

Etude de la qualité des eaux de l'estuaire de l'Adour (suivi 2001 – 2003)

« Volet matière vivante »



Nive aval, Pyrénées-Atlantiques – Photo Ifremer



DDE - CQEL64



MINISTÈRE DE
L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
ET DE L'ENVIRONNEMENT



Etude de la qualité des eaux de l'estuaire de l'Adour (suivi 2001-2003)

« Volet matière vivante »

Fiche documentaire

<p>Numéro d'identification du rapport : RST.DEL/04.02/ARCACHON</p> <p>Diffusion : libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte: <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/></p> <p>Validé par : <i>H. OGER JEANNERET - DEL/MPL</i> <i>J-P. DRENO – DEL/AR</i> <i>D. MAURER – DEL/AR</i> <i>C. PELLIER – DEL/AR</i> <i>M. PLUS – DEL/AR</i></p>	<p>Date de publication : juin 2004</p> <p>Nombre de pages : 83 + annexes</p> <p>Bibliographie: oui</p> <p>Illustration(s): oui</p> <p>Langue du rapport : Français</p>
<p>Titre et sous-titre du rapport :</p> <p><i>Etude de la qualité des eaux de l'estuaire de l'Adour</i> <i>Résultats du suivi matière vivante – années 2001-2003</i></p>	
<p>Contrat IFREMER n° 03/5 210 021/YF Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/></p>	
<p>Auteur(s) principal(aux) :</p> <p><i>TRUT Gilles</i> <i>MAYEUR Didier</i></p>	<p>Organisme / Direction / Service, laboratoire</p> <p><i>IFREMER – DEL/Arcachon</i></p>
<p>Collaborateur(s) : nom, prénom</p> <p><i>CANTIN Christian</i> <i>TOURNAIRE Marie-Pierre</i></p>	<p>Organisme / Direction / Service, laboratoire</p> <p><i>IFREMER – DEL/Arcachon</i> <i>IFREMER – DEL/Arcachon</i></p>
<p>Cadre de la recherche :</p> <p>Programme : Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin Convention :</p> <p>Projet : Réseau Adour (B011315) Autres (préciser) :</p>	

Résumé :

L'estuaire de l'Adour, caractérisé par une taille réduite et une embouchure fortement urbanisée et industrialisée, constitue un enjeu socio-économique fort pour le département des Pyrénées-Atlantiques. Dans ce contexte, un Secrétariat Permanent à la Prévention des Pollutions Industrielles (SPPPI), chargé de veiller à la préservation de l'écosystème estuarien a été créé en 1999.

L'étude de la qualité de l'estuaire de l'Adour, programmée sur trois années (2001-2003) a été initiée par le Groupe "Eau" émanant de cette structure.

Elle comporte trois volets indissociables confiés à trois organismes différents :

- Le Laboratoire de Chimie Analytique Bio-inorganique et Environnement de l'Université de Pau (LCABIE) a étudié plus particulièrement la contamination des sédiments de l'estuaire.
- La Cellule Qualité des Eaux Littorales (CQEL) de la Direction Départementale de l'Équipement (DDE) de Bayonne a été chargée de l'évaluation de la qualité de l'eau.
- L'étude de la contamination de l'estuaire intégrée par la matière vivante a été confiée à l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer) .

Au travers des niveaux mesurés dans la matière vivante au cours des trois années de suivi, l'estuaire de l'Adour apparaît caractérisé, en premier lieu, par une forte contamination bactériologique généralisée. Localement, on y observe un impact très important des zones urbanisées assainies par des réseaux de collecte unitaires en cours de réhabilitation, présentant des taux de raccordement faibles.

Les métaux sont, le plus souvent, présents à un niveau faible ou modéré pour une zone estuarienne, à deux exceptions près, le chrome total et le cuivre, qui sont bioaccumulés en quantité importante par les mollusques (huîtres), naturellement présents dans l'estuaire marin. Le chrome en particulier, atteint un niveau que l'on peut qualifier de préoccupant avec des apports significatifs du bassin versant amont mis en évidence par le LCABIE, associés certainement à une pollution chronique et diffuse de la zone aval. Le niveau de présence élevé du cuivre correspond à une tendance nationale révélée par le RNO, sur la totalité des grands estuaires ou littoraux anthropisés.

Pour les contaminants organiques, les teneurs observées sont également faibles à modérées avec le plus souvent une tendance à la diminution. La contamination par les composés organiques de l'étain, classés substances dangereuses prioritaires par la Directive Communautaire Cadre sur l'Eau demeure très élevée, en particulier dans la partie centrale et aval de l'estuaire de l'Adour, où sont recensées des sources potentielles importantes (grands navires administratifs, militaires ou de commerce, longueur > 25 m).

Le suivi préliminaire mis en œuvre en 2001-2003 sera vraisemblablement pérennisé sous une forme optimisée, moins lourde et moins coûteuse qui maintiendra toutefois un effort d'échantillonnage important vis à vis des paramètres dont le niveau de présence et l'évolution temporelle auront été jugés préoccupants.

Mots-clés :

Matière vivante, contaminants, estuaire de l'Adour, qualité des eaux.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	11
2. MATERIEL ET METHODES.....	13
2.1. Points de prélèvement.....	13
2.2. Bactériologie	16
2.3. Micro-polluants chimiques.....	17
3. RESULTATS	21
3.1. Conditions météorologiques et hydrologiques.....	22
3.2. Résultats du suivi bactériologique.....	25
3.2.1. Contamination par <i>Escherichia coli</i>	25
3.2.1.1. Amplitude et évolution des niveaux de contamination.....	25
3.2.1.2. Comparaison avec les résultats de suivis antérieurs.....	30
3.2.1.3. Effet des paramètres météorologiques et hydrologiques.....	31
3.2.2. Contamination par <i>Salmonella sp.</i>	36
3.3. Micro-polluants chimiques.....	38
3.3.1. Résultats obtenus pour les micro-polluants métalliques.....	38
3.3.2. Résultats obtenus pour les micro-polluants organiques.....	52
4. CONCLUSION.....	69
5. BIBLIOGRAPHIE	77
6. ANNEXES.....	83

1. Introduction

L'étude de la qualité des eaux de l'estuaire de l'Adour, préliminaire à la mise en place d'un réseau de suivi pérenne vient de s'achever.

Cette analyse préliminaire, mise en place sous l'égide du groupe Eau du Secrétariat Permanent à la Prévention des Pollutions Industrielles (SPPPI) avait initialement pour objectifs :

- ✓ d'évaluer globalement la qualité des eaux de l'estuaire de l'Adour,
- ✓ d'acquérir une connaissance des flux déversés par les principaux émissaires situés dans la zone d'étude afin de hiérarchiser ces apports,
- ✓ de déterminer les contributions respectives du bassin versant et des sources locales,
- ✓ de tenter d'établir une relation entre l'évolution des ces différentes contributions dans le temps et les investissements publics et privés réalisés en matière de maîtrise des apports anthropiques.

Aujourd'hui, les trois premiers objectifs ont été atteints même si certaines situations météorologiques et hydrologiques n'ont pu être appréhendées que de manière instantanée. L'interprétation fiable des conditions de crue et de temps de pluie locale nécessitera donc l'acquisition de résultats futurs complémentaires.

Le quatrième objectif était trop ambitieux puisque les tendances d'évolution ne peuvent s'apprécier que sur le moyen ou long terme et que les investissements prévus ne sont pas encore tous réalisés. Pour ces raisons, il n'a pas été atteint et représentera un des enjeux principaux du futur réseau pérenne de surveillance de la qualité des eaux de l'Adour.

En 2004, à l'issue de cet état des lieux, plusieurs documents seront remis aux commanditaires de l'étude :

- ✓ une synthèse par volet (eau, sédiment, matière vivante) pour les trois années suivies,
- ✓ une synthèse globale qui aura pour objet de décrire l'état actuel des connaissances en matière de contamination bactériologique et chimique de l'estuaire de l'Adour.

Ce rapport représente la compilation des résultats obtenus au cours des années 2001 à 2003. Il établit un diagnostic de la contamination de l'estuaire de l'Adour à partir des niveaux de présence en contaminants accumulés dans la chair d'un organisme filtreur intégrateur de pollution, l'huître creuse *Crassostrea gigas*.

La méthodologie mise en œuvre par l'Ifremer avec le soutien logistique de la DDE 64 est bien un outil efficace pour répondre aux objectifs d'évaluation du niveau de contamination et de tendance d'évolution sur le moyen-long terme. Elle est largement utilisée dans le monde au travers de grands réseaux nationaux de surveillance tels que le

Réseau National d'Observation de la qualité du milieu (RNO) pour la France ou le National Mussel Watch aux Etats-Unis.

Les résultats acquis au cours de cette période (2001- 2003) permettent de situer le niveau de pollution de l'estuaire de l'Adour par comparaison avec les observations effectuées sur d'autres estuaires, en France ou dans le monde, et d'autres milieux littoraux. En outre, lorsqu'elle existe, la référence de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) est également utilisée puisqu'elle apporte un critère supplémentaire de qualification.



2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Points de prélèvement

La stratégie modifiée en 2002, plus homogène puisque focalisée sur la masse d'eau estuarienne, a été reconduite en 2003.

Quatre points de prélèvements ont été définis en complément de la station "Adour marégraphe" suivie depuis 1998 dans le cadre du RNO.

Ils ont été choisis en raison de leur représentativité des différentes zones de l'hydrosystème Adour aval (Fig. 1) ainsi que pour la présence d'un stock d'huîtres creuses facilement accessible à pied ou au moyen d'une embarcation légère (Zodiac CQEL 64).

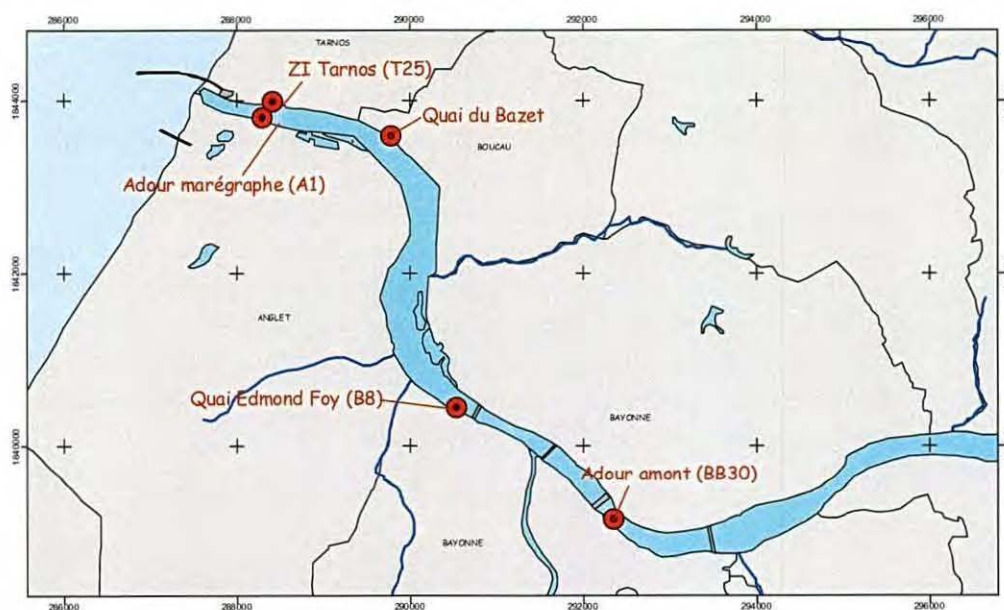


Fig. 1 : Localisation des points de prélèvement du suivi matière vivante 2003.

De l'amont vers l'aval, nous trouvons :

Adour amont (BB30, pK=125,5) : Il est matérialisé par les piles du premier pont urbain de l'agglomération de Bayonne (Photo 1). Le gisement de coquillages fixés sur les structures immergées de l'ouvrage est assez facilement accessible par bateau et la quantité est suffisante pour envisager un suivi sur plusieurs années. Les contaminations mesurées dans cette partie de l'estuaire traduisent essentiellement les apports chimiques et bactériologiques provenant du bassin versant de l'Adour .



Photo 1 : Point «Adour amont», BB30.

Quai Edmond Foy (B8, pK=128,2) : Il est situé au cœur de l'agglomération de Bayonne dans un secteur recevant plusieurs exutoires déversant dans l'estuaire des effluents caractérisés par une contamination bactériologique d'origine domestique et une contamination chimique sans doute imputable au nombre important d'installations classées soumises à déclaration que comporte cette agglomération. Le gisement d'huîtres fixées sur les structures (béton et pierres) verticales des quais (Photo 2) est accessible en bateau mais la quantité de coquillages disponibles est juste suffisante pour envisager un suivi à moyen terme. Les mollusques situés sur ce point intègrent les flux de pollution non raccordés issus de la ville de Bayonne.



Photo 2 : Point «Quai Edmond Foy», B8.

Quai du Bazet (pK=131) : Ce gisement est positionné en aval du rejet de la station d'épuration de Tarnos et en amont d'un émissaire provenant de la zone industrielle. Il est facilement accessible à pied et les huîtres de taille marchande y sont présentes en quantité relativement importante (photo 3). Les coquillages prélevés dans ce secteur intègrent les apports bactériens et chimiques provenant à la fois de l'agglomération de Tarnos et de la zone industrielle.



Photo 3 : Point «Quai du Bazet».

ZI de Tarnos (T25, pK=132,3) : Il est situé à l'embouchure de l'estuaire, sur la rive droite à la hauteur de la zone industrielle de Tarnos. Le gisement de coquillages accessible à pied est de taille importante (Photo 4). Les contaminations mesurées sur ce point traduisent la contribution, plutôt chimique, de l'activité industrielle du port de commerce de Bayonne.



Photo 4 : Point «ZI de Tarnos», T25.

Adour marégraphe (A1, pK=132,6) : Il a été positionné à l'embouchure de l'estuaire, sur la rive gauche, en aval de la ferme aquacole, des abattoirs municipaux et du port de plaisance d'Anglet. Le gisement d'huîtres de grande importance est accessible à pied (Photo 5). Ce secteur est suivi depuis 1998 dans le cadre du RNO.



Photo 5 : Point «Adour marégraphe», A1.

2.2. Bactériologie

La stratégie utilisée dans le cadre de cette étude est identique à celle qui avait été mise en œuvre pour le REMI Adour interrompu depuis 1994. Elle correspond également à la méthode utilisée ponctuellement lors des diagnostics environnementaux réalisés en collaboration avec la CQEL des Pyrénées Atlantiques. Les analyses sont effectuées sur des huîtres creuses *Crassostrea gigas* prélevées sur les gisements naturels qui se développent sur les rives de l'estuaire de l'Adour.

• Choix des paramètres et fréquence d'échantillonnage

Les *Escherichia coli* (coliformes thermotolérants) sont des bactéries communes du système digestif humain (80% de la flore intestinale aérobie). A ce titre, elles sont utilisées comme indicateurs de la contamination fécale du milieu. Le dénombrement d'*E. coli* est effectué chaque mois au cours de la période d'étude.

Compte tenu du niveau de contamination bactérienne assez important de l'estuaire de l'Adour, il y a risque de présence d'autres germes fécaux (pathogènes pour la plupart), comme les salmonelles. Afin de confirmer et d'améliorer la représentativité des résultats obtenus en 2001, ces bactéries ont été recherchées chaque mois sur les cinq secteurs échantillonnés.

• Méthodes de prélèvement et d'analyse

Les coquillages sont prélevés par la CQEL 64 et l'IFREMER conformément à la procédure de surveillance microbiologique décrite dans le plan qualité REMI au chapitre "Prélèvement-transport-réception des échantillons de coquillages". Ce document est joint dans son intégralité en annexe 1 du présent rapport.

Le dénombrement des *E. Coli* se fait par la méthode NPP (Nombre le Plus Probable). Cette méthode d'analyse bactériologique pour le contrôle des coquillages est décrite dans la circulaire DGAL/SVHA/C88/N°8003 du 28 avril 1988 (AFNOR *ed.*) adaptée par Hervé (1997). Dans le cas de cette étude, où la contamination bactérienne est assez importante, la prise d'essai sera de 1 ml et 4 dilutions seront réalisées (de 10^{-1} à 10^{-4}). Dans ces conditions, le milieu d'ensemencement est le bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB) simple concentration.

Le résultat est exprimé en Nombre le Plus Probable (NPP) d'*E. coli* dans 100 g de chair et de liquide intervalvaire. Le seuil de détection est de 55 *E. Coli* /100 g pour un volume ensemencé de 1 ml dans chaque tube.

La recherche de salmonelles porte sur 25g de chair et de liquide intervalvaire et nécessite quatre phases successives :

- 1- Pré-enrichissement en milieu non sélectif liquide.
- 2- Enrichissement en milieux sélectifs liquides.
- 3- Isolement sur milieux sélectifs solides.
- 4- Confirmation par micro-galeries d'identification API 20E ou BBL entérotubes II.

Cette méthode d'analyse est décrite dans le rapport interne Ifremer de Hervé (1993).

En outre, pour chaque échantillon positif, les souches de salmonelles isolées ont été transmises à l'Institut Pasteur de Paris (Centre National de Référence des salmonelles) qui effectue l'identification du sérotype. Il est à noter que ce service est engagé dans une démarche d'assurance qualité s'inscrivant dans le cadre de celle de l'Institut Pasteur.

La technique utilisée est décrite sur le site du Centre National de Référence (CNR) des salmonelles. Chaque souche isolée est expédiée en milieu gélosé contenu dans un tube à bouchage hermétique pouvant résister aux chocs et placé dans un emballage protecteur respectant la législation en vigueur. A réception, les souches reçues sont ré-isolées puis identifiées au niveau de l'espèce par l'étude des caractères biochimiques conventionnels. Les salmonelles sont sérotypées par un test d'agglutination au cours duquel elles sont réunies par des anticorps spécifiques pour former des amas. Les antigènes O sont immédiatement identifiés. Les antigènes H (flagellaires) nécessitent de sélectionner les éléments les plus mobiles de la culture bactérienne, d'identifier une phase H par agglutination, d'inhiber la mobilité des bactéries ayant cette phase et de sélectionner les individus ayant l'autre phase flagellaire (en milieu de Sven Gard) et d'agglutiner cette autre phase.

2.3. Micro-polluants chimiques

La stratégie de suivi choisie par le Groupe « Eau » du Secrétariat Permanent pour la Prévention des Pollutions Industrielles (SPPPI) est identique à celle mise en œuvre par l'Ifremer dans le cadre du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin littoral (RNO). Ce choix permettra de comparer les données issues de la série RNO aux valeurs obtenues en 2001, 2002 et 2003 avec les mêmes méthodes analytiques.

• Choix des paramètres et fréquence d'échantillonnage

Les paramètres retenus comme étant pertinents pour l'appréciation du niveau global de contamination de l'estuaire de l'Adour sont ceux régulièrement dosés dans les coquillages par le programme RNO (annexe 2), auxquels ont été ajoutés le chrome total et les butylétains (MBT, DBT, TBT).

Comme en 2001 et 2002, les prélèvements pour analyses chimiques ont été effectués chaque trimestre pendant les mois de mars, juin, août et novembre.

• Méthodes de prélèvement et d'analyse

Les coquillages sont prélevés par la CQEL 64 et l'Ifremer conformément à la procédure détaillée dans le chapitre 3 du document de prescription RNO intitulé « Description des opérations du RNO "matière vivante" relevant des laboratoires côtiers de la DEL » (annexe 3).

La réception, l'épuration, la préparation des coquillages et leur expédition vers les laboratoires sous-traitants sont décrits dans la procédure RNO (annexe 4).

L'évaluation de la contamination en métaux, hydrocarbures polycycliques, pesticides organochlorés et PCB est sous-traitée au Laboratoire Municipal et Régional d'analyses de Rouen (LMRR), partenaire du RNO, et agréé par le ministère Chargé de la Santé et le ministère de l'Écologie et du Développement Durable (MEDD) pour l'analyse des eaux ou des sédiments.

Les teneurs en contaminants sont obtenues après lyophilisation des échantillons.

La mise en solution des métaux sur le résidu sec est réalisée de la manière suivante :

Cr : minéralisation d'une prise d'essai par un mélange acide nitrique/acide perchlorique/acide sulfurique à chaud.

Pb, Cd, Zn, Cu : minéralisation d'une prise d'essai par de l'acide nitrique à chaud.

Hg : minéralisation d'une prise d'essai par un mélange acide nitrique/acide chlorhydrique.

A la suite de la mise en solution des métaux, les techniques de dosages utilisées sont les suivantes :

Hg : technique des vapeurs froides.

Cd, Cu, Pb, Cr : spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique et correction ZEEMAN.

Zn : spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme.

Le dosage des hydrocarbures polycycliques (HAP) est réalisé sur un extrait obtenu par extraction préalable à chaud sous pression (ASE) à l'aide d'un solvant hexane-acétone puis purifié avant analyse sur colonne de silice et d'alumine basique. La teneur

en HAP est ensuite dosée par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse. Le seuil de détection obtenu avec cette technique est égal à 1 µg/kg de poids sec.

L'analyse des pesticides organochlorés, du DDT et des congénères PCB est effectuée sur un extrait ayant subi le traitement préalable ASE et purifié sur colonne de fluorisil puis à l'acide sulfurique. La mesure est réalisée par chromatographie en phase gazeuse et détecteur à capture d'électron. Le seuil analytique est égal à 1 µg/kg de poids sec.

Le dosage des butylétains (MBT, DBT, TBT) est réalisé par le laboratoire de chimie analytique « Ultra Traces Analyses Aquitaine » (UT2A) de l'Université de Pau par chromatographie phase gazeuse et spectrométrie d'émission atomique au seuil analytique de 10ng/g de poids sec.



3. Résultats

En préambule à ce chapitre, il nous a paru important d'apporter quelques informations sur la notion de « bio-intégrateur » de contamination. Ces éléments sont avant tout destinés à faciliter la lecture du document et la compréhension des interprétations formulées.

Aujourd'hui, les processus d'accumulation de contaminants dans la chaîne trophique sont largement étudiés par les biologistes et les chimistes. L'utilisation d'organismes vivants intégrateurs de pollution dans les réseaux de surveillance environnementale, patrimoniaux ou locaux est une application directe et concrète de ces connaissances. La pertinence de cette approche pour évaluer le niveau global de contamination d'un écosystème et son évolution temporelle a été maintes fois démontrée au niveau national (RNO) ou international (National Mussel Watch aux Etas-Unis).

Les mollusques bivalves très largement utilisés constituent une matrice facile à manipuler au laboratoire. En outre, grâce au phénomène de ventilation branchiale (Fig. 2), ils ont tendance à concentrer les polluants ce qui a pour effet d'amplifier le signal de contamination du milieu. Une altération du milieu peut ainsi être perçue avant qu'elle ne devienne irréversible.

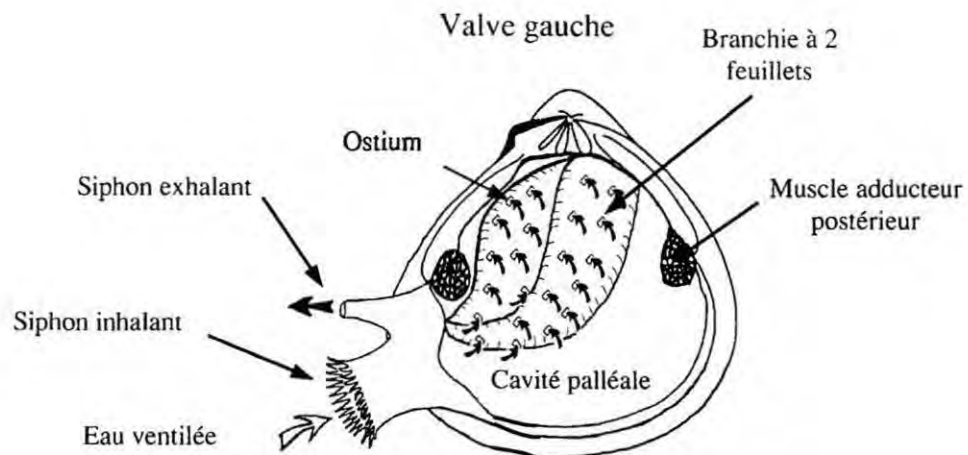


Fig. 2 : Trajet du circuit d'eau ventilé par les branchies de *Corbicula fluminea*.
D'après Britton et Morton (1982)

Certaines stratégies de surveillance reposent sur l'utilisation de populations indigènes sauvages ou cultivées, d'autres ont recours à des transplants d'individus provenant de sites de référence exempts de contamination.

Il est à noter que pour les contaminants métalliques ou organiques le phénomène de bioaccumulation fonctionne à l'échelle de quelques mois ce qui permet de s'affranchir des fluctuations rapides observables sur les masses d'eau. Ainsi, après plusieurs mois on considère que le niveau mesuré dans les organismes intégrateurs, est le reflet de l'état chronique du milieu.

En ce qui concerne les contaminants microbiologiques, le phénomène de bioaccumulation, mais aussi de décontamination, est beaucoup plus rapide et dépend des micro-organismes concernés. Pour *E. coli*, cette durée peut varier de quelques dizaines d'heures à quelques jours. Les résultats obtenus renseignent donc plutôt sur le niveau moyen de contamination bactérienne existant le jour du prélèvement. En conséquence, les stratégies utilisées en bactériologie comporteront des fréquences d'échantillonnages beaucoup plus rapprochées, le plus souvent mensuelles.

Lors de l'interprétation des résultats « matière vivante », il faut avoir présent à l'esprit que certains paramètres physiologiques comme la maturation, la croissance ou l'amaigrissement peuvent brouiller la lecture des résultats. Ainsi, en période de maturation physiologique, les contaminants organiques lipophiles tels que les PCB, les pesticides ou encore les butylétains sont adsorbés en plus grande quantité sur la chair des mollusques qui présente alors une teneur relative en constituants lipidiques plus forte. Ceci se traduit souvent par des contaminations, par ces composés, plus élevées au printemps et en été qu'en automne et en hiver. A l'inverse, les métaux qui n'ont pas d'affinité pour les graisses présenteront des teneurs plus basses au cours de cette période.

Ainsi, l'expérience acquise sur l'approche « bio monitoring », notamment au travers du RNO depuis 1970, favorise les stratégies semestrielles à long terme avec absence d'échantillonnage durant les périodes de maturation et de ponte.

Le volet « matière vivante » de l'étude préliminaire mise en oeuvre au cours des années 2001 à 2003 sur l'estuaire de l'Adour repose intégralement sur la notion d'organisme intégrateur de pollution décrite ci-dessus.

A l'issue des trois années de suivi, le nombre d'échantillons analysés par point peut être considéré comme assez représentatif (12 échantillons pour la chimie et 34 pour la bactériologie). Il permettra de tester des méthodes de traitement statistique réservées aux séries longues. Toutefois, à ce niveau de l'étude, il est nécessaire de rappeler une nouvelle fois que les résultats ne sont pas encore assez nombreux pour affiner les analyses de tendance temporelle qui nécessitent des séries chronologiques comportant des valeurs régulièrement acquises durant une dizaine d'années.

3.1. Conditions météorologiques et hydrologiques

Dans le rapport précédent (Trut *et al.*, 2003), nous avons caractérisé l'année 2001 par un hiver et un printemps plutôt pluvieux tandis que l'été et l'automne avaient été secs avec de faibles précipitations relevées au cours des cinq derniers mois. En particulier, le cumul en décembre 2001 (36,6 mm) était nettement inférieur à la valeur minimale (64,2 mm) observée sur 25 ans (1954 – 1980).

