprotection-Colloques, volume 32,C2 (April 97) 375-380.
- Soudant D., Beliaeff B., Thomas G., Explaining *Dinophysis* cf. *acuminata* abundance in Antifer (Normandy, France) using dynamic linear regression, Marine Ecology Progress Series 156 (1997) 67-74.
- Soudant D., Beliaeff B., Thomas G., Dynamic linear Bayesian models in phytoplankton ecology, Ecological Modelling 99 (1997) 161-169.

Articles soumis :

- Andrefouët S., Loubersac L., Maritorea S., Morel Y., Mesure de la bathymétrie des zones côtières par télédétection passive dans le domaine optique, Chapitre de l'ouvrage canadien « Manuel de Télédétection Océanique », (Manuscript accepté, publication prévue en 1998 par Gordon and Breach, Reading).
- Douillet P., Lazure P., Wind-driven circulation in the south-western lagoon of New Caledonia : observations and 3D numerical modelling, (soumis à *Continental Shelf Research*).
- Garreau P., Caractéristiques hydrodynamiques de la Manche, Article de synthèse pour la revue *Oceanis*.
- Gentien P., Lazure P., Raffin B., Effect of meteorological conditions in spring on the extension of a *Gymnodinium cf. nagasakiense* blooms. 8^{èmes} Int. Conf. on harmful algal blooms. Vigo, juin 1997 (accepté).
- Hoch T., Garreau P., Phytoplankton dynamics in the English Channel. A simplified 3-D approach". *Journal of Marine System*, (accepté).
- Loubersac L., Manaud F., Loarer R., Kerdreux M., Durand C., « Intégration des données de l'atlas des marais atlantiques alimentés en eau de mer dans un Système d'information à référence spatiale ». Présenté au Colloque Marais Maritimes et Aquaculture (6,7 et 8 juin 1997). Accepté par le comité de lecture pour édition dans la série des Actes de Colloques IFREMER (prévision n°19).

Colloques – Séminaires

Communications orales :

- Guillaumont, B., Durand, C., Développement d'une maquette préliminaire de SIRS appliqué à la réglementation des activités maritimes de la Mer des Pertuis, France, In : Comptes Rendus des Journées thématiques sur le spatial et groupe de travail SIG, Association Française d'Halieumétrie, Nantes, 3-4 Février 1997.
- Jegou A.M., Evolution des salinités calculées par le modèle 3D du plateau atlantique au cours de l'hiver et du printemps 1997, comparaison avec les conditions hydrologiques de 1994 (campagne AGIR), Journées Anchois, Nantes 10-11-12 décembre 1997.
- Laplana R., Loubersac L., Intégration de données multimédias sur des territoires contigus bassins versants zones côtières, Actes de la première conférence des utilisateurs ESRI : Environnement, Outils techniques SIG, Applications, 17-18 septembre 1997 Paris, Editions HERMES, pp 41-47.
- Lazure P., Présentation d'un modèle de la dynamique et de l'hydrologie du plateau continental atlantique, aux 7^{èmes} Journées du Pôle de Recherche G.R.A.E.S, (Gestion des Ressources Aquatiques en Environnement Sensibles), Pau 28-29 Avril 1997.
- Lazure P., Circulation des eaux dans le Golfe de Gascogne aux 10^{èmes} rencontres interrégionales de l'AGLIA, Saint-Jean-De-Luz 20-21 Novembre 1997.