L'année 2002 (Fig. 3) se rapproche plus d'une année standard. Si les quatre premiers mois sont déficitaires en précipitations, le mois de mai plutôt pluvieux est suivi d'une période (juin et juillet) conforme aux précipitations moyennes pour la région. Le mois d'août est caractérisé par un cumul assez nettement supérieur à la valeur standard, immédiatement compensé par un mois de septembre sec. Le dernier trimestre 2002 présente un niveau de précipitations normal, très proche de la valeur moyenne calculée sur 25 ans.

Cette période assez standard est suivi par un premier trimestre 2003 légèrement excédentaire en précipitations et, excepté le mois d'octobre, les trois derniers trimestres apparaissent plutôt déficitaires. L'année 2003 correspond donc plutôt à une situation encore différente de celles observées en 2001 et 2002. Elle est caractérisée par un hiver pluvieux suivi d'un printemps et d'un été secs puis s'achève par des précipitations automnales moyennes pour la région.

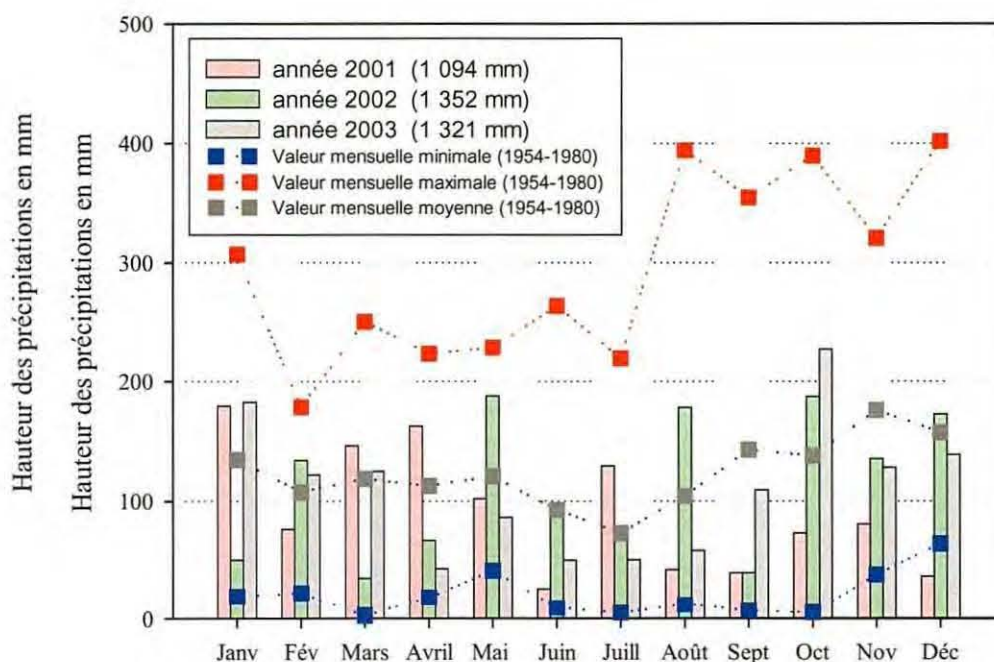


Fig. 3 : Précipitations mensuelles moyennes, minimales et maximales sur 25 ans (calculées pour la période 1954 à 1980) et précipitations mensuelles des années 2001, 2002 et 2003.

Les débits journaliers de l'Adour à Urt (Fig. 4) ont pu être reconstitués pour la totalité de la période de l'étude (2001-2003) grâce à la collaboration de la DIREN Midi-Pyrénées.

Ils ont été calculés par addition des débits journaliers de l'Adour à Saint Vincent de Paul, du Luy à Saint Pandelon, du gave de Pau au pont de Berenx et du gave d'Oloron à Escos. En outre, l'observation de la vitesse de propagation d'un pic de crue a permis d'estimer à environ une journée le temps pour que les eaux se déplacent de Saint Vincent de Paul et Urt (source DIREN Aquitaine). Cette information sera prise en considération lors des recherches de corrélations entre la contamination d'un point et le débit du fleuve.

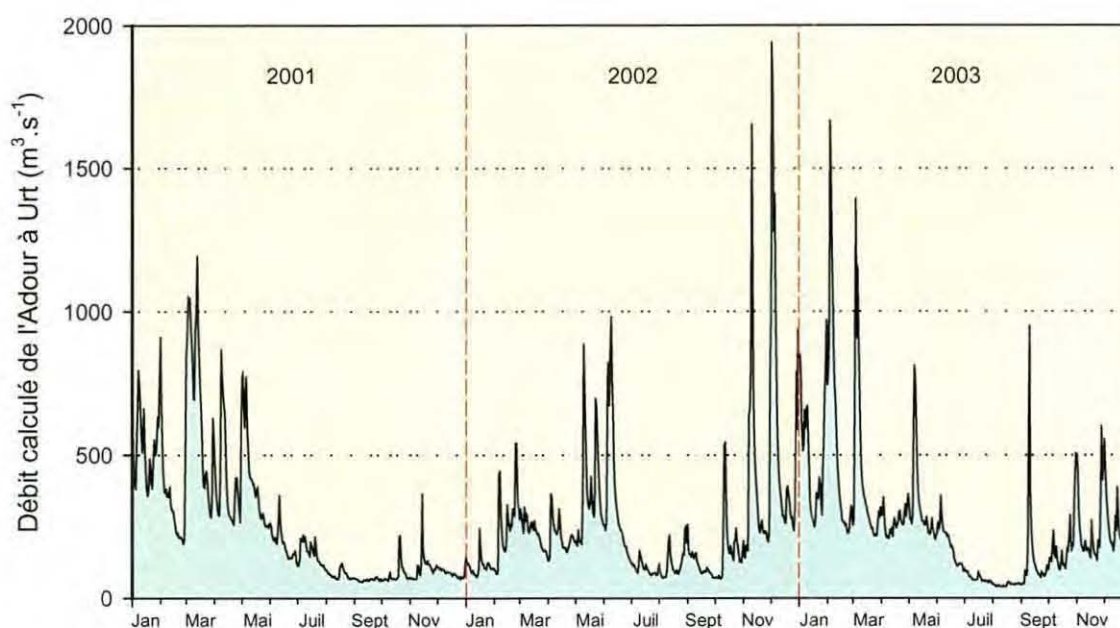


Fig. 4 : Débits calculés de l'Adour à Urt.

En relation avec les précipitations observées en 2001 et 2002, les mois de mars et avril diffèrent nettement entre les deux années avec un débit élevé en 2001 et faible en 2002. Les mois de mai sont comparables tandis que juin présente une nouvelle opposition avec de faibles valeurs en 2001 et de forts débits en 2002. De juillet à décembre 2001, le fleuve conserve son niveau d'étiage. En 2002, la période d'étiage est plus restreinte (juillet à septembre) et l'on note de forts pics de crues en novembre et décembre. L'année 2003 présente un premier semestre caractérisé par un fort débit moyen du fleuve, comparable à la situation 2001, et un second semestre au cours duquel les débits ont atteint des valeurs intermédiaires entre celles très basses de 2001 et celles très fortes de 2002.

Pour l'analyse des données, il est intéressant que les périodes étudiées aient été différentes sur le plan météorologique. L'année 2001 a été anormalement sèche au cours des 6 derniers mois, 2002 apparaît plutôt comme une année climatologique relativement standard avec crue automnale tandis que 2003 est aussi une année assez standard mais avec crue printanière.



3.2. Résultats du suivi bactériologique

En 2003, 12 échantillons ont pu être collectés sur chaque point de prélèvement. L'interprétation des résultats des stations Adour Marégraphe (A1), ZI Tarnos (T25), Quai Edmond Foy (B8) et Adour Amont (BB30) portera donc sur 34 échantillons (11 échantillons par station en 2001 et 2002) par point de prélèvement au cours de la période 2001-2003. Le traitement des données issues de la station Quai du Bazet, créée en 2002, en remplacement de la station Ruisseau du Moulin Desbouc (B22) portera sur 23 échantillons (11 en 2002 et 12 en 2003).

Toutes les valeurs de concentration en *E. coli* sont transformées en logarithme base 10 afin de satisfaire les tests de normalité et d'égalité des variances lors des analyses statistiques.

3.2.1. Contamination par *Escherichia coli*

3.2.1.1. Amplitude et évolution des niveaux de contamination

La distribution des valeurs de contamination des huîtres par station de prélèvement (Fig. 5), nous indique que :

- ✓ Les deux points centraux de la zone d'étude (Quai Edmond Foy (B8) et Quai du Bazet) sont fortement contaminés avec un nombre d'*E. coli*, par 100 g de chair et de liquide inter valvaire (CLI) d'huîtres, le plus souvent supérieur à 10^4 .
- ✓ Les trois autres secteurs (Adour Marégraphe (A1), ZI de Tarnos (T25) et Adour Amont (BB30)), bien qu'également très contaminés, présentent presque toujours des valeurs inférieures à 10^4 *E. coli* / 100 g CLI.

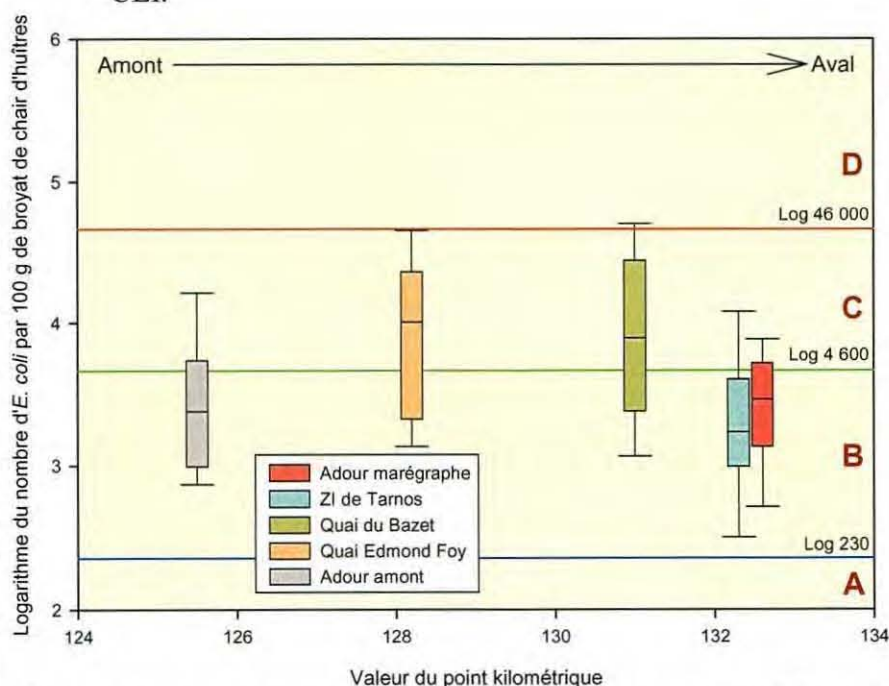


Fig. 5 : Distribution statistique de la contamination par station échantillonnée (années 2001 à 2003).

Une analyse de variance à un facteur (point de prélèvement), réalisée sur l'ensemble des mesures de concentration en *E.coli* durant les trois années d'étude, confirme ces observations. En effet, les contaminations moyennes mesurées sur les cinq stations apparaissent statistiquement différentes au seuil 5 %. Le test de comparaison des moyennes 2 à 2 (Tab. 1) indique des dissemblances entre les points suivants :

- ✓ Quai Edmond Foy (B8) et ZI de Tarnos (T25)
- ✓ Quai Edmond Foy (B8) et Adour Marégraphie (A1)
- ✓ Quai Edmond Foy (B8) et Adour Amont (BB30)
- ✓ Quai du Bazet et ZI de Tarnos (T25).
- ✓ Quai du Bazet et Adour Marégraphie (A1)

Comparaison	Différence de moyennes	P	P
Quai Edmond Foy (B8) / ZI Tarnos (T25)	0.643	<0.001	***
Quai Edmond Foy (B8) / Adour Marégraphie (A1)	0.505	0.001	***
Quai Edmond Foy (B8) / Adour Amont (BB30)	0.427	0.013	**
Quai Edmond Foy (B8) / Quai du Bazet	0.0226	1.000	Non
Quai du Bazet / ZI Tarnos (T25)	0.621	<0.001	***
Quai du Bazet / Adour Marégraphie (A1)	0.482	0.010	**
Quai du Bazet / Adour Amont (BB30)	0.404	0.052	NS
Adour Amont (BB30) / ZI Tarnos (T25)	0.217	0.487	NS
Adour Amont (BB30) / Adour Marégraphie (A1)	0.0781	0.978	NS
Adour Marégraphie (A1) / ZI Tarnos (T25)	0.139	0.836	NS

Tab. 1 : Test de Tukey entre les 5 points du suivi Adour matière vivante, calculée sur le paramètre contamination *E. coli* (2001, 2002 et 2003).

(n = nombre d'observations et p= ** significatif à 0.05 et p = *** significatif à 0.001)
(p= NS test non significatif)

En outre, les tests de comparaison de moyennes des dénombrements d'*E. coli* (2001 à 2003) effectués sur plusieurs groupes de stations constitués par rapport au niveau NPP mesuré sur le secteur, indiquent que :

- ✓ les moyennes des niveaux de contamination entre les groupes de points de prélèvements {Adour Maregraphie (A1) + ZI de Tarnos (T25)} et {Quai du Bazet +.Quai Edmond Foy (B8)} sont différentes,
- ✓ les moyennes des niveaux de contamination entre les groupes de points de prélèvements {Adour Maregraphie (A1) + ZI de Tarnos (T25) + Adour Amont (BB30)} et {Quai du Bazet +.Quai Edmond Foy (B8)} sont également statistiquement dissemblables au seuil 5 %.

La distribution des résultats bactériologiques par point et par année (Fig. 6) montre de façon nette, une dispersion plus importante des concentrations en *E.coli* en 2002 par rapport à 2001 et 2003.

La médiane qui, pour une série de données, représente le seuil au dessus et en dessous duquel se répartissent 50 % des mesures, est légèrement inférieure en 2003 par rapport à 2002, pour 3 points sur 4 (Adour Amont (BB30), Quai Edmond Foy (B8), Quai du Bazet et Adour marégraphe (A1)). De même, la médiane des valeurs de contamination en 2003 est inférieure à celle de 2001 pour 4 stations (Adour Amont (BB30), Quai Edmond Foy (B8), ZI de Tarnos (T25) et Adour marégraphe (A1))

Notons également que la majorité des valeurs de contamination mesurées sur les échantillons de la station «Adour amont» (BB30) sont plus élevés en 2002 qu'en 2001 et 2003 avec une valeur maximale qui atteint $5,17 \cdot 10^5$ *E. coli*/100 g en septembre 2002, en période d'été.

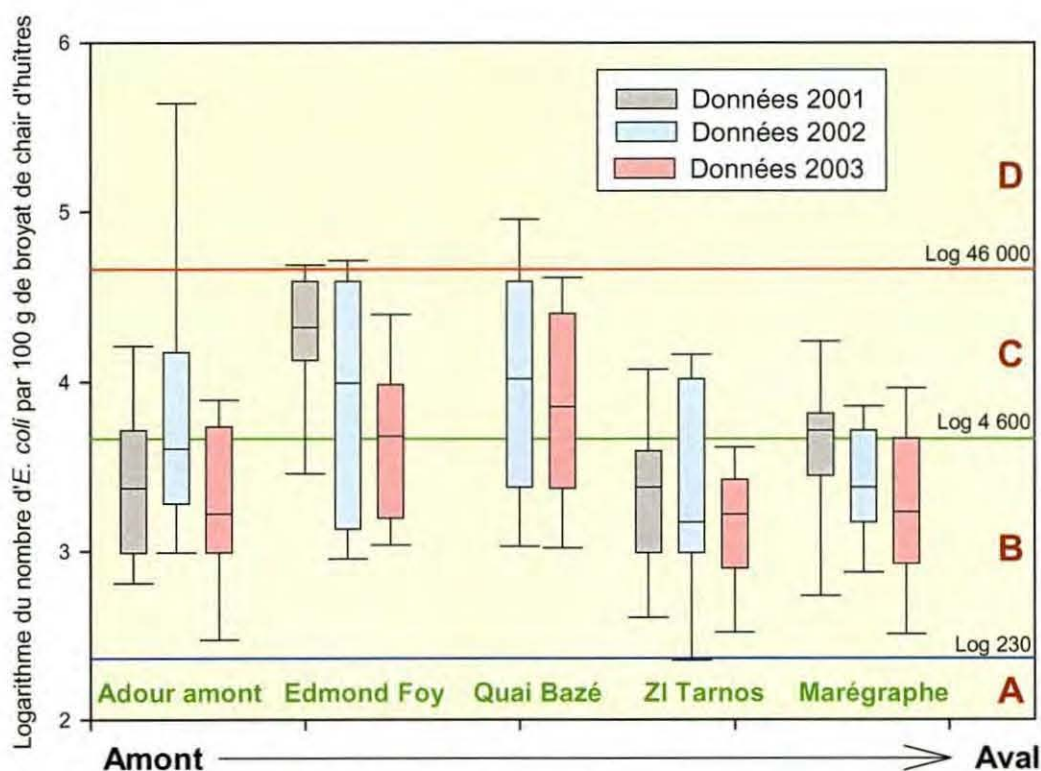


Fig. 6 : Distribution statistique de la contamination *E. coli*, par point échantillonné et par année.

Afin de vérifier si la légère décroissance de la contamination bactériologique des coquillages dans les différentes stations entre 2001 et 2003 est significative, une analyse de variance à un facteur (année) a été réalisée pour chaque point de prélèvement. Les résultats nous montrent que :

- ✓ les niveaux de contamination dans les stations Adour Marégraphe (A1), ZI de Tarnos (T25) et Adour Amont (BB30) sont restés stables entre 2001 et 2003,
- ✓ la contamination des huîtres par *E. coli*, au point Quai du Bazet, est comparable en 2002 et 2003 (ce point a été échantillonné à partir de 2002, en remplacement du point Ruisseau du Moulin Desbouc (B22)) ,
- ✓ les séries de mesures de contamination bactériologique au point Quai Edmond Foy (B8) en 2001 et 2003 sont significativement différentes. En effet, les valeurs observées en 2003 sont plus faibles que celles de 2001.

Sur les figures 5 et 6, nous avons fait apparaître les classes de salubrité applicables (A à D) aux zones de production conchylicole (annexe 5). En effet, bien que les gisements de l'Adour, interdits à l'exploitation professionnelle et à la pêche récréative, ne soient pas du tout concernés par cette réglementation, ces seuils nous paraissent être d'intéressants repères. Ils permettent au moins de confirmer le bien fondé de cette interdiction pour le paramètre *Escherichia coli*.

Afin de définir de manière plus fine les éventuelles relations entre les niveaux de contamination et leur évolution synchrone sur les différents points de prélèvement, 2 matrices de corrélation ont été calculées à partir des échantillons mesurés :

- ✓ Sur les 5 points de prélèvements, en 2002 et 2003 (Tab. 2).
- ✓ Sur 4 stations (A1, T25, B8 et BB30), durant les trois années de l'étude (Tab.3).

	ZI Tarnos	Quai du Bazet	Quai Edmond Foy	Adour amont
Marégraphe	0.462	0.342	0.253	0.175
p	**	NS	NS	NS
n	33	23	33	32
ZI Tarnos		-0.0908	-0.0508	-0.0252
p		NS	NS	NS
n		23	34	33
Quai Bazet			0.669	0.383
p			***	0.0717
n			23	23
Edmond Foy				0.363
p				**
n				33

Tab. 2 : Matrice de corrélations entre les 5 points du suivi Adour matière vivante, calculée sur le paramètre contamination *E. coli* (2002 et 2003).
 (n = nombre d'observations et p= ** significatif à 0.05 et p = *** significatif à 0.001)
 (p= NS test non significatif).

	ZI Tarnos	Edmond Foy	Adour amont
Adour marégraphe	0.526	0.299	0.0860
p	**	NS	NS
n	34	34	33
ZI Tarnos		0.0508	-0.0252
p		NS	NS
n		34	33
Quai Edmond Foy			0.363
p			**
n			33

Tab. 3 : Matrice de corrélations entre 4 points du suivi Adour matière vivante, calculée sur le paramètre contamination *E. coli* (2001 à 2003).
 (n = nombre d'observations et p= ** significatif à 0.05 et p = *** significatif à 0.001)
 (p= NS test non significatif)

Ces 2 tests indiquent l'existence de relations significatives de l'évolution synchrone de la contamination bactérienne des coquillages prélevés dans les stations suivantes :

- ✓ Adour Marégraphe (A1) et ZI de Tarnos. Les concentrations en *E. coli* y évoluent de façon synchrone (corrélation positive).
- ✓ Quai du Bazet et Quai Edmond Foy (B8). La contamination évolue également de la même façon (corrélation positive) dans les huîtres prélevées sur ces 2 points.
- ✓ Quai Edmond Foy (B8) et Adour Amont (BB30). Corrélation positive entre ces deux points, statistiquement vérifiée, mais bien moins marquée que les 2 précédentes.

L'ensemble des résultats statistiques (comparaison de moyenne et matrice de corrélation) permet de regrouper les données des stations en trois classes :

- ✓ la classe «Adour Embouchure» associant les échantillons prélevés aux points Adour marégraphe (A1) et ZI de Tarnos (T25) ;
- ✓ la classe « Adour Centre » constituée des points Quai du Bazet et Quai Edmond Foy (B8) ;
- ✓ la classe «Adour Amont» dans laquelle figurent les échantillons prélevés au point Adour Amont (BB30).

3.2.1.2. Comparaison avec les résultats de suivis antérieurs

La comparaison entre les dénombrements d'*Escherichia coli* obtenus entre 1989 et 1993, dans le cadre du Réseau national de surveillance Microbiologique (REMI) et ceux mesurés entre 2001 et 2003 sur le même gisement (Adour Marégraphe (A1)) avec une méthode d'analyse identique (NPP : Nombre le Plus Probable), indique que les niveaux de contamination actuels sont inférieurs à ceux mesurés au début des années 1990 (Fig. 7). En effet, les médianes et les moyennes 2001 à 2003 sont légèrement inférieures à celles des années 1989 à 1993.

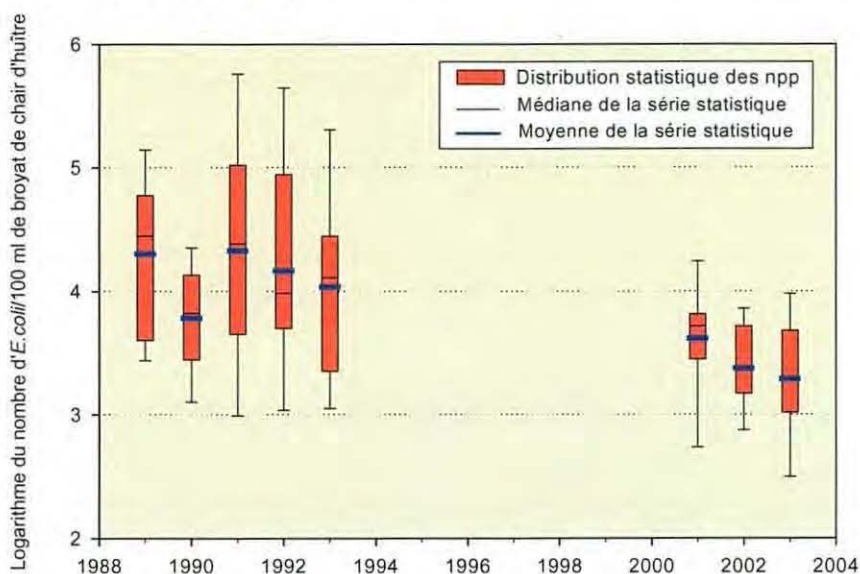


Fig. 7 : Distribution de la concentration en *E. coli* dans les huîtres prélevées au point Adour Marégraphe (A1) de 1989 à 1993 (REMI) et entre 2001 et 2003 (présente étude).

Un test de comparaison des moyennes de contamination par *E. coli* des huîtres prélevées sur la station Adour Marégraphe (A1) entre les périodes 1989-1993 et 2001-2003 confirme ces observations. Les concentrations bactériologiques moyennes des coquillages filtreurs sont statistiquement différentes durant les 2 périodes étudiées.

A ce niveau de la comparaison, il nous semble important de rappeler que les organismes indicateurs biologiques, tels que *Crassostrea gigas*, intègrent la contamination bactérienne contenue dans l'eau qui les baigne. En conséquence, en un point donné, ces indicateurs ne pourront traduire une évolution des flux que si la dynamique locale de dilution/dispersion est strictement identique au cours des périodes considérées. Dans ce cas, l'augmentation ou la diminution des flux induira directement une élévation ou une baisse des concentrations dans l'eau, mesurées sur zone.

Les résultats présentés sur la figure 7 permettent seulement d'affirmer que la contamination des masses d'eau au droit du point «Adour marégraphe» a diminué au cours des dix dernières années. Ceci ne donne aucune information relative à l'évolution dans le temps des flux de bactéries déversés dans l'Adour et par l'Adour, cette amélioration pouvant résulter soit d'une modification de la dynamique de l'embouchure (dragage, remodelage) favorable à la dispersion donc à la dilution des apports, soit d'une diminution des apports issus du bassin versant ou des apports locaux. Seule l'évaluation

périodique et pérenne de ces flux rejetés dans le fleuve, et par le fleuve, pourrait apporter des éléments de réponse à ce sujet.

3.2.1.3. Effet des paramètres météorologiques et hydrologiques

D'autres traitements statistiques ont été mis en œuvre afin de déterminer dans quelle mesure les conditions climatiques et hydrologiques du bassin versant Adour pouvaient avoir un impact sur les concentrations en *E. coli* des huîtres des différentes stations de prélèvement.

Aucune corrélation linéaire entre la contamination bactériologique et le cumul de précipitations mesuré le jour du prélèvement, noté J, ou les jours (J et (J-1)) n'a pu être mise en évidence (Tab. 4) pour les stations de prélèvement Adour Marégraphe (A1), ZI de Tarnos (T25), Quai Edmond Foy (B8) et Adour Amont (BB30). Par contre, une corrélation positive pour la zone Quai du Bazet indique que les concentrations bactériennes et la somme des précipitations mesurées à [J et (J-1)] varient dans le même sens (Tab. 4). L'impact des précipitations sur la contamination par *E. coli* des huîtres prélevées à la station Quai du Bazet pourrait être expliqué par la présence du rejet de la STEP de Tarnos, situé à 300 m en amont du point de prélèvement. En effet, cet émissaire rejette dans l'Adour les eaux traitées par la station mais également une partie des eaux pluviales de l'agglomération.

	Pluie à J	Pluie J+(J-1)
Adour marégraphe	-0.0807	0.0168
p	NS	NS
n	34	34
ZI Tarnos	0.120	0.335
p	NS	NS
n	34	34
Quai du Bazet	0.199	0.502
p	NS	**
n	25	25
Quai Edmond Foy	-0.0617	0.113
p	NS	NS
n	34	34
Adour amont	-0.107	-0.104
p	NS	NS
n	33	33

Tab. 4 : Matrice de corrélations contamination par *E. coli* / pluviométrie mesurée à J et J+(J-1), sur les 5 stations de prélèvement (2001 à 2003)

(n = nombre d'observations et p= ** significatif à 0.05 et p = *** significatif à 0.001)

(p= NS test non significatif)

La figure 8 représente les contaminations bactériologiques mesurées pour les 3 groupes définis au paragraphe 2.2.1.1 ainsi que le débit de l'Adour reconstitué à Urt.

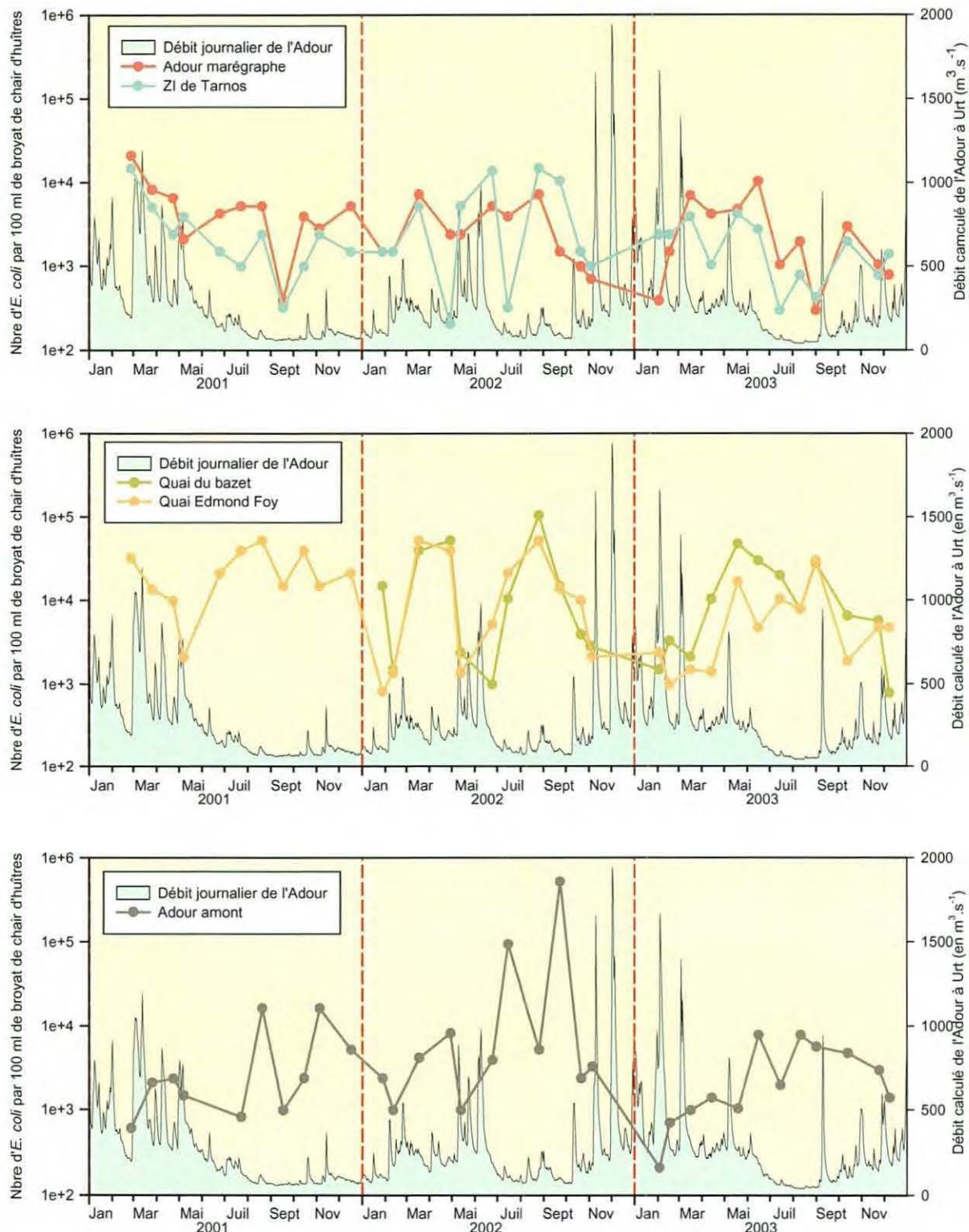


Fig. 8 : Evolution des dénombrements en *E. coli* et des débits moyens journaliers à Urt (2001 à 2003).

L'observation de ces données (Fig. 8) confirme la tendance mise en évidence en 2001 et 2002. La contamination maximale concerne le centre de la zone d'étude (Quai Edmond Foy (B8), Quai du Bazet). Sur le secteur Adour amont (BB30), les contaminations atteignent ponctuellement de fortes valeurs. Les résultats les plus faibles sont mesurés au niveau de l'embouchure (Adour marégraphe (A1) et ZI de Tarnos (T25)) qui représente la partie de l'estuaire où la dilution avec les eaux océaniques peu ou pas contaminées est la plus importante.

Aux points Quai du Bazet, Quai Edmond Foy (B8) et Adour Amont (BB30), la superposition des courbes d'évolution des contaminations et des débits journaliers de l'Adour à Urt (Fig. 8) semble indiquer une relation inverse entre ces deux paramètres. Cette observation nous a donc conduit à étudier les corrélations entre les contaminations bactériologiques et le débit du fleuve (Tab. 5) pour l'ensemble des stations échantillonnées.

	J	J et (J-1)	S	M
Adour marégraphe	0.200	0.211	0.197	0.101
p	NS	NS	NS	NS
n	34	34	34	34
ZI Tarnos	0.296	0.320	0.327	0.394
p	NS	NS	NS	**
n	34	34	34	34
Quai du Bazet	-0.355	-0.368	-0.480	-0.578
p	NS	NS	**	**
n	23	23	23	23
Quai Edmond Foy	-0.389	-0.400	-0.463	-0.442
p	**	**	**	NS
n	34	34	34	34
Adour amont	-0.493	-0.485	-0.520	-0.510
p	**	**	**	**
n	33	33	33	33

Tab. 5 : Matrice de corrélations contamination par *E. coli* / débit mesuré à J, J et (J-1), S et M, pour les 5 stations, de 2001 et 2003

J = débit journalier, S = débit moyen hebdomadaire, M = débit moyen mensuel,

J et (J-1) = somme des débits moyens journaliers des jours J et (J-1)

(n = nombre d'observations et p= ** significatif à 0.05 et p = *** significatif à 0.001)

(p= NS test non significatif)

L'existence d'une corrélation négative (évolution inverse) entre les niveaux de contamination et le débit mesuré à J, J et (J-1), S et M est prouvée pour les stations Quai Edmond Foy (B8) et Adour Amont (BB30). Pour le point Quai du Bazet, une relation négative est également mise en évidence entre la contamination des coquillages filtreurs et les débits moyens hebdomadaires (S) et mensuels (M). Enfin, ce test montre une corrélation positive (évolution dans le même sens) au point ZI de Tarnos (T25) entre le facteur *Escherichia* et le débit moyen mensuel M.



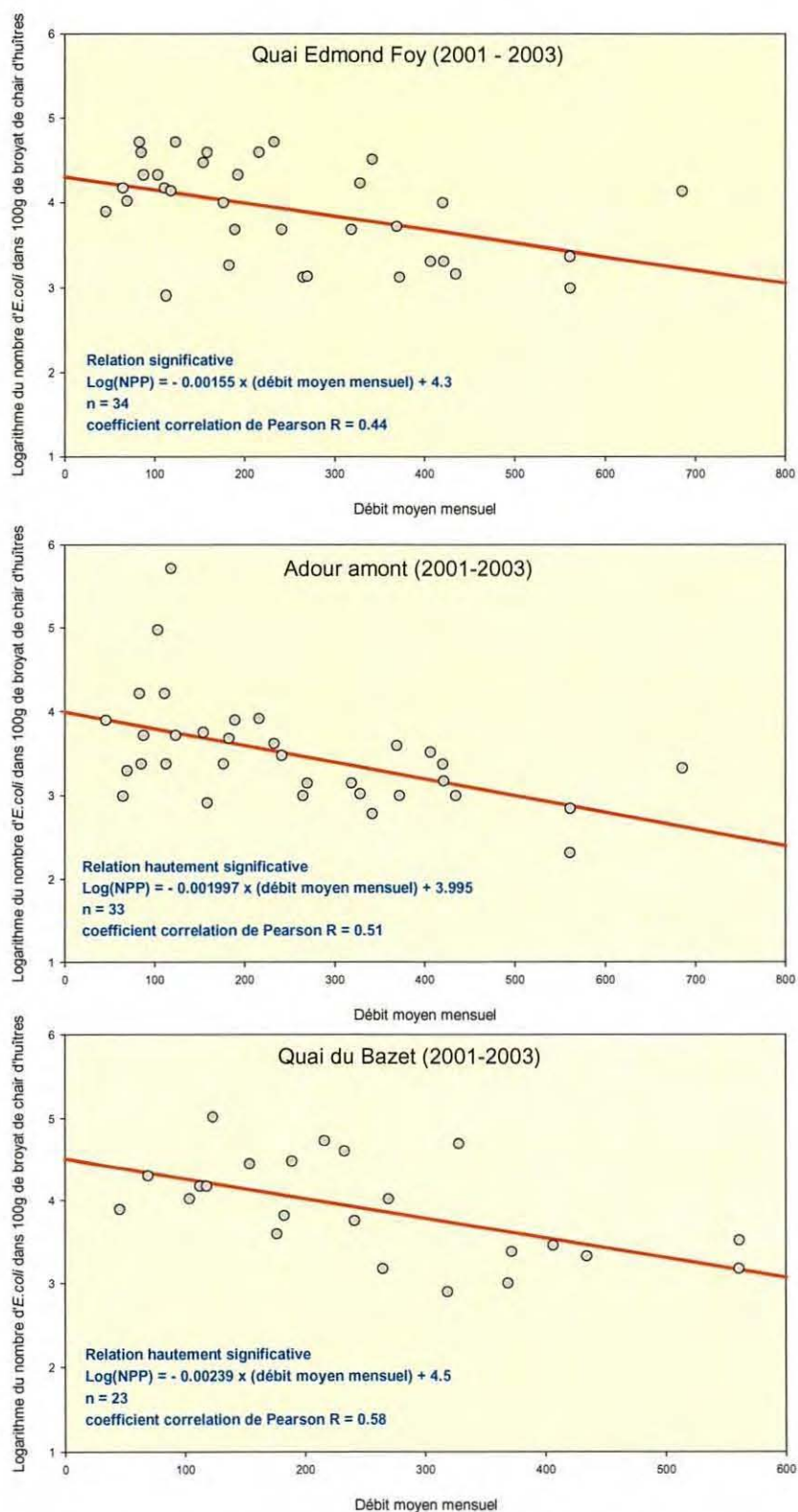


Fig. 9 : Régressions linéaires entre le logarithme base 10 de la valeur NPP *E. coli* et le débit moyen mensuel du fleuve aux points Quai Edmond Foy, Quai du Bazet et Adour amont.

Cette relation négative entre contamination bactérienne et débit moyen mensuel du fleuve semble présenter un aspect saisonnier. En effet, les concentrations maximales en *E. coli* sont mesurées durant l'été. Or la saison estivale associe débit d'étiage du fleuve et augmentation de la pression anthropique exercée par les agglomérations sur le milieu récepteur (augmentation de la population l'été). Au contraire, la contamination des huîtres semble minimale en automne et en hiver lorsque les débits mesurés sont plus élevés. Ces débits élevés favorisent à la fois la dynamique d'expulsion en mer des eaux de l'estuaire et la dilution des bactéries (SEAMER, 2001), et sont combinés à une pression urbaine plus faible.

Cette corrélation, fortement marquée (Fig. 9) sur les stations de prélèvement amont (Adour Amont (BB30), Quai Edmond Foy (B8) et Quai du Bazet), n'apparaît pas au niveau de l'estuaire aval de l'Adour (Adour Marégraphe (A1) et ZI Tarnos (T25)). D'autres paramètres tels que l'amplitude de la marée ou la salinité influent sans doute aussi sur l'évolution de la contamination bactérienne du milieu dans cette zone de l'estuaire.

3.2.2. Contamination par *Salmonella sp.*

En 2003 comme en 2002, pour les 5 points échantillonnés, la présence de salmonelles a été recherchée chaque mois, contrairement à l'année 2001 où les prélèvements n'étaient que trimestriels. Sur 60 prélèvements effectués en 2003, 12 échantillons ont été détectés positifs (Fig. 10). En 2002, les cinq stations étaient concernées par la présence dans les huîtres de cette entérobactérie. En 2003, la station ZI Tarnos (T25) échappe à la contamination par *Salmonella spp.*

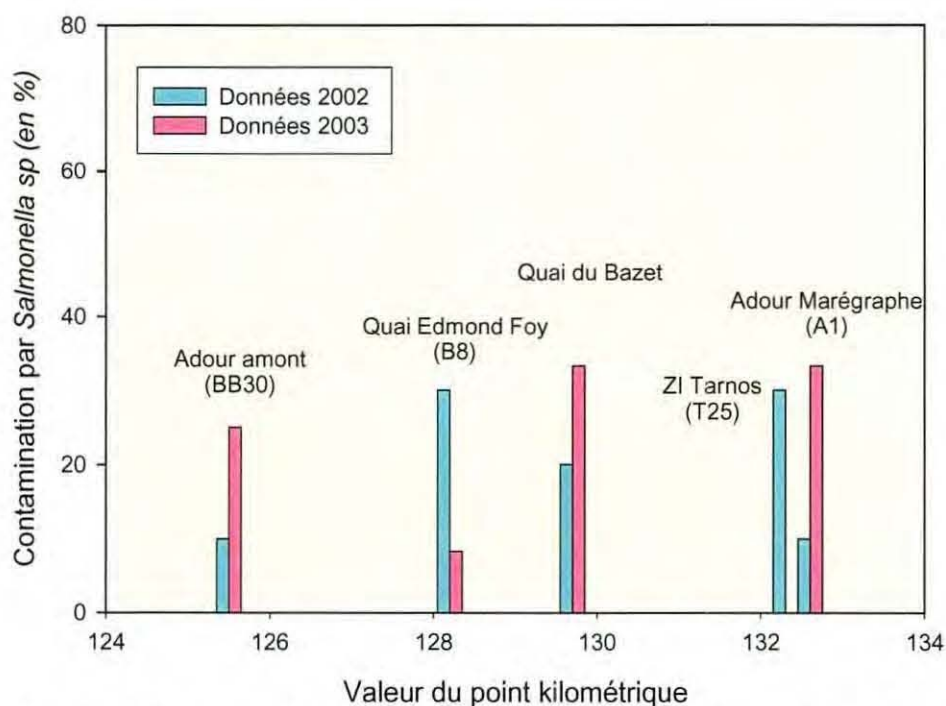


Fig. 10 : Pourcentage de présence de salmonelles dans les huîtres de l'Adour, sur les 5 stations de prélèvement, en 2002 et 2003

Rang	Sérovar	Nombre	Pourcentage
1	Typhimurium	5	41,7
2	Agona	3	25,0
3	Indiana	1	8,3
4	Kisangani	1	8,3
5	Tilburg	1	8,3
6	8,20 : - : - (immobile)	1	8,3
	Total	12	100

Tab. 6 : Répartition des souches de *Salmonella sp.* isolées en 2003 en fonction de leur sérovar

Le sérotypage des souches isolées en 2003 dans les huîtres de l'Adour (Tab. 6), réalisé par le Centre National de Référence des salmonelles de l'Institut Pasteur de Paris, nous indique qu'elles appartiennent toutes à la même espèce (*Salmonella enterica ssp enterica*), comme en 2001 et 2002.

Malgré le très faible nombre d'isolats détectés dans les coquillages filtreurs, la prépondérance du sérotype Typhimurium reflète bien la forte proportion de ce sérovar parmi les salmonelles isolées chez l'homme (Tab. 6). En effet, le rapport d'activité de 1999 du Centre National de Référence des Salmonelles (Institut Pasteur) souligne l'importance quantitative de *S. typhimurium* qui représente 32% des **salmonelles isolées chez l'homme**.

Rang	Sérovar	Nombre	Pourcentage
1	Enteritidis	4 579	33
2	Typhimurium	4 386	32
3	Hadar	880	6
4	Virchow	376	2
5	Heidelberg	298	2
6	Infantis	283	2
7	Newport	186	1
8	Derby	163	1
9	Bradenburg	161	1
10	Typhi	145	1
11	Bovismorbificans	109	<1
12	Dublin	103	<1
13	Saintpaul	86	<1
14	Bredeney	9	<1
15	Anatum	78	<1
	Total	11 912	100

Tab. 7 : Répartition des principaux sérotypes de Salmonella enregistrés au Centre National de Référence des salmonelles (Institut Pasteur) en 1999.

Les sérovars Typhimurium, Agona, Indiana et Tilburg ont déjà été **détectés dans les eaux récréatives** des côtes méditerranéennes espagnoles (Polo, 1999) et atlantiques portugaises (Catalao Dionisio, 2000). Ces mêmes sérovars ont également été trouvés dans **les eaux de rivière** comme la Tech (Pyrénées orientales), située sur la côte méditerranéenne et se jetant dans la baie d'Argeles (Baudart, 2000).

La souche 8,20 : - : - est un cas particulier. Cet isolat est immobile contrairement à la très grande majorité des bactéries appartenant au genre *Salmonella*. Lors de la détermination du sérovar, aucun antigène flagellaire, localisé sur le flagelle (organe de locomotion), n'a pu être détecté. Cette absence de flagelles et donc d'antigènes flagellaires (notée - : -) est probablement la cause d'une mutation d'un gène codant pour une protéine intervenant dans la formation du flagelle.

L'identité des souches recueillies dans l'Adour ne permet pas de préjuger de leur origine (industries agroalimentaires, stations d'épuration...) mais bien entendu confirme l'interdiction de consommation des huîtres sauvages dans lesquelles elles ont été détectées.

3.3. Micro-polluants chimiques

Comparée aux mesures effectuées sur la colonne d'eau, l'analyse des contaminants chimiques présents dans les organismes vivants permet d'obtenir une bien meilleure représentativité spatio-temporelle des échantillons prélevés. Cette méthodologie, utilisée depuis la fin des années 70 par le RNO, a permis de constituer une base de données dans laquelle sont stockées toutes les valeurs de contamination du littoral français. Par référence à ces niveaux, on peut apprécier l'état relatif de la qualité d'un écosystème littoral. Dans ce chapitre, les résultats obtenus seront comparés d'une part à la valeur médiane RNO (1998, 1999, 2000, 2001) calculée pour l'ensemble des points situés sur le littoral Manche-Atlantique, d'autre part aux valeurs rencontrées dans les estuaires pour lesquels existe un suivi sur le même indicateur (*C. gigas*).

3.3.1. Résultats obtenus pour les micro-polluants métalliques

Les résultats présentés dans ce paragraphe concernent les contaminants métalliques (mercure, plomb, cadmium, chrome total, cuivre et zinc) habituellement suivis dans un réseau environnemental. Ils sont exprimés en mg.kg^{-1} de poids sec de chair de coquillages. La teneur ramenée au poids frais est obtenue en divisant par cinq la valeur par rapport au poids sec (80 % d'eau dans la chair de *C. gigas*).

Le nombre de résultats disponibles (12 par point) est suffisant pour tester la corrélation linéaire entre points et entre paramètres. Ces indications (annexes 6 à 9) ont facilité l'interprétation des courbes d'évolution qui sont présentées sur les figures 11, 13, 15, 17, 19 et 21.

Pour chaque contaminant, une représentation graphique sous forme d'histogramme horizontal indique, pour chaque secteur étudié, le niveau médian calculé sur les trois années de données. Cette valeur est ensuite comparée à la médiane « Adour » calculée à partir de tous les résultats mesurés entre 2001 et 2003 (n=56).

① Mercure

Le mercure est un métal qui a été largement utilisé comme agent antisalissure (effet myxobactéricide) incorporé dans les peintures. Aujourd'hui, le flux le plus important provient des rejets atmosphériques générés par l'industrie, les incinérateurs de déchets, les cimenteries ou les aciéries utilisant des combustibles contenant du mercure. L'origine anthropique du mercure présent dans le milieu est estimée entre 40 % et 80 %, le dégazage naturel de l'écorce terrestre fournissant l'autre part véhiculée par voie atmosphérique puis par les pluies (Cossa *et al.*, 1994).

C'est un élément néphrotoxique, c'est à dire agissant sur les reins, et neurotoxique, agissant sur le système nerveux. Les effets toxiques sont très variables selon la forme chimique du mercure. Les composés organiques déjà absorbés par un organisme vivant (mollusques bivalves par exemple) sont les plus dangereux

De manière générale, les concentrations en mercure observées dans l'estuaire de l'Adour sont tout à fait comparables aux teneurs habituellement rencontrées sur le littoral Manche-Atlantique tous secteurs confondus (littoraux et estuaires) ce qui, pour un estuaire, représente plutôt un niveau de présence faible. Les courbes d'évolution ne confirment pas la tendance généralisée à la baisse (Fig. 11) évoquée en 2002 puisque sur tous les points, excepté « Adour marégraphe », les teneurs ont augmenté de façon nette en 2003.



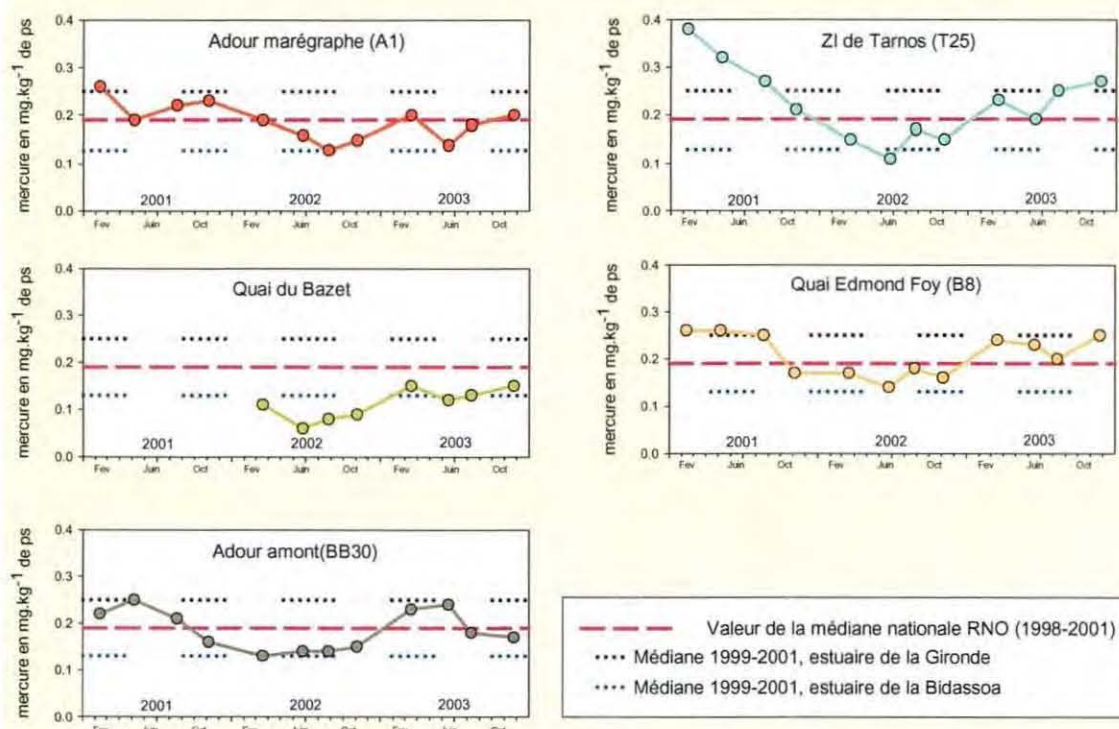


Fig. 11 : Teneur en mercure dans la chair des huîtres de l'estuaire de l'Adour.

Pour ce paramètre, la matrice de corrélation par calcul du moment de Pearson (annexe 6) montre 3 situations différentes.

- ✓ Un groupe constitué par les stations (ZI de Tarnos, Quai Edmond Foy, Adour amont) où les contaminations évoluent de façon synchrone. Il est à noter que les niveaux mesurés au niveau du quai Edmond Foy et de la ZI de Tarnos, plus élevés qu'au point Adour amont, traduisent l'existence de sources locales de pollutions quantitativement assez peu importantes puisque le niveau moyen détecté reste faible, notamment pour un estuaire.
- ✓ Le point « Adour marégraphe » présente un niveau moyen à peu près comparable aux trois points précédents mais on y relève une tendance régulière à la diminution entre 2001 et 2003.
- ✓ La station du « Quai du Bazet » diffère significativement des autres. Les niveaux de contamination qui y sont mesurés ont une médiane qui représente 60 % de la médiane « Adour » (Fig. 12). En outre, ces valeurs sont équivalentes à celles que l'on rencontre sur des littoraux très peu ou pas anthropisés.

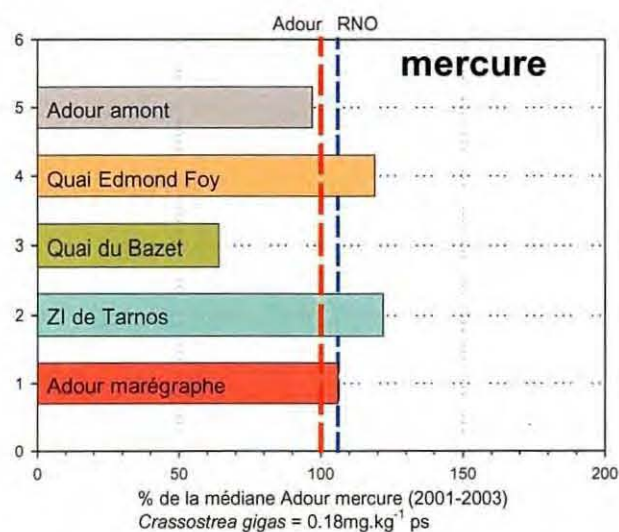


Fig. 12 : Comparaison de la contamination médiane en mercure de chaque secteur à la médiane « Adour » calculée à partir de la totalité des données 2001-2003 (n=56).

Sur la totalité des secteurs, les teneurs mesurées en 2002 ont été en moyenne les plus basses. Il est à noter que le fleuve est resté en débit d'étiage durant tout le second semestre 2001 et que ce phénomène s'est prolongé jusqu'à la fin du mois de janvier 2002. Ensuite l'année 2002 a été plutôt standard d'un point de vue hydrologique avec un débit soutenu au printemps (février à fin juin), un étiage de trois à quatre mois au cours de l'été et du début d'automne suivi de fortes crues de fin d'année (novembre et décembre).

Le gradient de concentration entre l'amont et l'aval évoqué dans le rapport du suivi 2001 n'est pas retrouvé en 2002 et 2003. Pratiquement tous les sites (excepté Adour marégraphe) sont, depuis le début de l'étude, stabilisés autour de la valeur de la médiane nationale RNO.

Pour mémoire, si l'on compare la contamination médiane en mercure de l'estuaire de l'Adour (0,18 mg.kg⁻¹ ps) à la valeur maximale admissible fixée par le règlement CE N°466/2001 de la commission du 8 mars 2001 à 0,5 mg.kg⁻¹ de poids frais (2,5 mg.kg⁻¹ de poids sec), on constate que ces mollusques appartenant à des gisements naturels interdits d'exploitation présentent des teneurs en mercure faibles, toujours très nettement inférieures à 2,5 mg.kg⁻¹ de chair sèche.

② Plomb

C'est un contaminant métallique très présent dans l'environnement des régions industrialisées, facilement bioaccumulé par les mollusques filtreurs et dont la toxicité pour l'homme est importante.

Hormis l'échantillon prélevé au point «Adour amont» le 7 mai 2001, les teneurs en plomb sont à peu près comparables à la médiane des mesures effectuées sur le littoral Manche-Atlantique ce qui représente un niveau plutôt bas pour un estuaire (Fig. 13).