- Loarer R., Kerdreux M., Durand C., Loubersac L. : Atlas des Marais Maritimes des Régions Pays de Loire, Poitou-Charentes, Aquitaine. Département de Charente Maritime. Intégration dans un SIRS. Développement multimédia sur CD-Rom, International Workshop "Continental margins and sea level changes, sedimentological and geochemical processes", Tescani (Roumanie) 6-12/10/97.
- Loubersac L., Applications de la Télédétection et des SIRS à la mise en valeur du littoral et de la mer côtière, Cours Gestion des Informations pour l'Environnement, Technologies, Outils et Applications dans la région de l'Afrique sub-saharienne, Recueil de cours CFSIGE, CNES, Antananarivo, Madagascar, 1997.
- Loubersac L., Populus J., Durand C., Prou J., Kerdreux M., Le Moine O., SIG et gestion intégrée de la conchyliculture à Marennes Oléron, 6èmes journées thématiques de l'AFEIT : les outils d'aide à la décision, leurs applications à la gestion intégrée du littoral, Brest 16, 17 octobre 1997, 7 p.
- Loubersac L., Populus J., Durand C., Prou J., Kerdreux M., Le Moine O., Système d'Information à Référence Spatiale et gestion d'un espace de production ostréicole : le cas du bassin de Marennes Oléron, International symposium « BORDOMER 97 » Coastal Environment Management and Protection, Bordeaux 27-29 oct 1997, Actes du colloque Tome 2, pp 186-197.
- Obaton D., Garreau P., Modelling the circulation of the western Mediterranean Sea, (Communication au colloque MEDMOD, Villefranche-sur-mer 27-29 octobre)
- Populus J., Loubersac L., Prou J. Kerdreux M., Le Moine O., Geomatics for the management of oyster culture leases and production, CoastGIS'97, Second International Symposium on GIS and Computer mapping for Coastal Zone Management Aberdeen.
- Salomon J.C. La contribution des modèles mathématiques, Conférence plénière aux 6èmes journées de l'AFEIT, sur les outils d'aide à la décision; Brest, Octobre 97.

Posters :

- Panin N., Ion E., Ion G., Loarer R., Evolution phases of the Danube Delta over the past 12 000 years, Coastal zone physiography.

Rapports scientifiques et techniques

- Belin C., Raffin B., Evolution des espèces phytoplanctoniques toxiques sur le littoral Loire Bretagne de 1984 à 1995 – Résultats du REPHY (réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines), Documents cartographique préparé pour le groupe de travail "littoral" de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne – Mai 1997.
- Bernard F., SIRS Réglementation littorale, Application à la Mer des Pertuis, Rapport de stage, 44 p, Stage de 1ère année de MST de Cartographie, Université d'Orléans, Septembre 1997, Dictionnaire des données version 1.0, 16 p et Descriptif de contenu version 1.0, 18 p.
- Breton M., Interface graphique IMARS2D, Cahier des Charges, Version 1.0, Date : 06/06/97, Réf. : DEL/AO/JCS/97-39.

- Breton M., Interface graphique IMARS2D, Dossier des spécifications fonctionnelles, Version 1.0, Date : 06/06/97, Réf. : DEL/AO/JCS/97-39.
- Breton M., Logiciel VISUMARS, Cahier des Charges techniques, Version 1.0, Date : 07/11/97, Réf. : DEL/AO/JCS/97-64.
- Breton M., Logiciel VISUMARS, Dossier des spécifications fonctionnelles, Version 1.0,
- Guillaumont B., Durand C., Delobel, M., Réglementation des activités maritimes : développement d'une maquette préliminaire de SIRS, application à la mer des Pertuis, 1997, Fiche technique Sillage TC/05, 46 p.
- Joanny M., Surveillance de l'environnement littoral et côtier, Bilans & Perspectives, Editions Ifremer, 1997, 40 p.
- Joanny M., Relandeau M., Recommendations for improving in the short, medium and long term, procedures for assessing and reporting at european level on marine and coastal data treatment and storage, Report to the European topic center on marine and coastal environment (ETC/MC), 1997, 35 p.
- Lazure P., Pollution du littoral des Pyrénées-Atlantiques par les déchets en provenance du large, Proposition d'étude IFREMER, Synthèse des connaissances en hydrodynamique, décembre 1997.
- Loubersac L., Rapport d'activités du Groupe Sillage – Systèmes d'Informations Localisées pour l'Aménagement et la Gestion des Espaces côtiers et marins, (janvier 1994 – avril 1997). Rapport IFREMER en 2 volumes, volume 1 : Eléments d'un bilan et perspectives (40p.), volume 2 : Applications thématiques et développements techniques (26p., 37 planches), juillet 1997.
- Proctor R. et all. Nomads (North sea Model Advection Dispersion Study) Final Report Contract: MAST2-CT94-0105, Proudman Oceanographic Laboratory, Février 97.
- Raffin B., Claisse D., RNO – Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin, Atlas des points de prélèvement – 1 Matière vivante – Novembre 1997.
- RNO, Surveillance du milieu Marin, Travaux du RNO, partie 2 : Quadrige, une base de données pour l'environnement littoral, Ifremer et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1997, 32 p.



IFREMER

Siège social : 155, Rue Jean-Jacques Rousseau - 92138 Issy-les-Moulineaux Cedex
Tél. 01 46 48 21 00