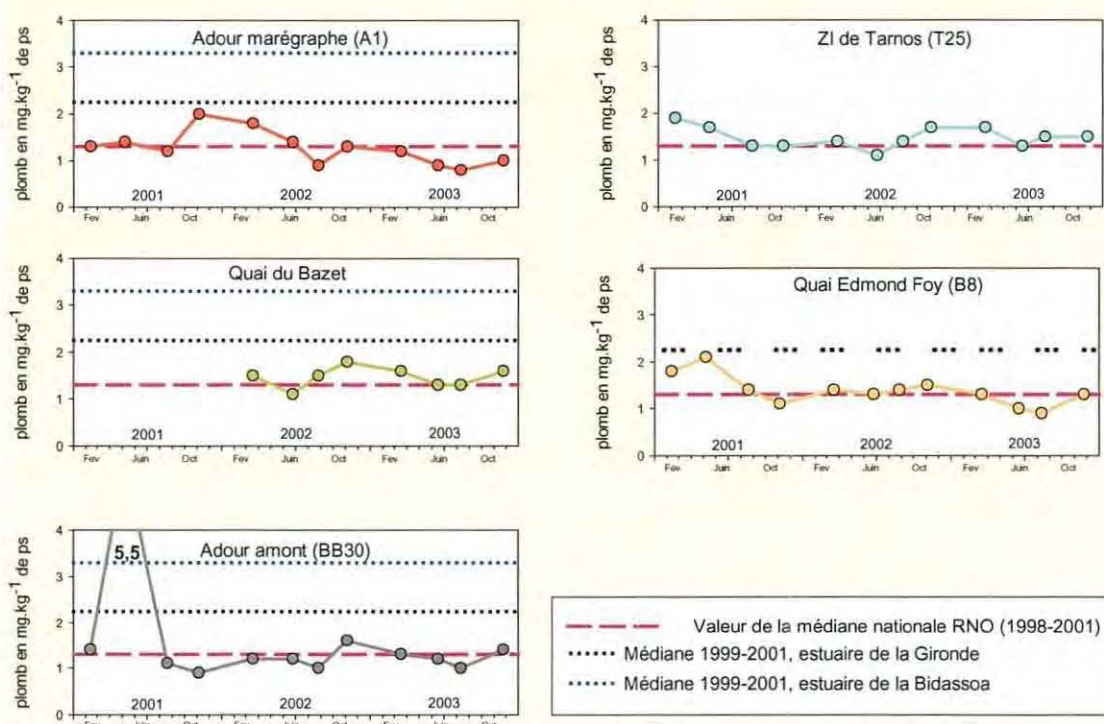


Fig. 13 : Teneur en plomb dans la chair des huîtres de l'estuaire de l'Adour.

La comparaison des médianes par point calculées sur les trois années à la médiane « Adour » (Fig. 14), montre que les pollutions les plus faibles ont été trouvées aux deux extrémités de la zone d'étude (Adour amont et Adour marégraphe).

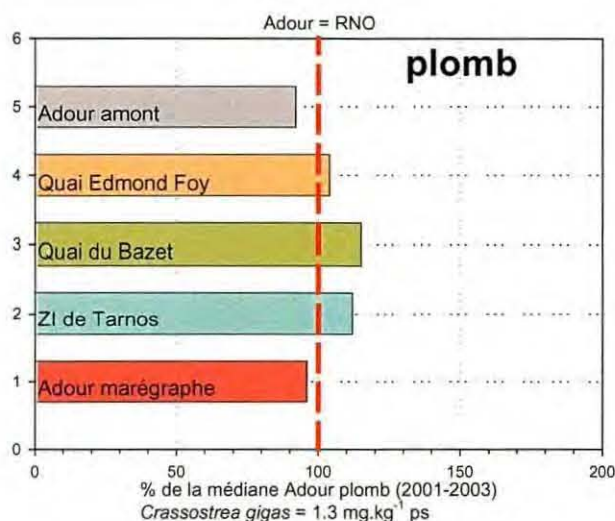


Fig. 14 : Comparaison de la contamination médiane en plomb de chaque secteur à la médiane « Adour » calculée à partir de la totalité des données 2001-2003 (n=56).

L'hypothèse d'un faible gradient croissant de l'amont vers l'aval, émise en 2001 semble confirmée par les données 2002 et 2003, même si la médiane des valeurs obtenues au point « Adour marégraphe » est légèrement en retrait (influence des masses d'eau côtières, dilution). Ces résultats indiquent que la zone centrale est exposée à des apports locaux qui se traduisent par une légère sur-contamination de ces secteurs par rapport au point amont (Adour amont), plus influencé par les flux issus du bassin versant.

Bien que la série d'observation soit trop courte pour dégager des tendances d'évolution statistiquement démontrées, il semble que les teneurs mesurées soient en légère diminution sur les secteurs « Adour marégraphe », « ZI de Tarnos » et « Quai Edmond Foy » et plutôt stables au niveau du « Quai du Bazet » et du point « Adour amont ».

Hormis l'échantillon prélevé le 7 mai 2001 au point « Adour amont » (5,5 mg.kg⁻¹ de ps), la totalité des mollusques échantillonnés présente une teneur en plomb très inférieure au seuil limite de consommation fixé par le règlement CE N°466/2001 à 1 mg.kg⁻¹ de poids frais soit 5 mg.kg⁻¹ de poids sec.

③ Cadmium

C'est un métal très largement utilisé dans l'industrie pour ses propriétés technologiques intéressantes. Il sert principalement à la fabrication de pigments et de stabilisateurs pour matières plastiques, de produits anti-corrosion pour le travail du métal, et de piles. Sa toxicité a été découverte en 1955 au Japon suite à l'apparition de la maladie d'Itai-Itai qui est une forme d'intoxication par le cadmium.

De manière générale, excepté le secteur Bazet, les contaminations en cadmium observées dans l'estuaire de l'Adour demeurent significativement supérieures aux

teneurs habituellement rencontrées sur le littoral Manche-Atlantique tous secteurs confondus (littoraux et estuaires).

Pour ce paramètre, la matrice de corrélation (annexe 7), n'indique aucune relation significative entre les points et les séries de données sont trop courtes pour permettre une détermination statistique robuste des tendances temporelles. Les courbes d'évolution semblent cependant montrer une légère diminution des teneurs sur l'ensemble des secteurs étudiés (Fig. 15).

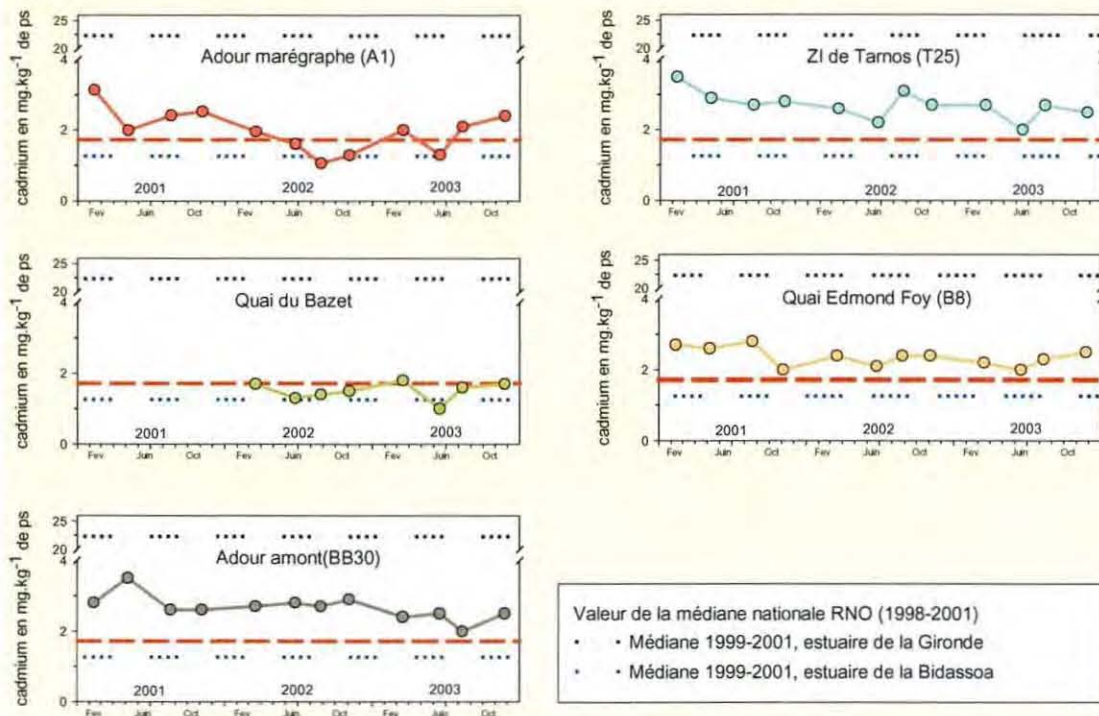


Fig. 15 : Teneur en cadmium dans la chair des huîtres de l'estuaire de l'Adour.

Sur le gisement situé Quai du Bazet, la médiane de la contamination ($1,55 \text{ mg.kg}^{-1}$ ps) est inférieure à la médiane nationale du RNO ($1,72 \text{ mg.kg}^{-1}$ ps), ce qui représente un niveau plus faible que celui observé sur les autres secteurs suivis.

Les valeurs médianes les plus élevées ($2,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ ps) sont observées aux points «Adour amont» et «ZI de Tarnos» (Fig. 16). Ce niveau de présence, qui correspond environ à 1,5 fois la médiane RNO, reste très inférieur aux valeurs records détectées dans l'estuaire de la Gironde mais supérieur à ce que l'on observe sur l'estuaire de la Bidassoa.

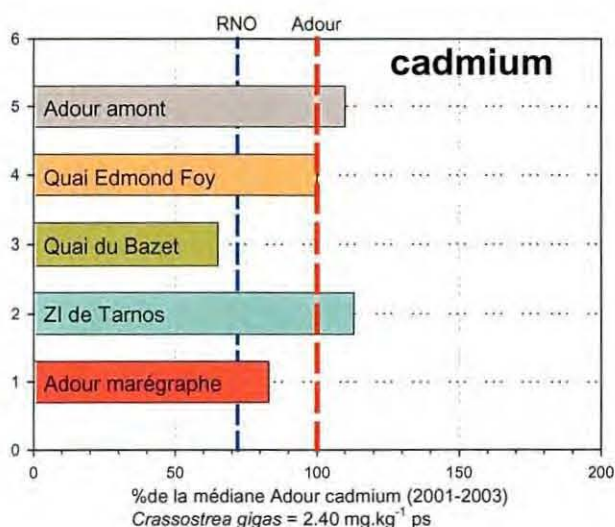


Fig. 16 : Comparaison de la contamination médiane en cadmium de chaque secteur à la médiane « Adour » calculée à partir de la totalité des données 2001-2003 (n=56).

La contamination globale de l'estuaire semble décroître de l'amont vers l'aval (Adour amont, Quai Edmond Foy, Quai du Bazet) jusqu'au secteur industriel de Tarnos où elle s'élève de nouveau.

Les résultats obtenus depuis deux ans (LCABIE, 2001 et 2002) ont montré de manière générale :

- ✓ que le bassin versant amont représente la principale source d'apports en contaminants métalliques,
- ✓ que ces polluants sont stockés dans le matériel en suspension et la crème de vase accumulée juste en amont de la zone d'étude (pont autoroutier),
- ✓ que les sédiments peuvent être remis en suspension lors de période de débits soutenus du fleuve et expulsés vers la partie plus marine de l'estuaire où se produisent les phénomènes physico-chimiques générant une désorption des contaminants. Dans ces conditions, les polluants se retrouvent dans la phase dissoute et sont plus assimilables pour les mollusques.

Cependant l'augmentation des concentrations en cadmium dans les huîtres du point ZI de Tarnos ne peut pas être expliquée seulement par des phénomènes de désorption des contaminants issus du bassin versant et stockés sur le matériel particulaire. Le point « Adour marégraphe », qui occupe une position équivalente dans l'estuaire marin et où salinité et teneur en MES sont comparables à celles présentes au niveau de la ZI de Tarnos, ne présente pas d'augmentation du cadmium accumulé dans la chair des mollusques. En conséquence, il existe nécessairement des apports locaux en cadmium dans la zone située entre le « Quai du Bazet » et le point « ZI de Tarnos » mais ils sont

quantitativement assez faibles puisque le niveau mesuré sur ce secteur reste tout de même modéré.

Comme pour les autres métaux, nous avons choisi de comparer les teneurs en cadmium mesurées sur les différents secteurs d'études à la teneur maximale admissible dans la chair des huîtres destinées à la consommation humaine fixée par le règlement CE N°466/2001. Les résultats obtenus au cours des deux années de suivi sont toujours inférieurs à cette valeur seuil (5 mg.kg⁻¹ de poids sec).

④ Chrome total

Le chrome fait partie des métaux les plus utilisés dans le monde (4^{ème} rang mondial en tonnage). Il est largement rejeté par l'industrie à la fois dans l'atmosphère et les eaux continentales ou de transition. Pour cette raison, depuis l'année 2001, il a été ajouté à la liste des métaux suivis dans les intégrateurs biologiques de pollution par le RNO. Dans ce document, les contaminations mesurées dans l'Adour seront comparées à la médiane nationale RNO 2001 (littoraux et estuaires). Il est à noter que pour le chrome total, les valeurs 2001 RNO n'ont pas encore été publiées.

Une étude menée en 1991 dans le cadre du RNO avait permis d'établir le niveau moyen de contamination du littoral français. Estimé à 1 mg.kg⁻¹ de poids sec d'huîtres creuses, il était comparable à celui mis en évidence dans les autres pays industrialisés. La médiane RNO 2001 (0,79 mg.kg⁻¹ ps) est inférieure à cette valeur moyenne de 1991.

Sur l'ensemble des trois années, les valeurs mesurées dans l'estuaire de l'Adour (Fig. 17) présentent une forte variabilité inter-annuelle et inter-sites. Elles sont comprises entre 0,6 et plus de 4,0 mg.kg⁻¹ ce qui, pour les valeurs supérieures, traduit une contamination élevée sur la partie aval de l'estuaire. Il est à noter qu'en 2002, nous avons observé (pour tous les points), les teneurs les plus basses de la série 2001-2003, équivalentes au niveau médian RNO-2001. Les fortes contaminations ponctuelles mises en évidence en 2001 ont été retrouvées en 2003, de façon généralisée sur tous les sites étudiés. Ce niveau très fort observé en 2001 a même été dépassé plusieurs fois en 2003, dans les secteurs « Adour amont », « Bazet » et « ZI de Tarnos ».

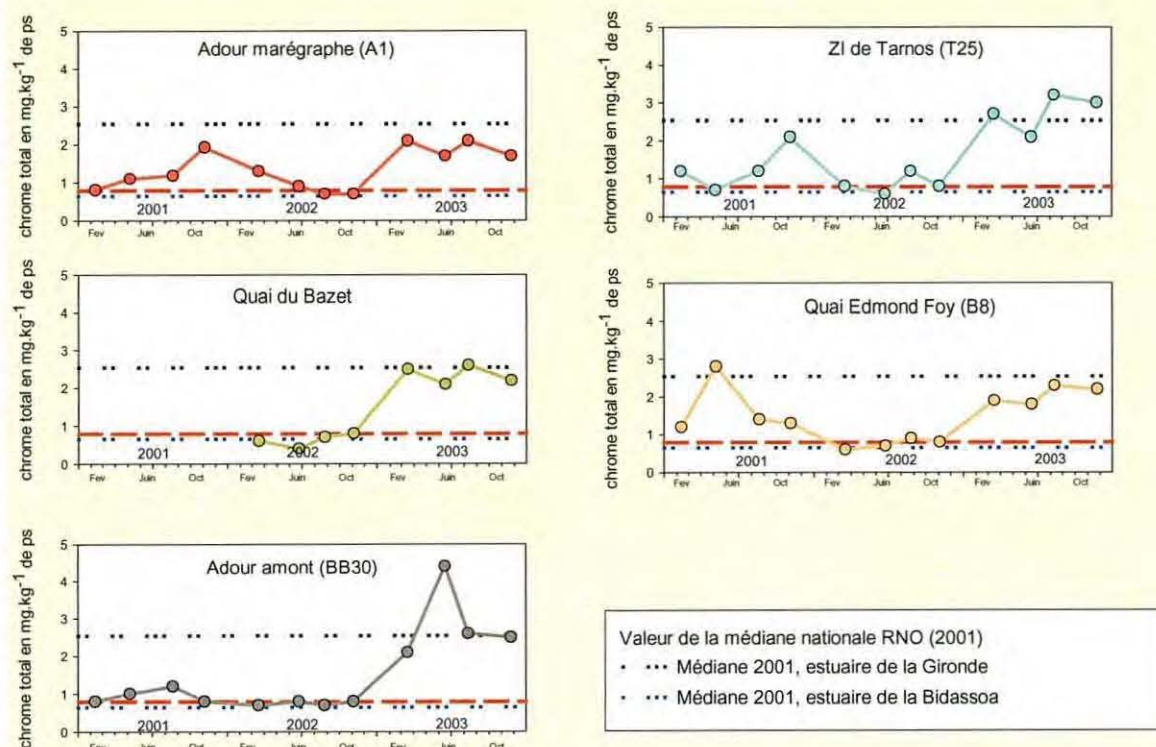


Fig. 17 : Teneurs en chrome total dans la chair des huîtres de l'estuaire de l'Adour.

Pour ce paramètre, la matrice de corrélation (annexe 8) indique des corrélations positives très significatives entre quatre des cinq points suivis : «Adour marégraphe», «ZI de Tarnos», «Quai du Bazet» et «Adour amont».

L'étude des médianes de contamination par point (Fig. 18) révèle un gradient croissant de l'amont vers l'aval jusqu'au point «Quai du Bazet» avec, en outre, un niveau à l'embouchure qui reste élevé malgré la position plus aval des gisements d'huîtres qui baignent dans des eaux de mélange (estuariennes et côtières) supposées moins contaminées.

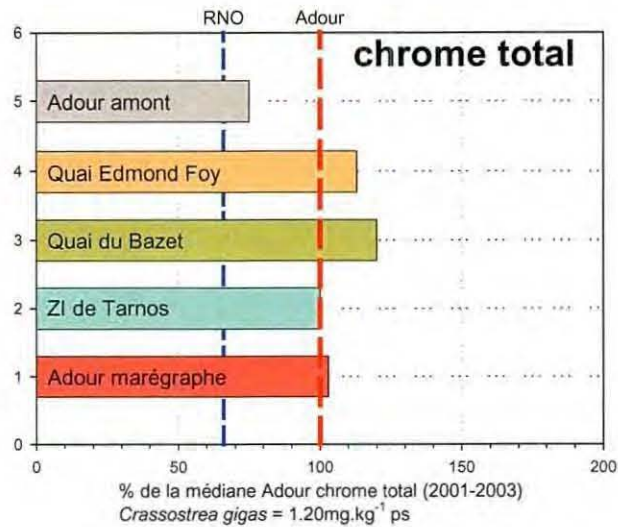


Fig. 18 : Comparaison de la contamination médiane en chrome total de chaque secteur à la médiane « Adour » calculée à partir de la totalité des données 2001-2003 (n=56).

Comme pour le plomb, le cas du chrome est intéressant puisque l'on retrouve le niveau le plus bas en amont de la zone d'étude et que la pollution maximale est observée au « Quai du Bazet ». En outre, les contaminations en chrome restent assez élevées à l'embouchure de l'estuaire.

Nous verrons plus loin que la situation est inversée en ce qui concerne les métaux pour lesquels le LCABIE (2001-2002) a mis en évidence une origine provenant majoritairement du bassin versant amont. Une information remarquable est fournie par les mollusques prélevés sur le secteur du Quai du Bazet. A cet endroit, « épargné par les apports amonts » sans doute en raison de son positionnement au centre de la concavité d'une courbe du fleuve, les métaux très majoritairement issus du bassin versant (cadmium, cuivre et zinc) sont faiblement représentés avec même parfois un niveau de présence inférieur à la médiane RNO.

Pour le chrome comme pour le plomb, ce secteur où l'on mesure les contaminations maximales est donc probablement influencé par des sources locales, peut-être diffuses, mais quantitativement assez importantes pour parvenir à impacter la partie aval de l'estuaire marin.

Dans le rapport 2002 (Trut *et al.*, 2003), la contamination de l'Adour par le chrome avait été qualifiée de satisfaisante. Cette interprétation reposait sur une série de données courte, fortement influencée par un niveau général très bas mesuré en 2002 sur tous les secteurs. Les valeurs 2003 montrent bien l'intérêt des séries chronologiques longues pour l'analyse des tendances d'évolution mais également pour la détermination d'un niveau de pollution surtout lorsque la variabilité inter-annuelle d'un paramètre est aussi élevée que celle mise en évidence au cours des trois années d'études pour le chrome total.

Ainsi, la série de données constituée dans le cadre de cette étude ne permet pas de déterminer des tendances d'évolution. Il est toutefois possible de mentionner l'existence d'une forte contamination du bas estuaire en chrome, comparable à celles relevées dans les estuaires français fortement industrialisés (estuaire de la Seine, delta du Rhône, et golfe de Fos), en partie imputable à des apports générés localement par la ZI de Tarnos et l'agglomération de Bayonne.

Pour information, il est à noter que le chrome est explicitement cité par la Directive 76/464/CE annexe X définissant les substances indésirables pour les milieux aquatiques. Pour ce métal, la concentration probable sans effet sur l'environnement ou Predicted No-Effect Concentration (PNEC Ineris) est de $1 \mu\text{g.l}^{-1}$. Le coefficient de bioaccumulation du chrome total par les huîtres *Crassostrea gigas* n'étant pas connu, la référence possible à la DCE peut être obtenue par comparaison avec les niveaux de concentrations de l'eau prélevée dans l'axe de l'estuaire de l'Adour en 2001 et 2002 par le LCABIE (Bareille *et al.*, 2001-2002). Les teneurs en chrome mesurées au cours de cette période sont comprises entre $0,6 \mu\text{g.l}^{-1}$ (crue) et $2,72 \mu\text{g.l}^{-1}$ (étiage) dans les gaves réunis à Peyrehorade, et entre $1,22 \mu\text{g.l}^{-1}$ (étiage) et $2,36 \mu\text{g.l}^{-1}$ (crue) dans l'Adour à port de Lanne. La concentration moyenne des eaux de l'amont en chrome dissous ($1,70 \mu\text{g.l}^{-1}$) est déjà assez nettement supérieure à la valeur PNEC retenue dans l'annexe X de la DCE ($1 \mu\text{g.l}^{-1}$). Dans l'axe de l'estuaire marin, les valeurs mesurées en 2001 par le LCABIE sont comprises entre $0,2$ et $1 \mu\text{g.l}^{-1}$ de chrome dissous ce qui représente un niveau plutôt inférieur ou égal à la valeur PNEC Ineris et surtout plus faible que celui mis en évidence dans la partie amont. En outre, des concentrations plus fortes ont été mesurées dans certains ruisseaux et émissaires de la zone aval (aval décharge Bacheforêts $2,9$; STEP St Frédéric $3,0$; amont pont chemin de fer $3,9$; rejet Installation Classée Lahonce $15,4$; et ruisseau Maharin $7,5 \mu\text{g.l}^{-1}$).

Compte tenu de ces éléments, il apparaît assez probable que les niveaux de présence en chrome, plus élevés sur la partie centrale (Quai du Bazet et Quai Edmond Foy) qu'au point Adour amont, puissent être associés à l'existence de sources locales non négligeables.

⑤ Cuivre

Le cuivre est un élément naturellement très présent que l'on trouve dans de nombreux gisements de minerai et qui est largement utilisé dans l'industrie. C'est un oligo-élément indispensable à la croissance qui, chez l'homme, favorise la production d'hémoglobine. Toutefois, une concentration très élevée en cuivre peut être toxique pour l'être humain et avoir des effets importants sur les poumons, le foie ou les fonctions pancréatiques. La réglementation européenne en vigueur ne fixe pas de seuil limite de contamination par ce métal pour les produits de la mer destinés à la consommation humaine.

L'accumulation de cuivre dans la chair des huîtres de l'Adour est plutôt forte sur la plupart des secteurs (Fig. 19). Excepté «Quai du Bazet», elle représente le double de la médiane nationale RNO (Fig. 20) mais se situe à un niveau couramment rencontré en zone estuarienne.

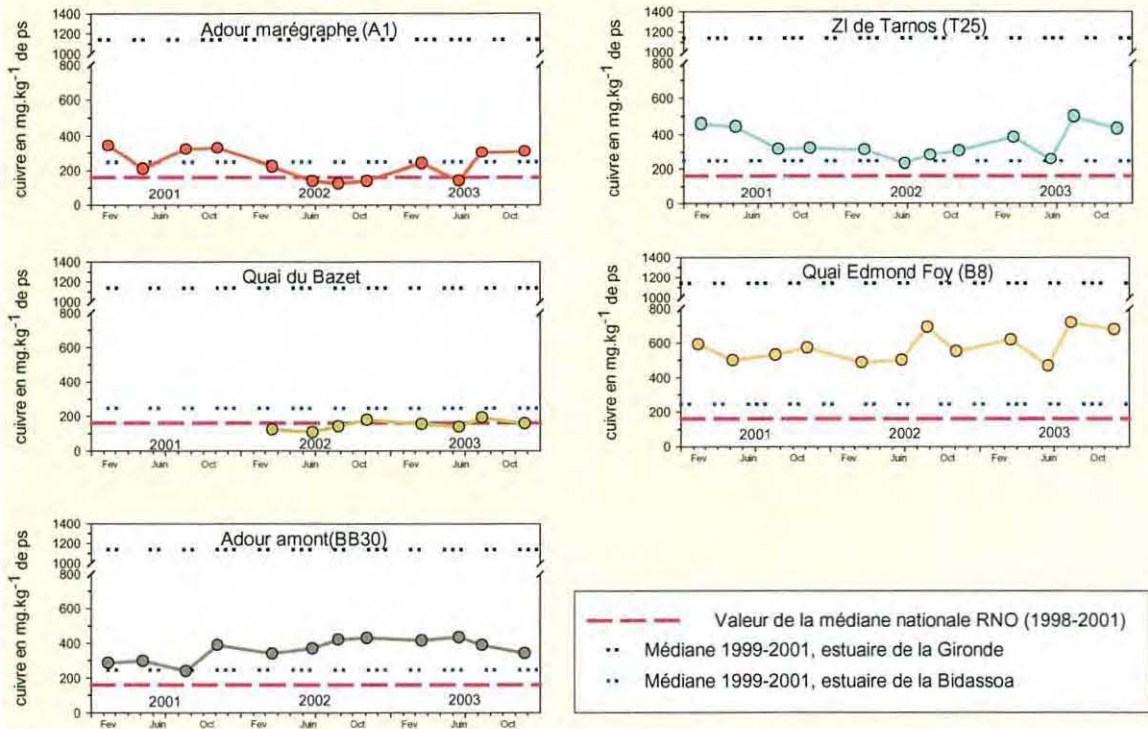


Fig. 19 : Teneur en cuivre dans la chair des huîtres de l'estuaire de l'Adour.

Le gisement situé Quai du Bazet confirme le niveau très bas mis en évidence pour la plupart des contaminants métalliques et en particulier ceux provenant très majoritairement du bassin versant amont. Les teneurs en cuivre nettement inférieures au niveau médian Adour 2001-2003 (Fig. 20) y sont équivalentes voire légèrement plus faibles que la valeur de la médiane RNO 1999-2001 calculée pour l'ensemble du littoral français, tous secteurs confondus.

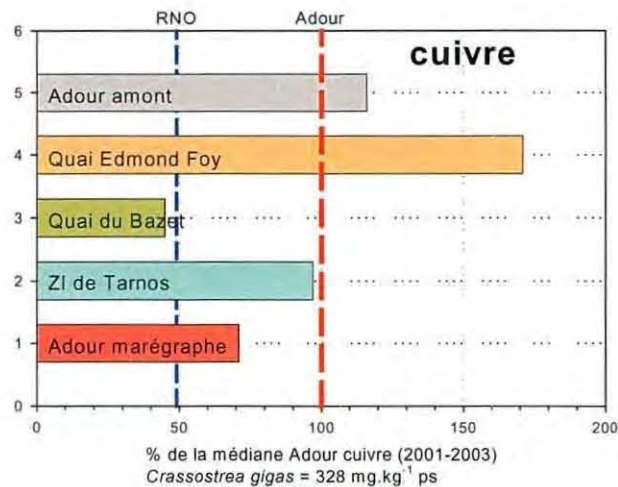


Fig. 20 : Comparaison de la contamination médiane en cuivre de chaque secteur à la médiane « Adour » calculée à partir de la totalité des données 2001-2003 (n=56).

La matrice de corrélation (annexe 9) montre une relation positive significative entre les points « Adour marégraphe » et « ZI de Tarnos » tous deux situés à l'embouchure de l'estuaire.

Pour ce métal, le bruit de fond principal, imputable aux apports du bassin versant (LCABIE 2001-2002), est amplifié par des sources locales ce qui se traduit par des sur-contaminations relevées sur les huîtres du « Quai Edmond Foy » et de la « ZI de Tarnos ».

L'étude des courbes d'évolution (Fig. 19) suggère une stabilité quasi générale des niveaux de contamination en cuivre même si l'on observe une légère augmentation des teneurs dans les mollusques prélevés au niveau du « Quai Edmond Foy ».

© Zinc

Ce métal est naturellement très présent dans l'environnement et joue un rôle essentiel dans le métabolisme de l'être humain. Au niveau national, le RNO met encore en évidence un nombre élevé de tendances à l'augmentation des teneurs sur le littoral, en rappelant toutefois que les huîtres sont de mauvais indicateurs pour cet élément qu'elles régulent assez bien.

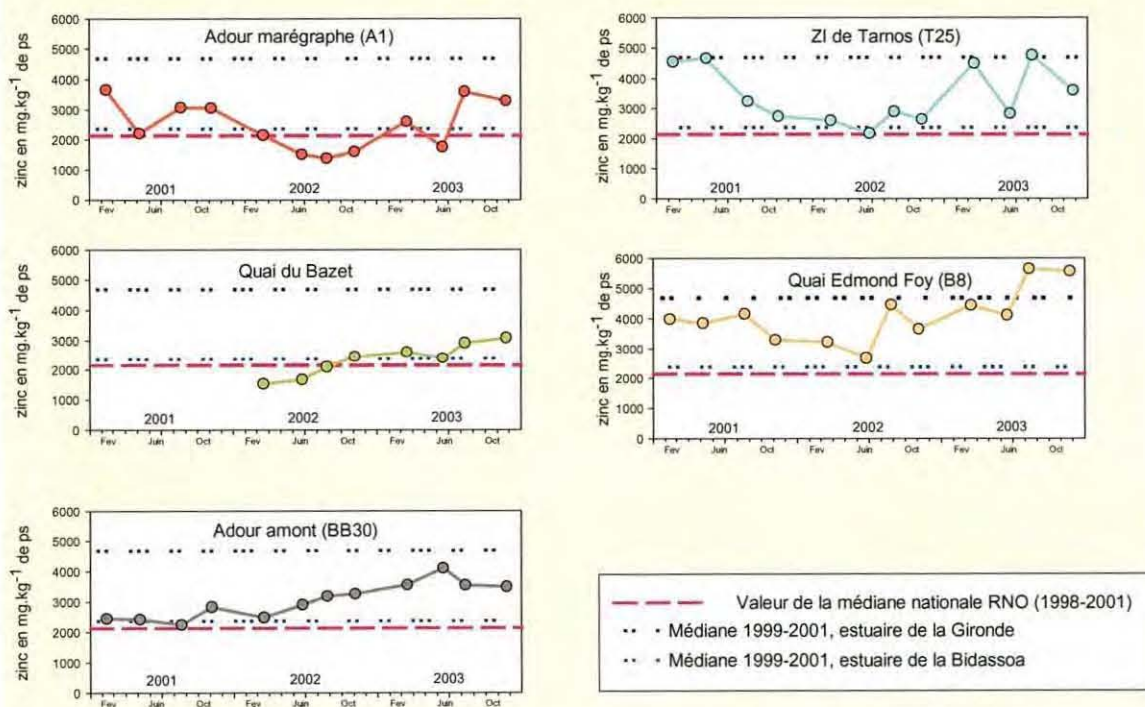


Fig. 21 : Teneurs en zinc dans la chair des huîtres de l'estuaire de l'Adour.

Comme pour le cuivre, nous retrouvons avec le zinc à peu près les mêmes écarts de contamination entre les différents secteurs (Fig. 21). Les teneurs médianes observées sont supérieures à la médiane RNO mais la différence est moins grande que pour le cuivre. Le niveau de présence globalement plutôt fort correspond cependant à des teneurs couramment rencontrées en zone estuarienne.

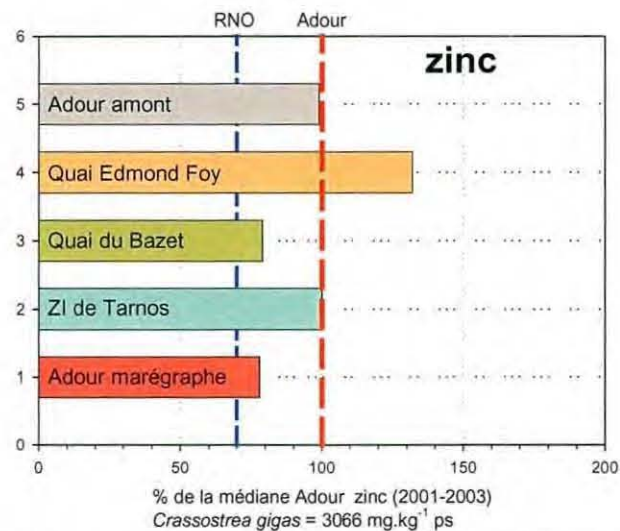


Fig. 22 : Comparaison de la contamination médiane en zinc de chaque secteur à la médiane « Adour » calculée à partir de la totalité des données 2001-2003 (n=56).

Le gisement d'huîtres situé Quai du Bazet confirme le niveau très bas mis en évidence pour la plupart des contaminants métalliques et en particulier ceux provenant très majoritairement du bassin versant amont. Les teneurs en zinc, nettement inférieures au niveau médian Adour 2001-2003, y sont très légèrement supérieures à la valeur de la médiane RNO 1999-2001 calculée pour l'ensemble du littoral français, tous secteurs confondus (Fig. 22).

Comme sur de nombreux secteurs du littoral national, les courbes d'évolution semblent traduire une élévation lente mais assez progressive de la contamination en zinc, en particulier pour les points situés le plus en amont (« Adour amont », « Quai Edmond Foy » et « Quai du Bazet »). Ces résultats nous amènent à évoquer une éventuelle augmentation des flux de zinc apportés par le fleuve, produits par les activités implantées sur le bassin versant amont.

3.3.2. Résultats obtenus pour les micro-polluants organiques

Les résultats présentés dans ce paragraphe concernent les contaminants organiques HAP, PCB, DDT, lindane et un organo-métallique le TBT. Ils sont exprimés en $\mu\text{g.kg}^{-1}$ de poids sec de chair de coquillages à l'exception des teneurs en TBT qui le sont en ng de Sn.kg^{-1} de poids sec. Pour chaque contaminant, les résultats sont interprétés point par point puis les secteurs échantillonnés sont comparés entre eux en fonction de la géographie de l'estuaire (amont, aval).

① Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Pour ces contaminants, le suivi mis en œuvre depuis le début de l'étude porte sur les 16 HAP reconnus au plan international comme présentant des risques de toxicité majeurs pour l'environnement et retenus par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) pour définir une valeur guide dans les produits de la mer. Ce seuil, qui a été fixé dans le cadre de la crise consécutive au naufrage de l'ERIKA, a surtout pour objet de garantir la sécurité sanitaire des coquillages. Les niveaux de référence RNO également calculés à partir de ces 16 composés (médiane nationale Manche-Atlantique) apportent une information plus environnementale.

Le choix d'une quantification trimestrielle a été motivé par la durée assez brève de cette étude préliminaire (3 ans) et la nécessité de disposer d'un nombre suffisant de valeurs pour l'interprétation des données. Il est important de préciser que pour le suivi des HAP effectué dans le cadre du RNO, la stratégie retenue aujourd'hui est annuelle avec un seul prélèvement au mois de novembre.

Comme cela a été précisé dans le document RNO (édition 2002), ces 16 HAP sont les seuls hydrocarbures pour lesquels il existe un nombre suffisant de données de référence permettant de suivre l'évolution de la qualité du milieu marin littoral.

Les courbes d'évolution de la contamination des huîtres de l'Adour (Fig. 23) ont été établies à partir des données brutes, l'expérience RNO ayant montré que, pour les huîtres, il n'est pas nécessaire de désaisonnaliser les résultats (Chantereau *et al.*, 2002).

La notion d'empreinte de contamination utilisée dans le cadre du suivi Erika (RNO, édition 2002) à partir d'une représentation graphique en radar des teneurs mesurées pour les 13 HAP, a été appliquée au suivi environnemental RESADOUR mais avec les 16 HAP.

De manière générale, il apparaît que la contamination en HAP du bas estuaire de l'Adour est un peu supérieure (médiane Adour = $246 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de ps) aux teneurs habituellement mesurées sur le littoral de la Manche et de l'Atlantique (médiane RNO = $204 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de ps). Les valeurs obtenues sont également légèrement plus fortes que celles que l'on observe sur les autres estuaires du Golfe de Gascogne (Bidassoa = $217 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de ps; Gironde = $193 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de ps). Les courbes d'évolution (Fig. 23) montrent des concentrations un peu plus élevées sur le secteur du « Quai du Bazet » et une diminution régulière et généralisée de la contamination mesurée au cours des trois années de suivi. Si l'on compare les médianes calculées sur la période d'étude, pour chacun des points, à la médiane « Adour 2001-2003 » tous secteurs confondus (Fig. 24), il apparaît peu de différences entre les sites avec au maximum 115 % de la médiane Adour pour les valeurs obtenues au « Quai du Bazet » et 70 % pour celles mesurées au point « Adour marégraphe ».

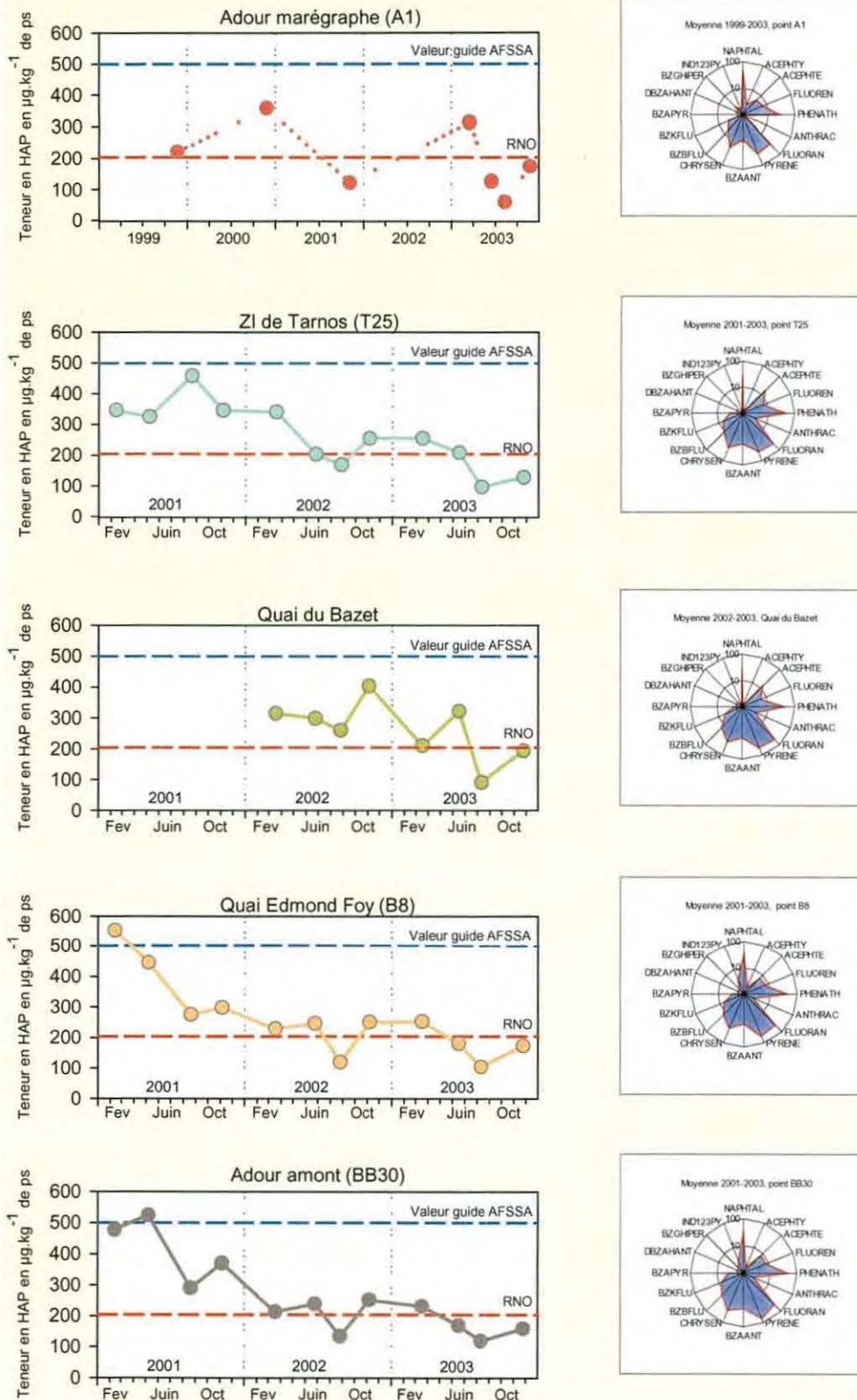


Fig. 23 : Evolution de la somme des 16 HAP et empreintes moyennes de la contamination dans l'estuaire de l'Adour (2001-2003)

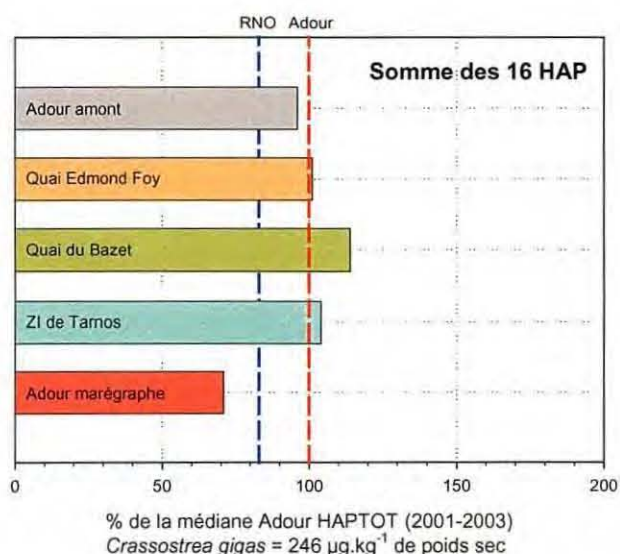


Fig. 24 : Comparaison de la contamination médiane en HAP de chaque secteur à la médiane « Adour » calculée à partir de la totalité des données 2001-2003 (n=51).

Pour les trois séries complètes (ZI de Tarnos, Quai du Bazet et Quai Edmond Foy), l'étude des empreintes de contamination par point et par date (annexes 10 à 14) montre une ressemblance frappante dans la distribution des composés pour toutes les zones à une date donnée. Ce résultat est confirmé par la matrice de corrélation entre les points pour chaque composé qui traduit une évolution synchrone de la contamination sur les trois secteurs étudiés et cela pratiquement pour toutes les molécules à l'exception du fluoranthène et du chrysène.

Au Quai du Bazet, les corrélations n'apparaissent pas, d'une part parce que la série ne comporte que 8 valeurs (2002-2003) au lieu de 12 pour les autres secteurs (2001-2003), et d'autre part, parce qu'à cet endroit, la contamination moyenne est un peu plus forte sans doute sous l'effet de sources locales de HAP.

L'empreinte de contamination moyenne (2001-2003) de chaque secteur indique que :
Au point Adour marégraphe (A1) : Les composés intermédiaires sont les plus représentés en particulier le phénanthrène (13 %), le fluoranthène (16 %), le pyrène (16 %) et le chrysène (10 %). Les HAP légers avec notamment le naphthalène (31 %) sont bien présents sur l'empreinte moyenne. On retrouve également de façon ponctuelle des composés plus lourds comme le benzo(b)fluoranthène et benzo(k)fluoranthène mais en faible quantité (5 %).

Au point ZI de Tarnos (T25) : On retrouve en moyenne les mêmes composés dominants qu'au point «Adour marégraphe», phénanthrène (18 %), fluoranthène (18 %), pyrène (15 %) et chrysène (11 %). Les composés légers tels que naphthalène et acénaphthène représentent une fraction plus faible (17 %) des HAP mesurés. Sur ce secteur, on note également une présence très faible mais chronique de HAP plus lourds comme le benzo(b)fluoranthène et le benzo(k)fluoranthène (7 %).

Au Quai du Bazet : La représentation graphique en radar (Fig. 23) donne une empreinte moyenne similaire à celle mise en évidence au point «ZI de Tarnos». La répartition des composés légers, intermédiaires et lourds, y est à peu près identique. Le phénanthrène représente 16 % des HAP mesurés, le fluoranthène 22 %, le pyrène 18 %, le et le chrysène 11 %. Le naphthalène et l'acénaphthène constituent 16 % des HAP mesurés. Comme au point «ZI de Tarnos » on relève la présence faible mais chronique de HAP plus lourds comme le benzo(b)fluoranthène et le benzo(k)fluoranthène (7 %).

Au Quai Edmond Foy (B8): On observe toujours le même type de signature avec prédominance des molécules de poids intermédiaire comme le phénanthrène (16 %), le fluoranthène (18 %) et le pyrène (19 %). Comme aux deux points précédents, les teneurs en HAP légers (naphtalène et acénaphthène) représentent 16 % du total. A la différence des autres secteurs situés plus en aval de l'estuaire, on note une fois sur deux, à hauteur de ces quais urbains, des traces de contamination par des composés beaucoup plus lourds comme le benzo(g,h,i)pérylène et l'indéno(1,2,3-cd)pyrène.

Au point Adour amont (BB30) : L'empreinte moyenne (2001-2003) est très comparable à celle relevée dans le secteur du «Quai Edmond Foy ». On y retrouve les mêmes composés dominants, phénanthrène (17 %), fluoranthène (17 %) avec une proportion de pyrène (25 %) supérieure. Dans ce secteur, les teneurs en HAP légers comme le naphthalène et l'acénaphthène représentent 16 % du total et les hydrocarbures à plus haut poids moléculaire sont beaucoup mieux représentés que sur les secteurs situés plus en aval (« Adour marégraphe », « ZI de Tarnos » et « Quai du Bazet »).

On sait aujourd'hui que les principales sources d'apport en hydrocarbures dans l'eau proviennent principalement des déversements directs de produits pétroliers, des traitements à la créosote, des rejets issus des usines notamment métallurgiques et des retombées de HAP atmosphériques. Ceci permet de distinguer deux origines anthropiques :

- ✓ une source pétrolière attribuable aux rejets directs,
- ✓ une source pyrolytique résultant des processus de combustion à haute température (combustion des énergies fossiles et des essences, incinérateurs, cheminées domestiques, unités de production de goudrons et d'asphaltes, destruction des déchets pneumatiques ...).

Ces deux types de pollution peuvent être caractérisés par leur signature en HAP (Rocher, 2000). Ainsi la présence en proportion importante de naphthalène et de fluorène est généralement associée à des sources pétrolières tandis que les composés plus lourds, chrysène et fluoranthène, sont considérés comme spécifiques d'une origine pyrolytique.

Lorsque l'on applique cette notion de traceur de pollution aux résultats obtenus sur les sites échantillonnés dans le cadre de l'étude Adour 2001-2003, on constate que sur 4 des 5 points, les composés les plus présents sont plutôt issus de la seconde catégorie regroupant les résidus générés par procédés pyrolytiques de toutes sortes. Il est à noter également que plus on remonte vers la partie amont («Quai Edmond Foy» et surtout «Adour amont»), plus la signature en composés lourds est perceptible. Au contraire, au

niveau du point «Adour marégraphe» situé à proximité de l'embouchure, on relève la prédominance de molécules légères naphthalène et fluorène (32 % de la somme des 16 HAP) caractéristiques d'une origine plutôt pétrolière (déversement) de la pollution mesurée. Ce constat avait déjà été établi dans le rapport 2002. Pour ces composés, la troisième année de suivi confirme les résultats des années précédentes et renforce les interprétations.

En terme de niveau global de contamination, il est possible de comparer les valeurs mesurées dans l'estuaire de l'Adour aux valeurs guides (500 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ de ps de chair d'huîtres) et impératives (1000 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ de ps de chair d'huîtres) fixées par l'AFSSA afin de garantir la sécurité sanitaire des produits de la mer, même si l'exploitation et la pêche récréative des gisements d'huîtres sauvages de l'Adour sont interdits. Au cours des trois dernières années seulement 4 % des résultats de HAP totaux ont dépassé légèrement la valeur guide AFSSA tout en restant très en deçà de la valeur impérative. Les deux teneurs sensiblement plus fortes (523 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ de ps et 554 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ de ps) ont été mesurées au premier semestre 2001 sur les secteurs les plus amont (Adour amont et Quai Edmond Foy). Il est à noter que la Commission Européenne a retenu les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans la liste des **substances dangereuses prioritaires** citées à l'annexe X de la DCE (décision n°2455/2001/CE). Ce texte fait état d'une concentration dans l'eau, sans effet prévisible sur l'environnement de 0,21 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Dans la littérature, nous n'avons pas trouvé de coefficient de bioaccumulation pour les HAP permettant de passer de la teneur dans les huîtres à une concentration dans l'eau. Toutefois, nous pouvons comparer les valeurs déterminées par le LPTC sur les prélèvements fait par le LCABIE au cours des campagnes 2001 et 2002 de suivi des micro-polluants dans l'eau de l'Adour (Bareille *et al.*, 2002) à la valeur PNEC (Predicted No-effect Concentration) retenue dans la Directive cadre sur l'Eau. Les 13 valeurs en HAPTOT mesurées dans l'eau prélevée sur l'axe de l'estuaire (0,0012 $\mu\text{g.l}^{-1}$ à 0,0402 $\mu\text{g.l}^{-1}$) restent très inférieures au niveau PNEC retenu au niveau communautaire. Seuls les prélèvements réalisés sur des rejets locaux (T24, B17bis et B22) dépassent cette valeur seuil.

En résumé, les résultats obtenus sur le vivant et dans l'eau de l'estuaire sont très concordant et montrent que les niveaux de contamination en hydrocarbures aromatiques polycycliques restent plutôt modérés à faibles même s'ils demeurent un peu supérieurs à la médiane nationale Manche-Atlantique, calculée à partir des données du RNO et au niveau présent dans les deux autres estuaires aquitains (Gironde et Bidassoa). Une pollution élevée en HAP a été mise en évidence seulement dans les effluents de trois émissaires situés dans le bas estuaire (T24, B17bis et B22).

② Polychlorobiphényles

Ce sont des composés organochlorés de synthèse à haut poids moléculaire et d'une grande stabilité. Produits industriellement à partir de 1930, ils ont été largement utilisés puis progressivement interdits en raison de leur toxicité chronique (dysfonctionnement hépatique, effets cancérogènes,...) et de leur persistance dans l'environnement. Le groupe des PCB est constitué de 209 congénères qui se distinguent par le nombre et la position des atomes de chlore fixés sur la molécule.

Une liste de 11 congénères, établie à partir de l'expérience acquise au travers des grands programmes internationaux de surveillance, définit les congénères à mesurer en priorité. De façon schématique, elle comporte les composés les plus présents dans les matrices habituellement étudiées (eau, air, sédiment, organismes vivant, aliment) ou les plus toxiques.

L'étude de la distribution des différents congénères dans les huîtres de l'Adour (empreinte) n'apporte pas d'élément déterminant dans l'identification de l'origine des apports en PCB puisque l'on retrouve généralement une distribution relative (pourcentage) comparable d'un point à un autre si l'analyse est effectuée sur le même organisme intégrateur de pollution (Abarnou *et al.*, 2002).

Pour chaque point, la matrice de corrélation, par le calcul du moment de Pearson entre les teneurs en CB153 et la somme des valeurs obtenues pour les 11 congénères, montre qu'il existe une relation très hautement significative entre ces deux paramètres ($R > 0.95$). De ce fait, l'évolution de la contamination par les PCB pourra être étudiée à partir des courbes d'évolution de la teneur en CB153 (Fig. 25) qui est l'un des composés les plus abondants et les plus persistants dans les mollusques.

Dans les rapports 2001 et 2002 (Trut *et al.*, 2002 et 2003) nous avons émis un certain nombre de réserves sur les niveaux détectés par le laboratoire de Rouen. En 2003, nous avons procédé à un exercice d'intercomparaison entre ce laboratoire et le laboratoire de recherche IFREMER/DEL/PC dont les performances analytiques sont évaluées au moins une fois par an par rapport à d'autres laboratoires de recherche européens (programme QUASIMEME). Les différents congénères des PCB ont été mesurés sur quatre échantillons présentant une contamination forte, une faible et deux intermédiaires. Pour le CB 153, qui sert de référence (en particulier pour le RNO) pour l'évaluation des niveaux de contamination d'un milieu, nous avons constaté des différences comprises entre 1,2 et 1,6 fois avec une sous estimation permanente des PCB par le laboratoire de Rouen. Sur les valeurs de contamination intermédiaires en CB153, telles que celles que l'on rencontre dans les huîtres de l'Adour, le coefficient multiplicateur moyen est de 1,4. Pour chaque secteur, les courbes d'évolution corrigées (facteur multiplicateur 1,4) sont représentées sur la figure 25. La comparaison avec le niveau médian national RNO et les médianes Gironde et Bidassoa sera effectuée à partir de ces données estimées.

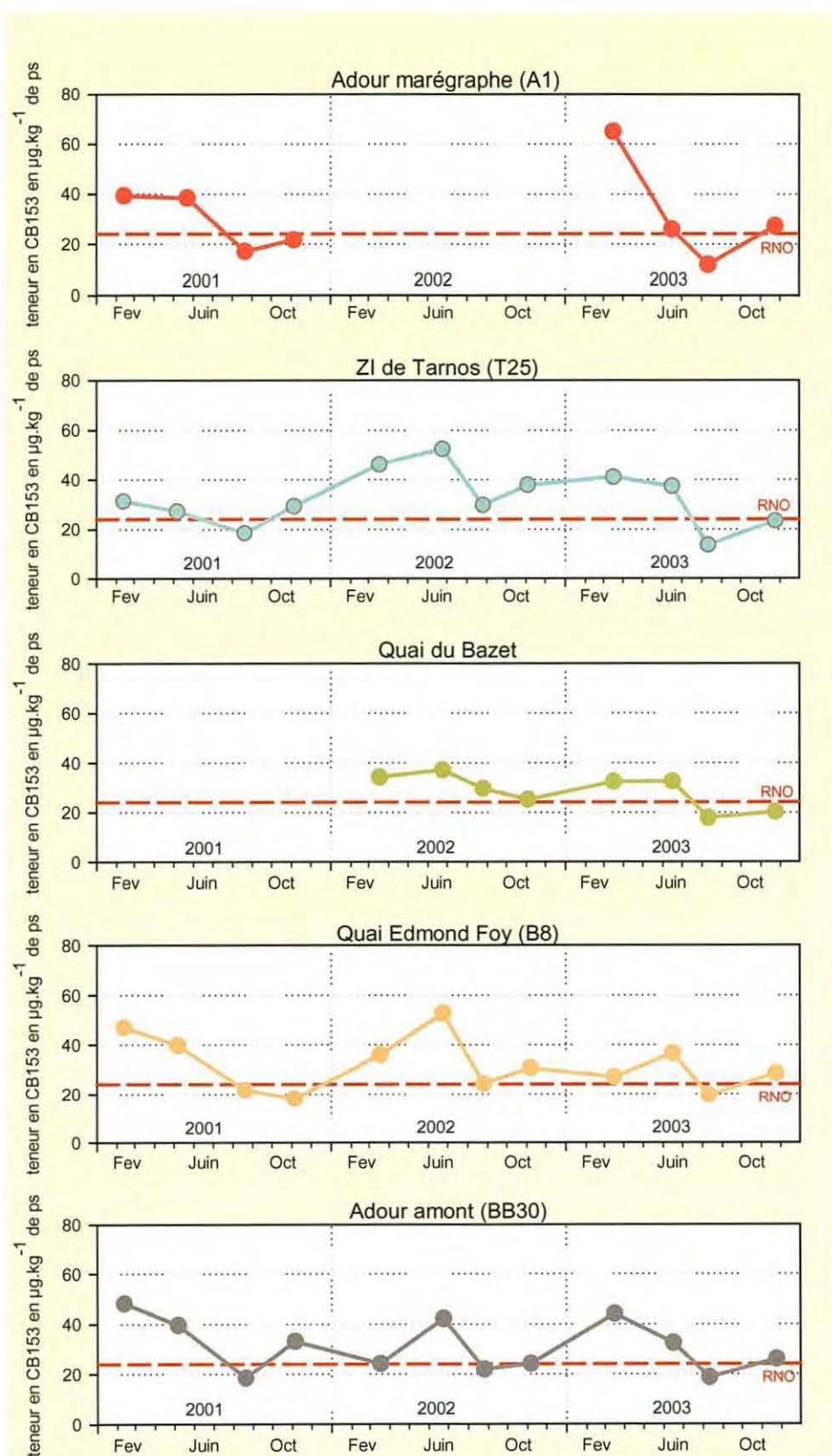


Fig. 25 : Evolution des teneurs en CB153 dans les huîtres de l'estuaire de l'Adour (2001-2003)

L'étude des courbes d'évolution de la teneur en CB 153 dans les huîtres de l'Adour (Fig. 25) indique un niveau de contamination fort et assez homogène sur tout le bas estuaire avec des variations temporelles assez synchrones entre les points « ZI de Tarnos », « Quai Edmond Foy » et « Adour amont ». Cette similitude d'allure des courbes entre les points est sans doute en partie due au cycle physiologique de l'huître. Fortement lipophiles, les PCB sont plus ou moins bioaccumulés en fonction de la teneur en lipides dans la chair des organismes vivants (Marchand *et al.*, 1990).

Le secteur du Quai du Bazet, échantillonné seulement au cours des deux dernières années de l'étude, présente une teneur moyenne en CB153 très légèrement inférieure à la moyenne des teneurs mesurées dans les autres secteurs. La médiane statistique calculée pour chaque site apporte une information un peu différente puisqu'elle traduit une grande homogénéité de la pollution en PCB de l'estuaire marin (Fig. 26). Si l'on fait abstraction des résultats du point Adour marégraphe, incomplets (8 valeurs) et obtenus par des laboratoires différents (2001/DEL/PC et 2003/Rouen), on retrouve sur cette représentation graphique un très léger gradient croissant amont-aval qui pourrait traduire l'existence d'apports locaux peu importants au niveau de la partie centrale du bas estuaire.

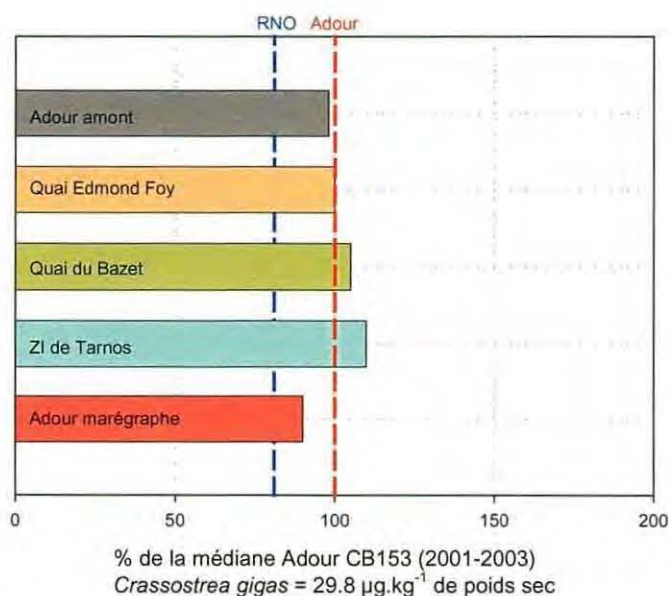


Fig. 26 : Comparaison de la contamination médiane en CB153 de chaque secteur à la médiane « Adour » calculée à partir de la totalité des données 2001-2003 (n=52).

Bien qu'assez peu représentatifs (1 seule valeur), les flux de PCB particuliers mesurés en septembre 2001 par le LCABIE montraient une prédominance des apports en provenance du bassin versant (90 %). Seuls les ruisseaux urbains (Maharin et Aritxague) traversant l'agglomération de Bayonne et dans une moindre mesure la Nive, contribueraient, mais pour une faible proportion (10%), à la contamination en PCB du bas estuaire.

Les données aujourd'hui disponibles dans le cadre de l'étude Adour ne sont pas suffisamment nombreuses pour être désaisonnalisées, puis traitées comme série temporelle, mais il convient de rappeler que la détermination de tendances d'évolutions à moyen terme n'était pas un objectif initial de cette étude préliminaire. Les résultats obtenus au cours de ces trois années de suivi, à partir d'un échantillonnage à la fois représentatif de l'ensemble de l'espace occupé par l'estuaire marin et temporellement optimum avec un prélèvement par trimestre, nous fournissent un état initial précis de la contamination de l'estuaire de l'Adour par les PCB. Ce niveau bien que supérieur à la médiane nationale (123 %) reste très modéré pour un estuaire dont la partie aval est assez fortement peuplée et industrialisée. Pour mémoire, la médiane calculée pour l'estuaire de Gironde représente 198 % de la médiane RNO, celle de l'estuaire de la Bidassoa 367 % et pour la baie de Seine on atteint 1 500 % de la médiane RNO au niveau de Villerville.

③ DDT et métabolites DDD et DDE

Le DDT est un insecticide organochloré classé dans les polluants organiques persistants dans l'environnement. Les effets toxiques de ce composé et sa faible biodégradabilité ont conduit, en 1972, les Etats Unis et les pays européens à interdire son utilisation. Les séries 1979 à 1991 du RNO confirment la baisse généralisée des teneurs en DDT et de ses métabolites DDD et DDE sur le littoral français.

Les teneurs mises en évidence dans l'Adour (Fig. 27), bien que supérieures aux valeurs observées sur le littoral Atlantique (RNO) et les estuaires de la Gironde et de la Bidassoa, sont sans comparaison avec les concentrations cent fois plus élevées qui étaient régulièrement détectées au cours des années 80.

Comme pour les PCB, la tendance fortement lipophile de ces contaminants (accumulation en fonction de la teneur en lipide de la chair des organismes) perturbe l'analyse des tendances d'évolution. Pour cette famille de composés, nous constatons simplement que, globalement, les teneurs mesurées paraissent plutôt stables sur la période 2001-2003. La comparaison des médianes par point à la valeur médiane calculée pour l'ensemble des données collectées sur l'estuaire de l'Adour (2001-2003) montre l'existence d'un gradient décroissant très net entre l'amont et l'aval (Fig. 28).

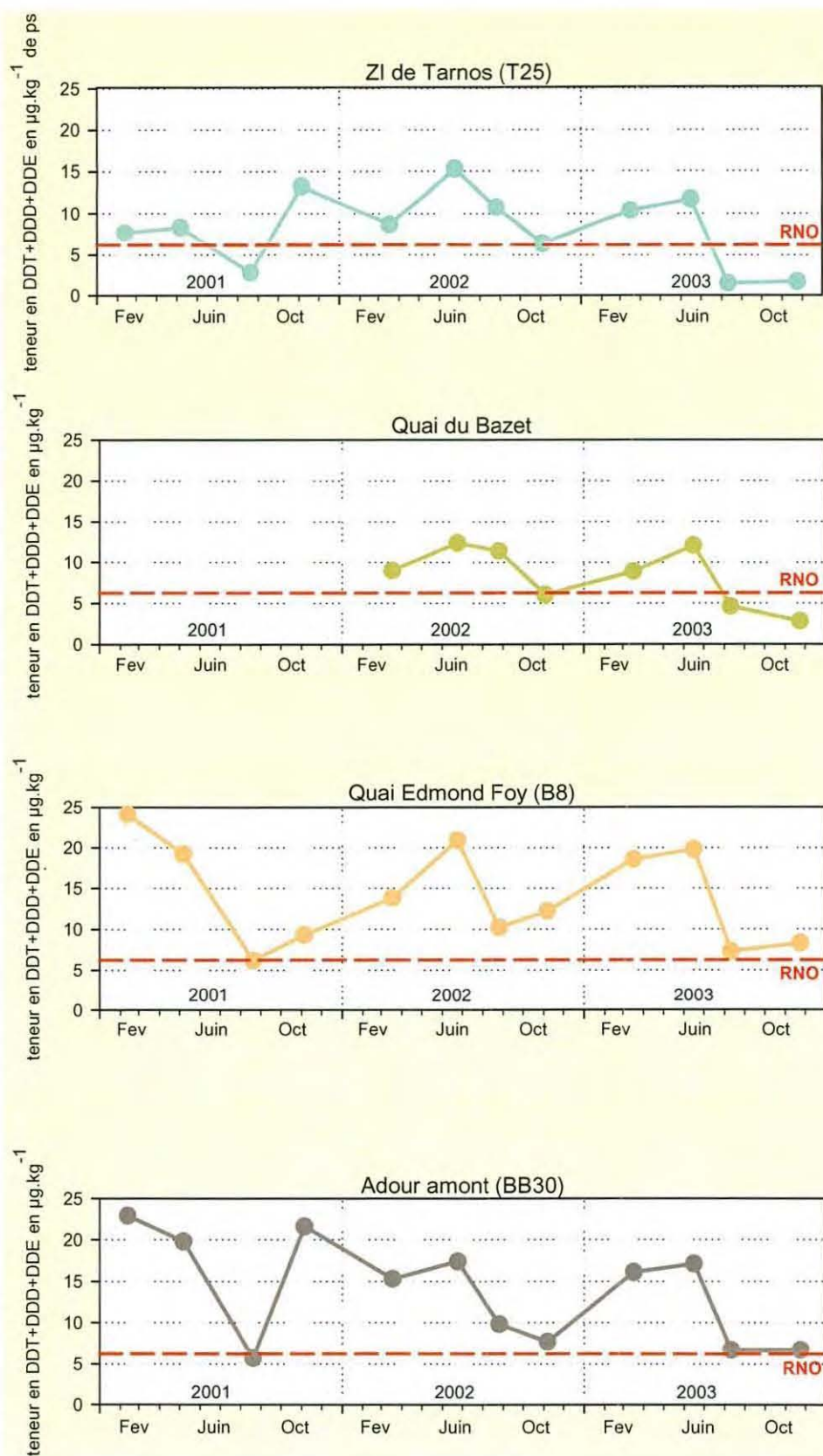


Fig. 27 : Evolution des teneurs en DDT et métabolites DDD et DDE, dans les huîtres de l'estuaire de l'Adour (2001-2003)

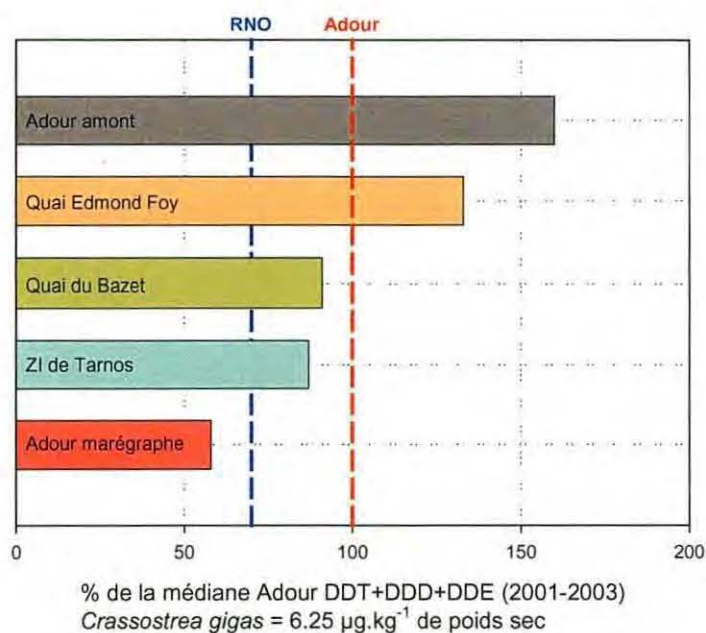


Fig. 28 : Comparaison de la contamination médiane en DDT+DDD+DDE de chaque secteur à la médiane « Adour » calculée à partir de la totalité des données 2001-2003 (n=48).

Ces résultats, bien que tout à fait conformes à la tendance nationale, attestent de l'existence de bouffées de DDT qui peuvent résulter de phénomènes de relargage se produisant principalement au niveau de terrains traités par le passé, situés sur les bassins versants de l'Adour et des gaves réunis. Il est à noter que ces composés n'ont pas été retenus comme substance dangereuse ou prioritaire mais apparaissent seulement dans la liste des substances visées par l'annexe X de la DCE, susceptibles de provoquer une pollution dans les milieux aquatiques de la communauté européenne (site Internet du MEDD, www1.environnement.gouv.fr).

④ Lindane

Depuis les années 50, le lindane (γ HCH) a été utilisé comme insecticide agricole pour le traitement des sols ainsi que des bois destinés à la construction. Son utilisation, maintenant fortement réglementée, est limitée régionalement au traitement anti-termites des sols avant construction. Les résultats publiés dans l'édition 2001 du RNO reflètent bien l'abandon de l'utilisation de ce composé.

Les résultats obtenus sur l'Adour en 2001, 2002 et 2003 n'échappent pas à cette tendance généralisée. Les teneurs observées sont toujours inférieures à la limite de détection analytique de ce polluant qui est donc peu ou pas présent dans l'estuaire de l'Adour.

© TBT

Les tributylétains (TBT) sont des substances biocides extrêmement toxiques utilisées comme agent général de conservation des bois, fongicide et dans les peintures antisalissure des navires. En France, leur emploi dans les peintures marines a été interdit, pour les navires de moins de 25 m, à partir de 1982. Cependant, malgré leur toxicité avérée, ils sont toujours utilisés dans l'industrie de la peinture et du plastique ainsi qu'en agriculture dans les pesticides (triphénylétain).

Dans l'eau, le TBT se trouve principalement lié à la phase particulaire en raison de sa faible solubilité et de sa forte affinité pour la matière organique.

Les tests de toxicité ont montré que la reproduction des bivalves est perturbée quand les concentrations en TBT dissous dans l'eau sont supérieures à 20 ng.l⁻¹. A des teneurs voisines de 1 ng.l⁻¹, des modifications de la sexualité de certains gastéropodes sont observées, se traduisant par l'apparition de caractères mâles chez les femelles, phénomène connu sous le nom d'imposex. Au stade aigu, les femelles deviennent stériles et le renouvellement des populations est menacé. Dans ces conditions, il n'est pas surprenant de retrouver cette molécule dans la liste des **substances dangereuses prioritaires** citées à l'annexe X de la DCE (décision n°2455/2001/CE).

Les résultats obtenus entre 2001 et 2003 sur les huîtres de l'estuaire de l'Adour (Fig. 29) montrent une exposition plus importante des mollusques prélevés au niveau de l'agglomération de Bayonne (Quai Edmond Foy) et de la zone industrielle de Tarnos/Boucau (ZI de Tarnos et Quai du Bazet).

A chaque date de prélèvement, la hiérarchie entre points est la même mais une saisonnalité semble exister avec des valeurs toujours maximales en août et minimales en février et novembre. En outre, le suivi réalisé sur l'embouchure de l'estuaire met en évidence une différence nette entre la rive droite (ZI de Tarnos) assez fortement contaminée et la rive gauche (Adour marégraphe) où le TBT est beaucoup moins présent dans les mollusques bivalves. Ce résultat est probablement dû au stationnement des grands navires de commerce le long des quais situés sur la rive droite de l'Adour.

Les résultats obtenus au cours de la période d'étude (2001-2003) présentent une variabilité inter-annuelle importante (Fig. 29). Ainsi, pour l'ensemble de l'estuaire marin, nous retrouvons les teneurs les plus élevées en 2002 et les plus basses en 2003 tandis que l'année 2001 est caractérisée par des niveaux de contamination intermédiaires. Ces résultats sont différents de ceux observés sur les contaminants métalliques pour lesquels l'année 2002 est caractérisée par le niveau moyen le plus faible et l'année 2003 par des valeurs élevées.

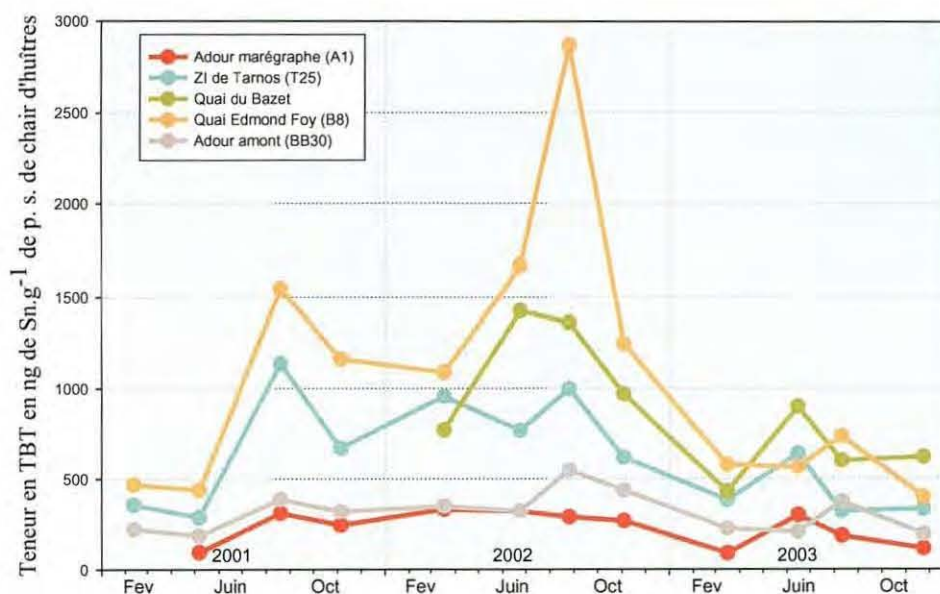


Fig. 29 : Evolution des teneurs en TBT dans les huîtres de l'estuaire de l'Adour (2001-2003)

Pour deux des cinq points échantillonnés (« Adour marégraphe » et « Adour amont »), les contaminations relevées au cours des années 2001 à 2003 sont stables. Au contraire, sur le secteur du «Quai Edmond Foy», on note au cours de l'été 2002 une élévation très importante de la teneur en TBT dans la chair des huîtres qui atteint en août 2800 ng.g⁻¹ de poids sec.

La comparaison de la médiane des teneurs en TBT, calculée pour chaque point à partir des mesures effectuées au cours des trois années, à la médiane « Adour », calculée sur la totalité des valeurs obtenues entre 2001 et 2003, montre que dans la zone « Adour amont » et au point « Adour marégraphe », les teneurs sont plutôt faibles et stables tandis qu'elles atteignent des valeurs élevées au centre de l'agglomération et sur la rive droite à proximité de la zone industrielle de Boucau/Tarnos (Fig. 30).

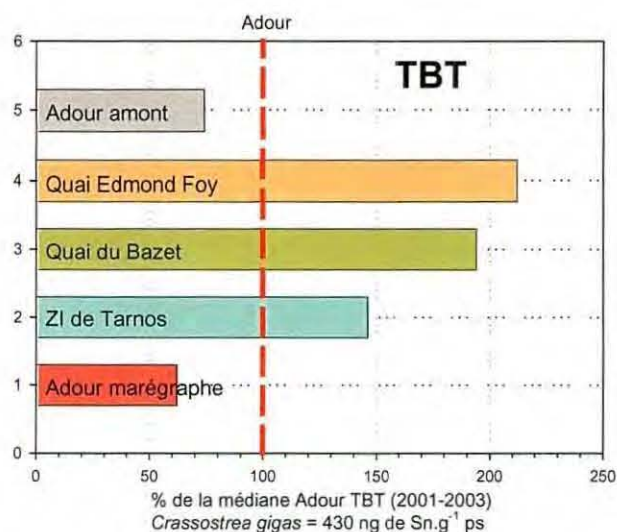


Fig. 30 : Comparaison de la contamination médiane en TBT de chaque secteur à la médiane « Adour » calculée à partir de la totalité des données 2001-2003 (n=59).

Nous avons vu précédemment que le TBT a beaucoup d'affinité pour la phase particulaire mais qu'il se désorbe très difficilement. Ainsi, en situation de débit soutenu, malgré la remobilisation des particules bloquées par le front salé, les phénomènes de désorption auront probablement une ampleur limitée. En partant de cette hypothèse, on peut penser que, pour cette substance plus que pour les autres contaminants, les teneurs mesurées dans la chair des mollusques fixés sur le pont urbain amont peuvent être considérées comme très influencées par les apports du bassin versant amont. De même, les valeurs obtenues sur les autres secteurs traduisent essentiellement l'impact d'apports locaux importants dans la partie centrale de l'estuaire marin.

Certains auteurs (Waldock *et al.*, 1983) font état, pour l'huître creuse, d'un coefficient de bioaccumulation de 6000 par rapport aux teneurs en TBT dans l'eau. L'application de ce calcul (Tab. 8) aux teneurs mesurées dans les coquillages de l'Adour permet d'estimer la concentration probable en TBT dans l'eau de l'estuaire et de comparer les valeurs obtenues aux seuils d'action sur le développement des larves de mollusques bivalves.

Secteur échantillonné	Concentration mesurée en ng de Sn.g ⁻¹ de poids sec (T25 et B8)			Concentration calculée en ng de TBT.g ⁻¹ de poids sec (T25 et B8)			Concentration estimée en ng de TBT.l ⁻¹ dans l'eau (T25 et B8)		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Adour marégraphe (n=11)	89	330	231	217	805	564	7,2	26,8	18,8
ZI de Tarnos (n=12)	286	1135	622	698	2769	1518	23,3	92,3	50,6
Quai du Bazet (n=12)	430	1424	884	1049	3475	2157	35	115,8	71,9
Quai Edmond Foy (n=12)	399	2871	1063	974	7005	2594	32,5	233,5	86,5
Adour amont (n=12)	186	547	313	454	1335	764	15	44,5	25,5

Tab. 8 : Estimation par point de la concentration en TBT dans l'eau à partir des teneurs en poids frais dans les huîtres de l'estuaire de l'Adour

Les valeurs ainsi calculées peuvent être, en été, jusqu'à dix fois supérieures (Quai Edmond Foy) aux concentrations mesurées dans l'eau de mer du port de plaisance d'Arcachon durant les étés 1997, 1998 et 2000 (4,5 à 21,9 ng de TBT.l⁻¹). Si on compare ces niveaux à l'échelle d'action du TBT dans l'eau sur les organismes marins (Tab. 9), on constate que, dans les zones représentées par les points «ZI de Tarnos» «Quai du Bazet» et «Quai Edmond Foy», les teneurs dans l'eau atteignent un niveau largement supérieur au seuil sans effet sur la reproduction de *C. gigas*. Aux valeurs maximales observées sur ces trois points (92,3 ; 115,8 et 233,5 ng de TBT.l⁻¹), l'embryogenèse est fortement perturbée avec une croissance réduite et une forte mortalité des larves.

Toutefois, le niveau de contamination reste inférieur à la limite d'influence sur la reproduction des poissons (1 à 10 µg de TBT.l⁻¹).

Niveaux de concentration	Action sur l'embryogenèse et les larves
< 1 ng de TBT.l ⁻¹	Seuil sans effet sur l'imposex (Gastéropodes).
1 ng de TBT.l ⁻¹	Seuil sans effet sur le phyto et zooplancton.
< 2 ng de TBT.l ⁻¹	Seuil sans effet sur les anomalies de calcification de l'huître <i>C. gigas</i>
20 ng de TBT.l ⁻¹	Seuil sans effet sur la reproduction de <i>C. gigas</i>
1 à 10 µg de TBT.l ⁻¹	Effets sur la reproduction des poissons
1 à 100 µg de TBT.l ⁻¹	Modification du comportement des poissons
< 500 µg de TBT.l ⁻¹	Effets sur la mue des Crustacés

Tab. 9 : Echelle d'action du TBT dans l'eau sur les organismes marins (in Alzieu, 1989).

Le suivi des teneurs en TBT réalisé entre 1986 et 1987 établit le niveau moyen de contamination des eaux côtières françaises entre 2 et 50 ng de TBT.l⁻¹ et entre 10 et 150 ng de TBT.l⁻¹ pour les ports de plaisance. De même, un échantillonnage réalisé en 1988 sur les ports de commerces de Méditerranée indique que les valeurs maximales n'excèdent pas 200 ng de TBT .l⁻¹. Les concentrations mesurées dans l'Adour se situent bien en haut de la fourchette de valeur définie pour les zones portuaires.

Les résultats obtenus au cours des trois années de suivi traduisent une contamination importante par les tributylétains, localisée dans la partie aval de l'estuaire de l'Adour sur des secteurs sous influence de sources locales, provenant de l'agglomération de Bayonne sur la rive gauche et du port de commerce de Boucau/Tarnos sur la rive droite.

Même si, pour la part de TBT qui est stockée dans le sédiment, la désorption de la phase particulaire vers la phase dissoute est difficile et peu importante, on doit, par précaution, considérer que les vases de l'estuaire aval constituent une source potentielle de contamination. Les zones portuaires de commerce comme Tarnos figurent parmi celles où la pollution par ces composés est la plus élevée (Alzieu *et al.*, 1989). Dans ces conditions, il convient au moins de vérifier que l'immersion des boues de dragage souillées par l'étain ne représente pas une source importante de dégradation de la qualité du milieu marin côtier.

Pour ce composé, extrêmement dangereux pour les écosystèmes aquatiques, la valeur seuil retenue dans le SEQ-Eau en projet (source site Internet du MEDD) pour définir le bon état écologique correspond à 1 ng.l⁻¹ de TBT. Les résultats obtenus au cours des 3 années de suivi donnent une estimation de la contamination médiane de l'eau de l'estuaire marin, par le TBT, voisine de 35 ng.l⁻¹. Cette valeur, calculée à partir du niveau médian Adour (2001-2003) (430 ng de Sn.g⁻¹ de poids sec) auquel a été appliqué le facteur de bioaccumulation (6000) de Waldock *et al.*(1983), est très largement supérieure à la valeur communautaire qui définit le bon état écologique d'un écosystème aquatique.

4. CONCLUSION

L'étude de la qualité des eaux de l'estuaire de l'Adour, préliminaire à la mise en place d'un réseau pérenne, s'est achevée à la fin de l'année 2003. Les résultats du suivi matière vivante (*C. gigas*) effectué depuis janvier 2001 sont synthétisés dans le tableau 10. Les appréciations concernant l'évolution temporelle de la contamination prennent seulement en considération les trois années de suivi (2001 à 2003). Elles donnent une indication provisoire qui devra être validée ultérieurement par des traitements statistiques d'analyse de série chronologique d'une durée minimale de dix années.

Paramètre	Marégraphie	Tarnos	Bazet	Edmond Foy	Adour amont
<i>E. coli</i>	↘	→	→	↘	→
Salmonelle					
cadmium	→	↘	→	↘	↘
mercure	→	→	→	→	→
plomb	→	→	→	→	→
zinc	→	→	↗	↗	↗
cuivre	→	→	→	→	→
chrome total	↗	↗	→	↗	↗
HAP	↘	↘	↘	↘	↘
PCB	→	→	↘	↘	↘
DDT		→	↘	↘	↘
lindane					
TBT	→	↘	↘	↘	→

faible	modéré	fort	très fort
--------	--------	------	-----------

Tab. 10 : Représentation schématique des niveaux et tendances en contaminants dans l'estuaire de l'Adour (suivi 2001-2002).

Afin de dégager l'information la plus synthétique possible sur le niveau de contamination métallique et organique de l'estuaire, une représentation graphique sous forme d'histogramme horizontal indique, pour chaque contaminant (Fig. 31 à Fig. 33), le pourcentage représenté par la médiane Adour (2001-2003) calculée à partir de la totalité des données (n=56) par rapport à la valeur médiane RNO (1999-2001) déterminée pour l'ensemble des littoraux Manche et Atlantique (valeur de référence = 100 %). A titre d'information, les valeurs médianes des deux autres estuaires aquitains figurent également sur ce graphe.

Cette approche très globale nous amène aujourd'hui à définir deux classes de contaminants en fonction de leur niveau de présence dans l'estuaire (fort ou modéré à faible). Pour ceux appartenant à la première catégorie, des mesures correctives devront être mises en oeuvre alors que pour les autres une surveillance de l'évolution des niveaux de présence sera suffisante. Ainsi, le croisement des informations contenues dans le tableau 10 (niveau et tendance par point) avec celles lisibles sur les figures 31 à 33 (niveau) apporte donc un certain nombre d'éléments essentiels pour l'élaboration de la stratégie du réseau pérenne de surveillance de la qualité des eaux de l'Adour.

⇒ Les paramètres pour lesquels le niveau de pollution est préoccupant :

- ✓ **La contamination bactériologique** évaluée à partir du nombre d'*E. coli*/100 g de broyat de chair d'huîtres, mise en évidence en 2001 et 2002, est confirmée en 2003. Les valeurs élevées sont plutôt stables. Sur les points les plus contaminés, situés au centre de la zone d'étude, une relation inverse, statistiquement significative, a pu être établie entre le nombre d'*E. coli* obtenu et le débit moyen du fleuve au cours des trente jours précédant le prélèvement. Ainsi, il apparaît que les valeurs maximales sont le plus souvent détectées au cours de la période estivale (étiage) qui est aussi caractérisée par une pression anthropique en général plus forte (tourisme) qu'en hiver, au printemps ou en automne. Ce résultat est en parfaite concordance avec les résultats publiés par la CQEL 64 (rapport 2003) qui mettent en évidence une contamination estivale marquée et attribuent une contribution prépondérante des rejets locaux à la charge bactérienne totale arrivant au bas estuaire. En outre, le pourcentage de présence de bactéries pathogènes du genre *Salmonella* déterminé à partir d'une stratégie de prélèvement mensuelle semble plutôt stable et compris entre 15 % (2002) et 20 % (2003). Il traduit un impact anthropique assez important et généralisé à l'ensemble de la zone étudiée. La souche la plus fréquemment mise en évidence (*S. typhimurium*) est aussi celle qui est le plus souvent isolée chez l'homme donc que l'on retrouvera régulièrement dans les rejets urbains bruts ou traités.
- ✓ **La contamination par les composés organiques de l'étain** de certains secteurs a été mise en évidence au cours des trois années d'étude, mais si la partie amont et la zone embouchure rive gauche sont assez peu concernées, les trois autres secteurs et notamment le quai

Edmond Foy et le quai du Bazet présentent des teneurs dans les huîtres pouvant atteindre des valeurs très élevées, supérieures à 2000 ng de TBT par gramme de poids sec de chair de mollusque. Ces niveaux de présence correspondent à une teneur estimée dans l'eau voisine de 75 à 80 ng.l⁻¹ de TBT. Il est très probable que ces secteurs soient fortement influencés par des sources locales et en particulier par la présence régulière de grands navires militaires, administratifs ou de commerce, utilisant toujours des peintures antisalissure à base d'organo-étains. A titre d'information, certains auteurs (Alzieu, 1989) font état d'un gramme de TBT libéré par jour pour un bateau de six mètres de long ce qui revient à polluer un million de mètres cubes d'eau à 1 ng.l⁻¹ qui est la concentration limite supérieure retenue pour définir le bon état écologique d'un milieu aquatique. Ceci nous amène évidemment à évoquer la directive cadre communautaire sur l'eau et plus particulièrement son annexe X qui dans la **liste des substances dangereuses prioritaire retient le TBT**. Ainsi, chaque état membre devra mettre en œuvre toutes les mesures techniquement et économiquement envisageables pour abaisser les niveaux de présence en TBT dans les écosystèmes aquatiques, avec des contraintes adaptées à la classe de masse d'eau considérée qui, pour l'estuaire de l'Adour, sera « eau de transition ». Même si les organo-étains sont largement utilisés pour d'autres applications que les biocides dans les peintures de protection, on peut supposer que la mesure la plus efficace sera sans doute, l'interdiction définitive et totale d'utilisation des peintures à base de TBT imposée au monde entier par l'Organisation Maritime internationale (OMI) depuis le 1^{er} janvier 2003 ainsi que l'obligation d'élimination de tous les produits à base de TBT présents sur tous les navires au 1^{er} janvier 2008. Cette volonté mondiale a été retranscrite dans le règlement n°782/2003/CE du Parlement Européen et du Conseil du 14 avril 2003 mais en soustrayant du champ d'application les bâtiments de guerre ainsi que tous les navires appartenant à un Etat ou exploités par un Etat, membre de la Communauté Européenne.

- ✓ **Le chrome total** est un des métaux les plus largement utilisés par l'industrie, son niveau de présence dans le bas estuaire de l'Adour est élevé (Fig. 31) avec une tendance générale à l'augmentation observée au cours des trois dernières années (Tab. 10).

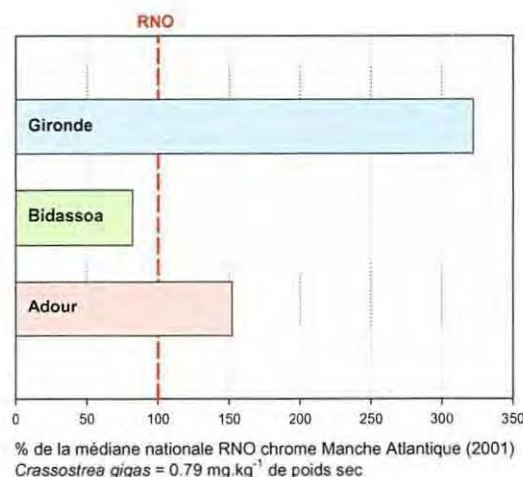


Fig. 31 : Comparaison de la contamination médiane en chrome de l'Adour (2001-2003), de la Bidassoa et de la Gironde à la médiane RNO Manche-Atlantique 2001.

Les valeurs mesurées dans l'eau par le LCABIE (2001 et 2002) témoignent de l'existence d'apports provenant du bassin versant amont (Adour et Gaves Réunis). Dans la partie aval, les données collectées dans l'axe de l'estuaire montrent une contamination plutôt faible alors que les teneurs trouvées dans la chair des huîtres sont assez élevées. Une partie du flux de chrome issu de l'amont est piégée dans la zone turbide située juste au-dessus du point « Adour amont ». Ce stock potentiel, théoriquement remobilisé sous l'effet de mécanismes physico-chimiques se produisant au contact du front salin, participe bien sûr, à l'entretien de ce niveau élevé de contamination mais n'en explique qu'une partie. La stratégie mise en œuvre tant au niveau de l'eau que de la matière vivante n'a pas montré une augmentation globale des teneurs dans l'eau du bas estuaire qui pourrait expliquer le niveau en chrome retrouvé sur tous les points centraux (quai du Bazet et quai Edmond Foy) mais aussi avals (Adour marégraphe et ZI de Tarnos). Le suivi des émissaires réalisé par LCABIE identifie seulement deux apports importants (installation classée de Lahonce et Maharin). Ces deux sources ponctuelles sont éloignées des points de suivi de la matière vivante. Il est donc légitime de s'interroger sur l'origine du chrome accumulé dans les huîtres de l'estuaire. Ce métal, utilisé par des activités de toutes sortes, pourrait arriver dans la zone de manière diffuse au travers des nombreux rejets pluviaux, urbains, industriels et mixtes recensés au niveau de l'estuaire aval, qui entretiendraient ainsi une pollution chronique, modérée à assez forte du bas estuaire.

- ✓ **Le cuivre et le zinc** sont deux métaux également très présents dans l'Adour comme d'ailleurs dans la plupart des estuaires français. Ils sont naturellement très répandus dans les divers écosystèmes aquatiques. Ils ne figurent pas parmi les substances retenues par l'AFSSA pour garantir la sécurité sanitaire des produits de la mer mais sont cités dans l'annexe X de la directive communautaire cadre sur l'eau comme substances susceptibles d'avoir un effet sur l'environnement aquatique. Pour le cuivre, la tendance d'évolution à court terme semble être à la stabilité avec des teneurs fortes dans la partie amont (Adour amont et quai Edmond Foy) et au niveau de la ZI de Tarnos (Tab. 10). En ce qui concerne le zinc, le constat est assez semblable avec, toutefois, une tendance lente mais régulière à l'augmentation des contaminations dans la partie amont ce qui traduit certainement une amplification progressive des apports issus du bassin versant de l'Adour et des Gaves réunis. De façon globale (Fig. 32), le suivi mis en oeuvre sur la matière vivante montre des teneurs fortes en cuivre mais qui sont couramment rencontrées dans les estuaires marins anthropisés. Sur ce graphe, nous constatons par exemple que les valeurs RNO Gironde (700 % du RNO) sont très nettement supérieures à celles de l'Adour. Pour le zinc, la contamination globale est moins nette puisque le niveau atteint correspond à environ 150 % de la médiane RNO. Nous l'avons toutefois retenu dans cette catégorie mais il est à noter que les teneurs élevées n'ont été mises en évidence qu'au centre de la zone d'étude « Quai Edmond Foy » ce qui peut traduire l'existence de sources très localisées.

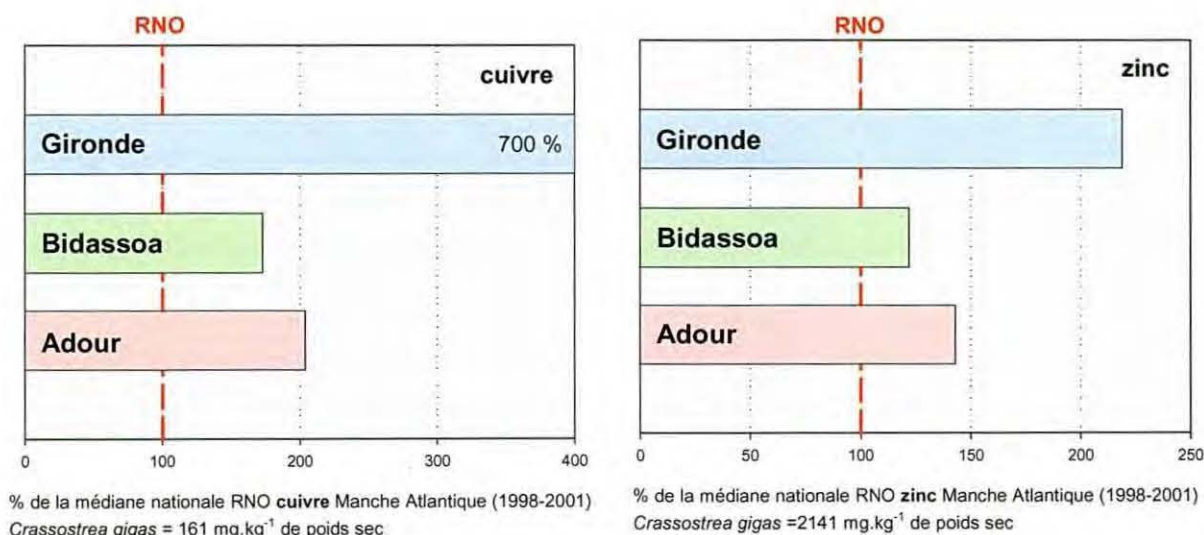


Fig. 32 : Comparaison de la contamination médiane en cuivre et zinc de l'Adour (2001-2003), de la Bidassoa et de la Gironde à la médiane RNO Manche-Atlantique (1998-2001).

↪ Les paramètres pour lesquels le niveau de présence dans l'Adour est peu préoccupant

Dans cette catégorie apparaissent quatre substances dangereuses prioritaires de l'annexe X de la directive communautaire cadre sur l'eau (cadmium, plomb, mercure et HAP) et deux autres familles de substances visées par la Directive 76/464/CE et dont le déversement dans un milieu aquatique de la communauté est jugé dangereux (les PCB et le DDT et ses métabolites).

Pour ces six paramètres, les résultats globaux de l'étude menée sur les huîtres de l'Adour entre 2001 et 2003 sont représentés sur la figure 33. Toujours pour information, nous avons également fait apparaître les valeurs médianes rencontrées sur les deux autres estuaires aquitains (Gironde et Bidassoa).

Ces résultats n'appellent pas beaucoup de commentaires. Leur niveau de présence est stable (mercure, plomb) ou en diminution (HAP, PCB, cadmium et DDT) et assez homogène sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces évolutions n'ont pas été établies à l'aide d'un traitement statistique assez robuste pour la mise en évidence de tendances temporelles. Elles ont été déterminées en fonction de l'allure des courbes de concentration sur trois années et de la comparaison des médianes annuelles par point. Elles doivent donc être considérées comme provisoires en attendant que soit constituée une série de dix années de données permettant l'analyse de tendances temporelles.

L'ensemble des travaux menés à la fois sur le vivant, l'eau et les sédiments permet aujourd'hui d'établir un état des lieux précis et fiable de la qualité des eaux de l'estuaire de l'Adour. La concordance des résultats obtenus dans les différents compartiments renforce les interprétations formulées et le bilan effectué.

Les objectifs initiaux ont bien été atteints. Il faut cependant garder à l'esprit que les critères d'appréciation de la qualité d'un milieu, même s'ils doivent être globaux, se définissent surtout en fonction des usages que l'on souhaite préserver ou développer sur la zone. A cet égard, les activités nautiques (canoë et voile), de pêche (de loisir ou professionnelle) et surtout la baignade sur les plages situées à proximité de l'embouchure, sont les plus vulnérables. Leur importance économique et la demande sociale dont-elles témoignent, doivent motiver des efforts importants destinés au moins à préserver le niveau actuel lorsqu'il est satisfaisant (mercure, plomb, cadmium, HAP, PCB) et à reconquérir une bonne qualité pour **les paramètres identifiés comme déclassants (microbiologie, TBT, chrome total).**

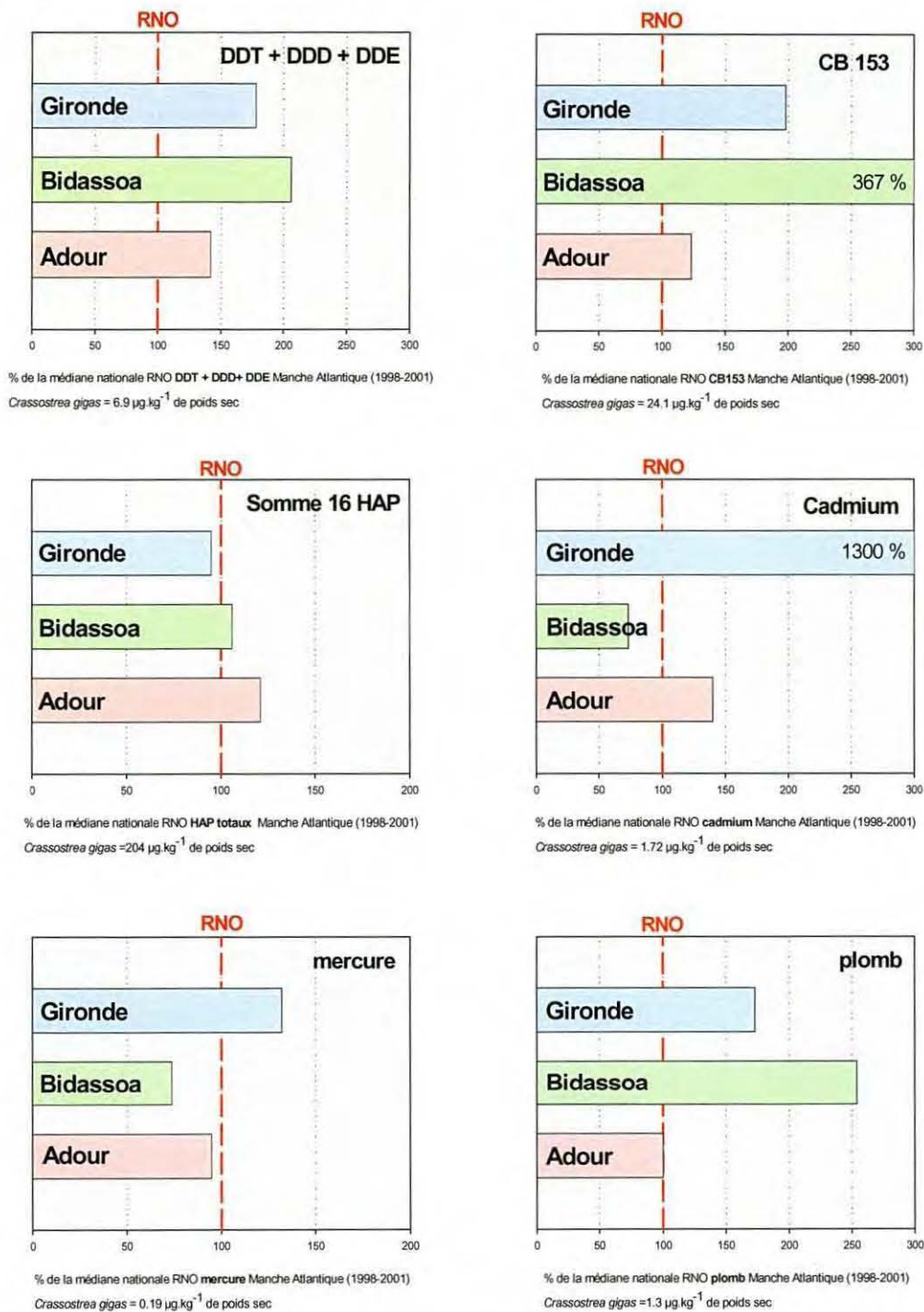


Fig. 33 : Comparaison de la contamination médiane de l'Adour (2001-2003), de la Bidassoa et de la Gironde à la médiane RNO Manche-Atlantique (1998-2001).

Les conclusions obtenues à la suite de ce travail préliminaire nous conduisent à penser que le moment est opportun pour réaliser cet effort, d'une part parce que la situation actuelle concernant un nombre important de contaminants est plutôt assez satisfaisante pour un estuaire, et d'autre part, parce que les substances présentes à un niveau préoccupant semblent avoir une origine plutôt aval et qu'il est toujours plus facile et plus efficace de travailler à l'échelle locale qu'à l'échelle d'un bassin versant amont comme celui de l'Adour.

La mise en œuvre d'un réseau pérenne de surveillance permettrait d'avoir une vision au moins à moyen terme de ces objectifs de reconquête de la qualité du milieu estuarien. Aujourd'hui, nous disposons de tous les éléments d'information nécessaire à la définition d'une méthodologie de suivi très optimisée donc d'un coût économique modéré. Cette stratégie pourrait associer :

- 1) une approche de vigilance pour les composés peu ou moyennement présents, destinées à percevoir très tôt les évolutions négatives et ainsi à mettre en œuvre par anticipation, certaines mesures correctives
- 2) une approche plus lourde, de suivi des niveaux et de quantification régulière des sources d'apports, ciblée sur les substances biologiques ou chimiques déclassantes pour l'écosystème aquatique et représentant une menace par rapport à la pérennité des activités de tourisme ou récréatives.

En outre, les bilans annuels produits par une cellule de surveillance de ce type constitueraient une aide à la décision précieuse pour les collectivités en charge des aménagements littoraux.

5. Bibliographie

Bibliographie

- Abarnou A., Le Guellec A.M., Loizeau V., 2002. Les polychlorobiphényles (PCB) dans l'environnement littoral. *In* RNO 2002. surveillance du milieu marin. Travaux du RNO. Edition 2002. Ifremer et Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 13-24.
- Alzieu C., 1989. L'étain et les organoétains en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. *Rapports Scientifiques et Techniques de l'Ifremer*, 17, 93 p.
- Anonyme, 1994. Suivi de la qualité des eaux des rivières du département des Pyrénées-Atlantiques. *Zones estuariennes*, 59 p.
- Baudart *et al.* (2000) Diversity of *Salmonella* strains isolated from the aquatic environment as determined by serotyping and amplification of the ribosomal DNA spacer regions. *Appl. Environ. Microbiol.* 66 : 1544-1552
- Catalao Dionisio *et al.* (2000) Occurrence of *Salmonella spp* in estuarine and coastal waters of Portugal. *Antonie van Leeuwenhoek* 78 : 99-106.
- Chantereau S., Chiffolleau J.F., Dufour A., Jeanneret H., 2002. Utilisation des données du RNO dans le cadre du naufrage de l'ERIKA. *In* RNO 2002. Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO. Edition 2002. Ifremer et Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 25-44.
- Cossa D., Thibaud Y., Romeo M., Gnassia-Barelli M., 1990. Le mercure en milieu marin, biogéochimie et écotoxicologie. *Rapports scientifiques et techniques de l'Ifremer*, 19, 130 p.
- Cossa D., 1994. Le mercure en milieu marin : le cas du littoral français dans le contexte d'une contamination à l'échelle planétaire. *Equinoxe*, 47-48, 48-52.
- Directive Cadre sur l'Eau, 2000/60
- DDE/CQEL64. Bactériologie et sels nutritifs dans les eaux de l'estuaire de l'Adour. Rapport d'étude N°2, année 2001.
- DDE/CQEL64. Bactériologie et sels nutritifs dans les eaux de l'estuaire de l'Adour. Rapport d'étude N°3, année 2002.
- Goldberg E.D., Bowen V.T., Farrington J.W., Harvey G., Martin J.H., Parker P.L., Risebrough R.W., Robertson W., Schneider E., Gamble E., 1978. The mussel watch, *Environmental Conservation*, Vol. 5, n° 2, pp. 101-125.
- Hervé C., 1997. Méthode d'analyse bactériologique pour le contrôle des coquillages : recherche et dénombrement de coliformes thermotolérants (*E. coli* présumé) par la méthode N.P.P. 3x5 tubes. Rapport interne Ifremer DEL/97-11/Nantes, 13 p.
- Hervé C., 1993. Méthodes usuelles d'analyse bactériologique des coquillages. Rapport interne Ifremer DEL/93.01/Nantes, 28 p. + annexes
- LCABIE. Suivi des micro-polluants dans les eaux de l'estuaire de l'Adour. Rapport d'étude N°2, année 2001.
- LCABIE. Métaux dans les sédiments de l'Adour et suivi des micro-polluants dans les eaux. Rapport d'étude N°3, année 2002.

Marchand M., Abarnou A., Marcaillou-Lebaut C., 1990. Les polychlorobiphényles (PCB) en milieu marin, biogéochimie et écotoxicologie. Rapports scientifiques et techniques de l'Ifremer, 18, 162 p.

Michel P., 1993. L'arsenic en milieu marin – Biogéochimie et écotoxicologie. Repères Océan, 4, 62 p.

Michel P., Averty B., 1996. Bilan 1992 de la contamination des côtes françaises par les composés organostanniques. Rapport interne Ifremer DEL/96-06/Nantes, 12 p.

Polo *et al.* (1999) Prevalence of *Salmonella* serotypes in environmental waters and their relationships with indicator organisms. *Antonie van Leeuwenhoek* 75 : 285-292

REGLEMENT CE n° 466/2001 de la commission du 08 mars 2001 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

Résultats de la Surveillance de la Qualité du Milieu Marin Littoral. Département Gironde, Landes et Pyrénées-Atlantiques. Edition 2001. 45 p.

Résultats de la Surveillance de la Qualité du Milieu Marin Littoral. Département Gironde, Landes et Pyrénées-Atlantiques. Edition 2002. 23 p.

RNO, 1994. Surveillance du milieu marin. Travaux du Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin. Edition 1994, 32 p.

RNO, 2000. Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO. Edition 2000, 36 p.

RNO, 2001. Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO. Edition 2001, 40 p.

RNO, 2002. Surveillance du milieu marin. Travaux du RNO. Edition 2002, 43 p.

Rocher V., 2000. Identification des sources d'hydrocarbures en milieu urbain, sciences et techniques de l'environnement, Université Paris XII-Val de Marne, 45 p.

SEAMER, 2001. Etude de l'impact des rejets polluants de l'Adour à la Bidassoa par modèle 2D et 3D haute définition. Rapport au SIEA, 2 volumes.

Trut G., Cantin C., Gueguen C., Guillard F., 2002. Etude de la qualité des eaux de l'estuaire de l'Adour. Volet matière vivante. Rapport au SPPPI, 52 p + annexes.

Trut G., Capdepuy M., 2003. Etude de la qualité des eaux de l'estuaire de l'Adour. Volet matière vivante. Suivi 2001-2002. Rapport interne Ifremer RST.DEL 03/01/Arcachon 48 p + annexes.

Waldock M.J., Thain J., Miller D., 1983. The accumulation and depuration of bis (tributyltin) oxide in oysters : a comparison between the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and the European flat oyster (*Ostrea edulis*). ICES, C.M. 1983/E : 52.

Liste des sigles utilisés

AFNOR : Agence Française de Normalisation.

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments.

CNR : Centre National de Référence (des salmonelles, Institut Pasteur Paris).

CQEL : Cellule Qualité des Eaux Littorales (service de la DDE).

DBT : Dibutylétain (produit de dégradation du Tributylétain).

DCE : Directive Cadre sur l'Eau (réglementation européenne milieux aquatiques).

DDE : Direction Départementale de l'Équipement.

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane (insecticide interdit depuis 1972).

DIREN : Direction Régionale de l'Environnement.

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.

LCABIE : Laboratoire de Chimie Analytique Bio-Inorganique et Environnement.

LMRR : Laboratoire Municipal et Régional de Rouen (sous traitant analyses chimiques matière vivante).

MBT : Monobutylétain (produit de dégradation du dibutylétain).

MEDD : Ministère de l'Environnement et du Développement Durable.

NPP : Nombre le Plus Probable (technique analytique de mesure des *E. coli*).

OMI : Organisation Maritime Internationale.

PCB : Polychlorobiphényles (famille d'organochlorés persistants et potentiellement toxiques pour l'environnement).

PNEC : Predicted No-Effect Concentration (seuil de concentration probable sans effet sur les milieux aquatiques).

REMI : REseau national de surveillance Microbiologique.

RNO : Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin.

SEQ : Système d'Évaluation de la Qualité (grille d'évaluation de la qualité d'un milieu aquatique d'eau douce en fonction des usages, en cours de définition pour les eaux côtières).

SPPPI : Secrétariat Permanent à la Prévention des Pollutions Industrielles.

STEP : Station d'Épuration pour les eaux usées urbaines.

TBT : Tributylétain (composé organométallique utilisé pour ses propriétés biocides).

UT2A : Ultra Traces Analyses Aquitaine (laboratoire sous traitant pour le dosage des organoétains).



6. Annexes

Annexe 1 : Procédure de prélèvement, transport et réception des échantillons de coquillages destinés à la surveillance microbiologique (REMI).

5. PRISE EN COMPTE DES ECHANTILLONS

5.1 Prélèvements

5.1.1 Définition

Un prélèvement est une partie représentative de la qualité microbiologique du milieu. La phase de prélèvement constitue la première partie du traitement de la demande d'analyse. Elle comprend la collecte des échantillons, puis le stockage en glacière isotherme, le transport et la livraison au laboratoire en attendant la phase d'analyse proprement dite. Les instructions concernant cette activité sont reprises dans la procédure n°6 (arpri06*.doc)

5.1.2 Planification

Les prélèvements sont planifiés le mois n-1, ils sont notés sur le **PLANNING MENSUEL DES PRELEVEMENTS**, dont le modèle est joint en annexe 4 chapitre 12 du Manuel Qualité. Les modalités d'élaboration et d'affichage du planning sont décrites dans le Manuel Qualité chapitre 12 § 5.1.1.

En cas de déclenchement de dispositif d'alerte, des prélèvements supplémentaires sont réalisés. Les renseignements concernant le type d'évènement ayant motivé l'alerte, sont notés sur la fiche : **EVENEMENT** (Annexe 5 chapitre 12 du Manuel Qualité).

5.1.3 Organisation

Le matériel à prévoir pour les prélèvements est listé dans l'annexe 6 : **MATERIEL DE PRELEVEMENT** (cf. manuel qualité chapitre 12 annexe 6).

Le déroulement chronologique des prélèvements, effectués en voiture, sur différents points d'une même tournée, peut être décrit à l'aide de la fiche : **TOURNEE DE PRELEVEMENTS**, dont un modèle est joint en annexe 7 chapitre 12 du Manuel Qualité. Si un point est échantillonné de façon isolée, la fiche **POINT DE PRELEVEMENT** (annexe 1 chapitre 12 du manuel qualité), fait office de fiche de tournée.

Pour les prélèvements effectués par bateau, il n'y a pas de fiche de tournée préétablie, trop de facteurs pouvant en modifier le déroulement (coefficient de marée, vent...).

Dans tous les cas, la fiche de **TOURNEE** n'intervient qu'à titre d'aide, et n'est pas une obligation.

5.1.4 Réalisation

Les méthodes de prélèvement et la nature des échantillons à prélever sont décrites soit dans le Cahier des spécifications techniques et méthodologiques REMI, soit dans le protocole du programme local concerné.

Les informations identifiant l'échantillon sont notées, au moment du prélèvement, sur une **étiquette de prélèvement**, dont le modèle, est joint en annexes 8 et 9 chapitre 12 du Manuel Qualité.

Si le prélèvement est effectué par des personnes extérieures à Ifremer (sous-traitance), tous les éléments nécessaires à la bonne réalisation du prélèvement leur sont fournis dont les fiches :

POINT DE PRELEVEMENT, MATERIEL DE PRELEVEMENT (annexes 1 et 6 ch.12 Manuel Qualité), ainsi que les **étiquettes de prélèvement**.

Prélèvements de coquillages : voir les conditions générales de prélèvement des échantillons de coquillages *in situ* et de transport du Cahier des spécifications techniques et méthodologiques REMI. Le nombre des coquillages prélevés doit être légèrement supérieur à la quantité nécessaire à la préparation du broyat à analyser (75 à 100 g de chair et de liquide intervalvaire), afin d'éliminer ceux pouvant être endommagés, soit en général pour les principales espèces :

- huîtres : 8- 9 individus
- moules : 20-25 individus
- coques : 20-25 individus
- palourdes : 20-25 individus

Lors du prélèvement, les coquillages sont débarrassés, si nécessaire, du dépôt excessif de vase sur la coquille par lavage dans l'eau de mer *in situ*, avant d'être mis dans un sachet plastique à usage unique, étanche et résistant, convenablement fermé et étiqueté.

L'étiquette de prélèvement, en matière non déchirable, est complétée au crayon gras et accrochée à l'extérieur du sachet.

Les coquillages sont protégés des températures excessives, en cas de nécessité, du point de prélèvement jusqu'au véhicule. Les sachets plastique contenant les échantillons de coquillages à analyser sont entreposés dès que possible dans une glacière réfrigérée exclusivement réservée à cet effet.

5.1.5 Conditions de transport

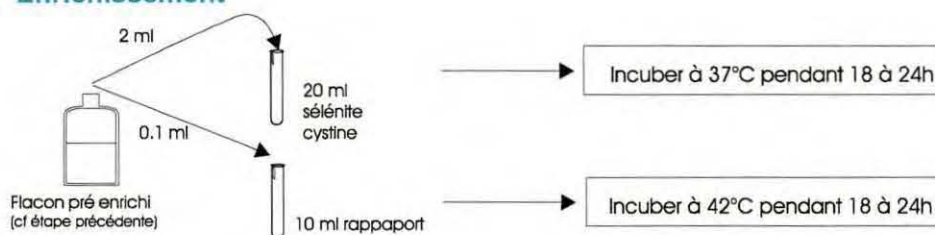
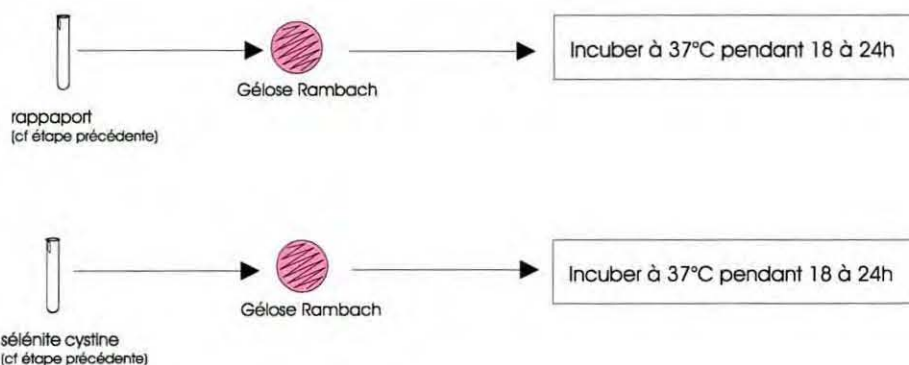
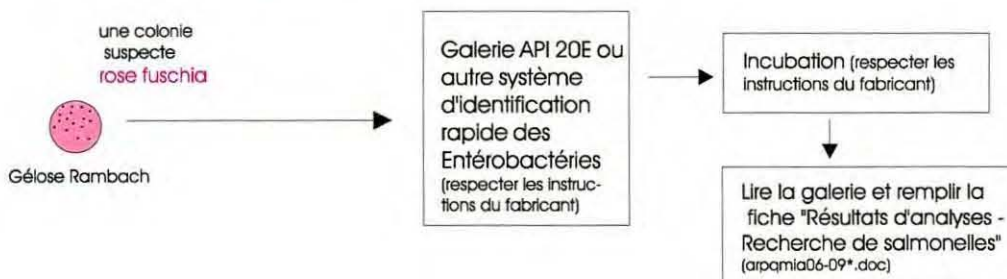
Les échantillons de coquillages sont transportés en glacière à une température maintenue entre +2 °C et +15 °C par des accumulateurs de froid. Les glacières isothermes sont maintenues à l'abri de la chaleur. Le transport des échantillons jusqu'au laboratoire s'effectue dans les meilleurs délais.

Arrivés au laboratoire, les échantillons sont entreposés dans une enceinte réfrigérée à une température de 6 °C ± 2 °C.

Le contrôle de la température de la glacière est effectué :

- Soit au moyen d'un enregistreur autonome certifié, placé à l'intérieur de la glacière, au départ de la tournée de prélèvement.

Soit au thermomètre certifié, placé au milieu des échantillons dans la glacière à l'arrivée au laboratoire.

Annexe 1 bis : Procédure de surveillance microbiologique apri14a**RECHERCHE DES *SALMONELLA SPP***
(méthode de routine – NF V08-052)**Pré-enrichissement****Enrichissement****Isolement****Confirmation biochimique**

NB : Le résultat final obtenu est exprimé uniquement sous la forme : Présence ou Absence / 75 g de CLI

Annexe 2 : Diffusion des résultats RNO Codes paramètres RNO et unités utilisées

Résultats exprimés par rapport au poids sec (chair lyophilisée)

ACEPHTE	Acénaphène	µg/kg
ACEPHTY	Acénaphtylène	µg/kg
ANTHRAC	Anthracène	µg/kg
BZAANT	Benzo(a)anthracène	µg/kg
BZAPYR	Benzo(a)pyrène	µg/kg
BZBFLU	Benzo(b)fluoranthène	µg/kg
BZGHIPER	Benzo(g,h,i)pérylène	µg/kg
BZKFLU	Benzo(k)fluoranthène	µg/kg
CHRYSEN	Chrysène	µg/kg
DBZAHANT	Dibenzo(a,h)anthracène	µg/kg
FLUORAN	Fluoranthène	µg/kg
FLUOREN	Fluorène	µg/kg
IND123PY	Indeno(1,2,3-cd) pyrène	µg/kg
NAPHTAL	Naphtalène	µg/kg
PHENATH	Phénanthrène	µg/kg
PYRENE	Pyrène	µg/kg
PAH	Hydrocarbures polyaromatiques	mg/kg
PCB	PCB totaux	µg/kg
CB101	Congénère de PCB 101	µg/kg
CB105	Congénère de PCB 105	µg/kg
CB118	Congénère de PCB 118	µg/kg
CB138	Congénère de PCB 138	µg/kg
CB153	Congénère de PCB 153	µg/kg
CB156	Congénère de PCB 156	µg/kg
CB180	Congénère de PCB 180	µg/kg
CB28	Congénère de PCB 28	µg/kg
CB31	Congénère de PCB 31	µg/kg
CB35	Congénère de PCB 35	µg/kg
CB52	Congénère de PCB 52	µg/kg
DDT	DDT	µg/kg
DDD	DDD	µg/kg
DDE	DDE	µg/kg
HCHALPHA	Alpha-HCH	µg/kg
HCHGAMMA	Lindane ou gamma-HCH	µg/kg
CD	Cadmium	mg/kg
CU	Cuivre	mg/kg
HG	Mercure	mg/kg
PB	Plomb	mg/kg
ZN	Zinc	mg/kg
INDVTAIL	Taille de l'individu	mm
MS%	Pourcentage de matière sèche	%
MEH%	Pourcentage de mat. extract. à l'hexane	%

Annexe 3 : Procédure de prélèvement du RNO « matière vivante »**PRELEVEMENT - TRANSPORT - RECEPTION -
DES ECHANTILLONS DE COQUILLAGES****OBSERVATIONS**

Pour un point de prélèvement donné, les coquillages seront prélevés au même endroit, cette position ne doit pas varier au cours du temps.

Ces prélèvements sont effectués trimestriellement mois de février, mai, août et novembre

NOMBRE DE COQUILLAGES A PRELEVER

ESPECE	NOMBRE D'INDIVIDUS	TAILLE
Huîtres	30	2 à 3 ans
Moules	50	45 et 55 mm

PRELEVEMENT

1. Placer l'échantillon dans une poche à huîtres (panetières) ou un filet ajouré
2. Les individus prélevés devront constituer un lot homogène
3. Nettoyer les coquillages si possible lors du prélèvement
4. Mettre l'étiquette d'identification dans la poche ou le sac

L'étiquette doit comporter les informations suivantes :

Programme : *RNOMV*

LABO/AGENT : *initiales de l'agent*

Date et heure

Code et nom du point

Espèce de coquillage

si besoin la case EVENEMENT/OBSERVATIONS est renseignée

TRANSPORT

Les échantillons doivent être transportés dans une caisse isotherme

1. Les échantillons sont placés dans une grande glacière bleue.
2. Des blocs de froid peuvent être mis, mais ne doivent pas être en contact avec les coquillages
3. Le délai entre le prélèvement et l'épuration doit être le plus court possible

RECEPTION

se référer à la procédure arpqno01.a

Annexe 4 : Procédure de réception, épuration, préparation des coquillages et expédition vers les laboratoires sous traitants du RNO.

PROCEDURE R.N.O.

A : RECEPTION - EPURATION :

1 - La veille de l'échantillonnage, des bidons d'eau de mer sont prélevés dans le Bassin d'Arcachon et ramenés au laboratoire, dans les bonbonnes prévues à cet effet.

2 - Après décantation, l'eau est versée dans les bacs prévus pour l'épuration des coquillages. Il est tout à fait possible, sans nuire à la qualité du résultat final, d'utiliser de l'eau décantée en provenance d'un bassin de professionnels sérieux.

3 - Dès son arrivée au laboratoire, l'agent préleveur lave les coquillages à l'eau de ville (robinet dans le garage), dans le cas exceptionnel du point d'Hendaye Chingoundy, où il est impossible de le faire sur place.

4 - Les coquillages sont placés sur le support ajouré surélevé se trouvant dans les bacs, les isolant du fond en **une seule couche, et recouvert d'au moins 10 cm d'eau**. Un seul échantillon bien identifié par bac.

5 - Les échantillons sont enregistrés par les analystes sur le registre des échantillons.(annexe 1) ; date de prélèvement, code du point, lieu de prélèvement correctement libelles et espèces prélevées.

6 - Après une décantation an minimum de 18 heures et au maximum de 26 heures, les échantillons sont sortis de l'eau et amenés sur les supports jusqu'à la salle n°9 pour biométrie et décoquillage.

B : PREPARATION DES COQUILLAGES :

1 - Mesurer à l'aide du pied à coulisse la longueur d'une cinquantaine d'individus pour un échantillon de moules et d'une trentaine d'individus pour un échantillon d'huîtres, sur le cahier prévu à cet effet.

Les mesures sont ensuite reportées dans le tableau prévu dans Excel (G:\asqual\pq\rno\divers\200x.xls) ; la moyenne et l'écart type de l'échantillon, obtenus sont inscrits en millimètres sur l'étiquette des piluliers et sur l'annexe 1.

2 - Le décoquillage s'effectue avec le matériel prévu à cet effet. (couteaux, scalpels, buchner). stocké dans le placard RNO.

Pour l'ouverture de tous les coquillages le port des gants en polyéthylène est obligatoire. En cas de besoin des gants de protection recouverts par les gants de polyéthylène pourront être utilisés.

3 - La chair des coquillages est mise à égoutter sur un entonnoir de Buchner en porcelaine;

4 - Le temps d'égouttage est d'environ 30 minutes, durant l'égouttage l'entonnoir est recouvert d'un papier aluminium calciné (grands modèles fourni par DEL/NT).

5 - Lors du dé coquillage des échantillons de moules, il convient de garder les coquilles des individus **entrant effectivement dans l'échantillon**. Ces coquilles seront ensuite débarrassées de toutes les salissures et rincées rapidement à l'eau douce. Elles seront ensuite séchées à **110 °C pendant 2 heures et pesées ensemble après refroidissement**. Le poids doit être noté en grammes avec une décimales sur l'annexe 1 dans la colonne observation.

6 - Tarer deux piluliers (fournis par le laboratoire DEL/MPL/Nantes) à l'aide de la balance électronique au 1/10 g. Ceux-ci doivent être tarés à vide, sans couvercle, mais pourvus de leurs étiquettes correctement remplies (crayon à papier). La tare au gramme près doit être notée sur l'étiquette du pilulier et l'annexe 1.

7 - Remplir au $\frac{3}{4}$ les deux piluliers correspondant à l'échantillon traité et les fermer en insérant une feuille d'aluminium calcinée neuve entre le verre et la capsule plastique (petits modèles fournis par DEL/NT).

8 - Les piluliers munis de leur étiquette d'identification autocollante, sont placés au congélateur.

9 - Après chaque usage, les entonnoirs Buchner et couteaux utilisés sont lavés à l'eau du robinet, puis rincés à l'eau distillée. Ils seront ensuite placés individuellement dans un sac en polyéthylène fermé, jusqu'à leur utilisation suivante.

10 – Les bacs d'épuration après avoir été vidés sont rincés sommairement si nécessaire avec un peu d'eau de mer. Ils doivent être égouttés rapidement et stockés fermés avec les portoirs à l'intérieur; entre deux utilisations ils ne doivent servir à rien d'autre.

11 - Les étiquettes de prélèvements de l'année en cours seront stockées dans l'armoire RNO, en attendant de recevoir le numéro d'enregistrement de DEL/NT. Ce numéro sera aussi noté dans le registre des échantillons.

Annexe 5 : Modalités de classement des zones de production conchylicoles.

Le principe du classement des zones de production repose principalement sur leur contamination bactériologique, exprimée en nombre le plus probable (N.P.P) d'*E. coli* dans 100g de chair et de liquide intervalvaire (C.L.I). Chaque catégorie est définie d'après la distribution de fréquence en pourcentage des résultats de dénombrement. Pour les deux premières catégories (A et B) il existe un seuil de tolérance (respectivement 230 et 4 600) qui ne peut être dépassé que dans 10 % des cas au plus et un maximum (respectivement 1 000 et 46 000) qui ne doit jamais être franchi. Pour les deux dernières catégories (C et D) il existe que le seuil de tolérance (46 000) qui ne peut être dépassé que dans 10 % des cas au plus pour un classement en catégorie C et qui est dépassé dans plus de 10 % des cas pour la catégorie D.

Nombre d' <i>Escherichia coli</i> par 100 g de C.L.I				
Catégorie	230	1 000	4 600	46 000
A	≥ 90 %	≤ 10 %	0 %	
B	≥ 90 %		≤ 10 %	0 %
C	≥ 90 %			≤ 10 %
D				> 10 %

Estimation de la qualité microbiologique des zones de production de coquillages en fonction des fréquences de dépassement des seuils de contamination fixés par l'arrêté du 21 mai 1999.

Annexe 6 : Matrice de corrélation par le moment de Pearson pour le paramètre mercure

	Quai du Bazet	Quai Edmond Foy	Adour amont	Marégraphe
ZI Tarnos	0.896	0.862	0.679	0.710
p	0.00257	0.000306	0.0151	0.00971
n	8	12	12	12
Bazet		0.903	0.632	0.701
p		0.00212	0.0929	0.0526
n		12	8	8
Edmond Foy			0.838	0.474
p			0.000656	0.119
n			12	12
Adour amont				0.289
p				0.362
n				12

Annexe 7 : Matrice de corrélation par le moment de Pearson pour le paramètre cadmium

	Quai du Bazet	Quai Edmond Foy	Adour amont	Marégraphe
ZI Tarnos	0.565	0.587	0.240	0.472
p	0.144	0.0446	0.452	0.121
n	8	12	12	12
Bazet		0.663	- 0.232	0.700
p		0.0729	0.581	0.0530
n		8	8	8
Edmond Foy			0.333	0.418
p			0.290	0.176
n			12	12
Adour amont				- 0.0805
p				0.803
n				12

Annexe 8 : Matrice de corrélation par le moment de Pearson pour le paramètre chrome

	Quai du Bazet	Quai Edmond Foy	Adour amont	Marégraphe
ZI Tarnos	0.967	0.553	0.669	0.858
p	0.0000850	0.0620	0.0175	0.000351
n	8	12	12	12
Bazet		0.973	0.787	0.920
p		0.0000483	0.0205	0.00122
n		8	8	8
Edmond Foy			0.522	0.538
p			0.0817	0.0711
n			12	12
Adour Amont				0.609
p				0.0355
n				12

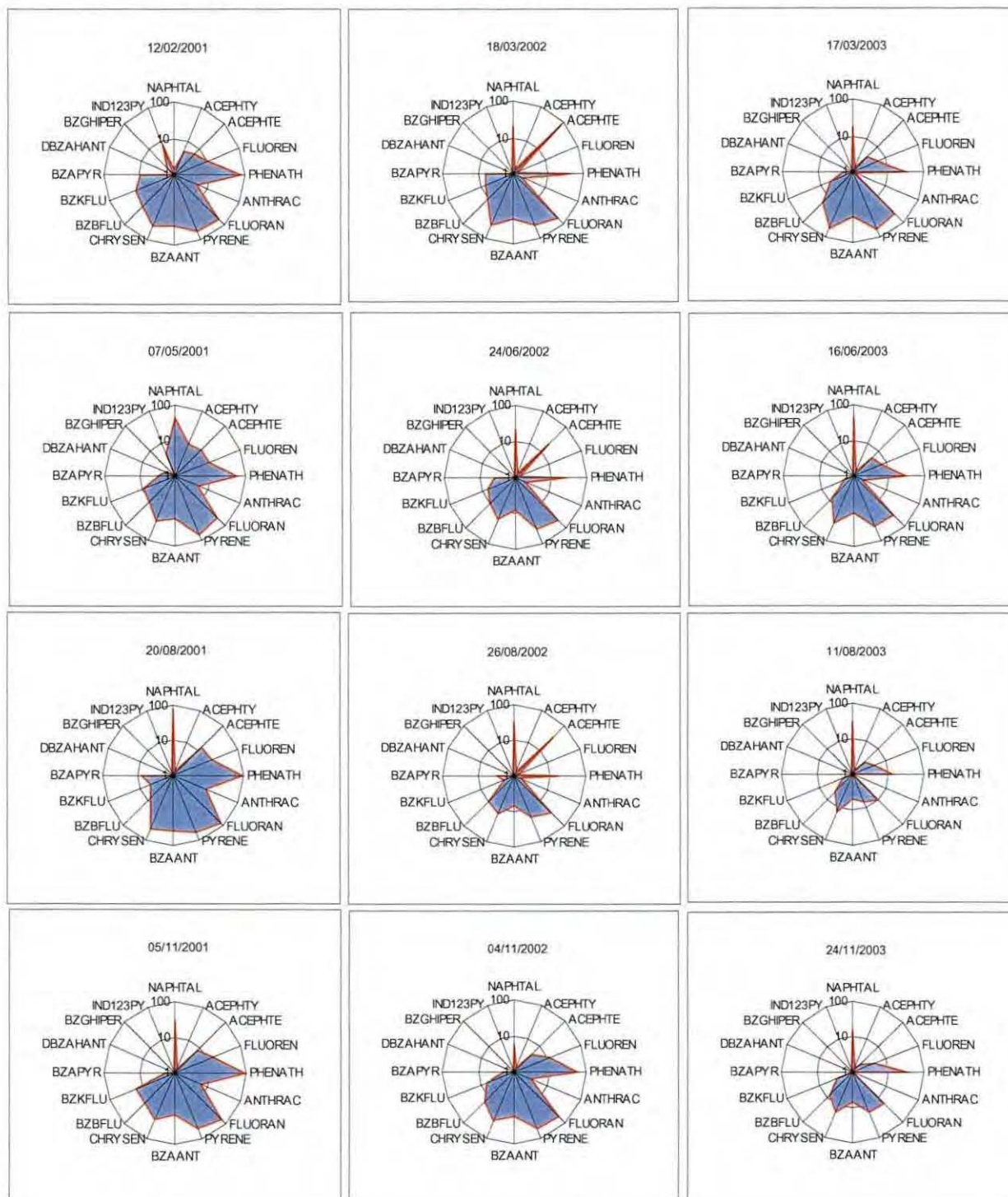
Annexe 9 : Matrice de corrélation par le moment de Pearson pour le paramètre cuivre

	Quai du Bazet	Quai Edmond Foy	Adour amont	Marégraphe
ZI Tarnos	0.748	0.521	-0.345	0.644
p	0.0328	0.0825	0.272	0.0238
n	8	12	12	12
Bazet		0.631	0.304	0.469
p		0.0932	0.463	0.241
n		8	8	8
Edmond Foy			0.203	0.320
p			0.526	0.310
n			12	12
Adour amont				-0.584
p				0.0461
n				12

Année 2001

Année 2002

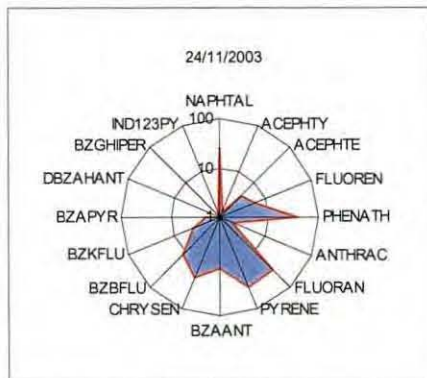
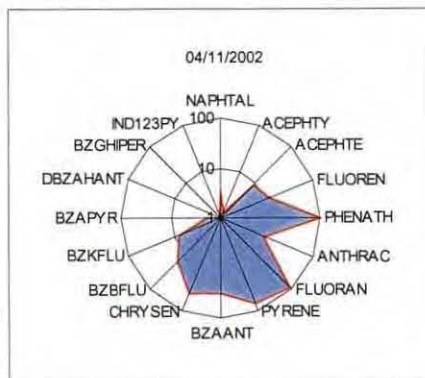
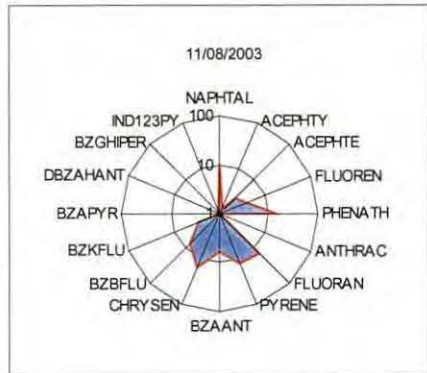
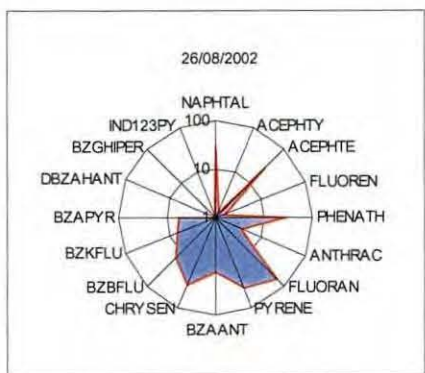
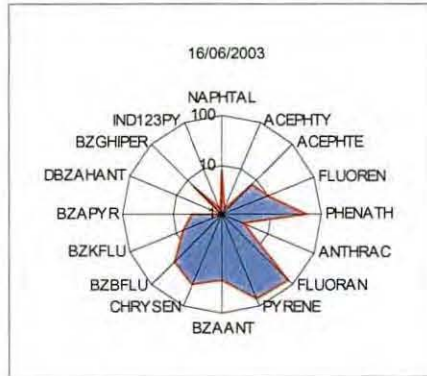
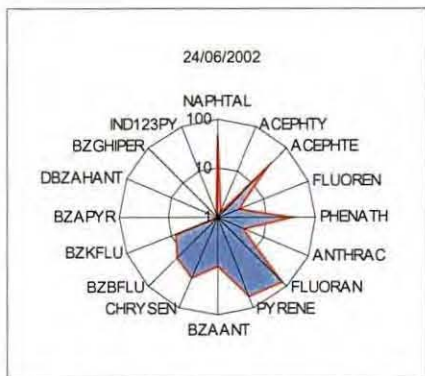
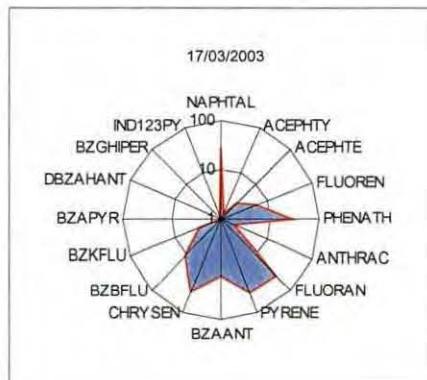
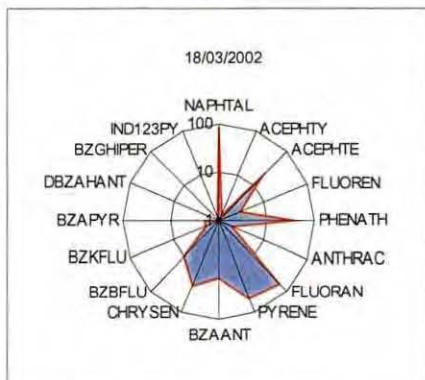
Année 2003



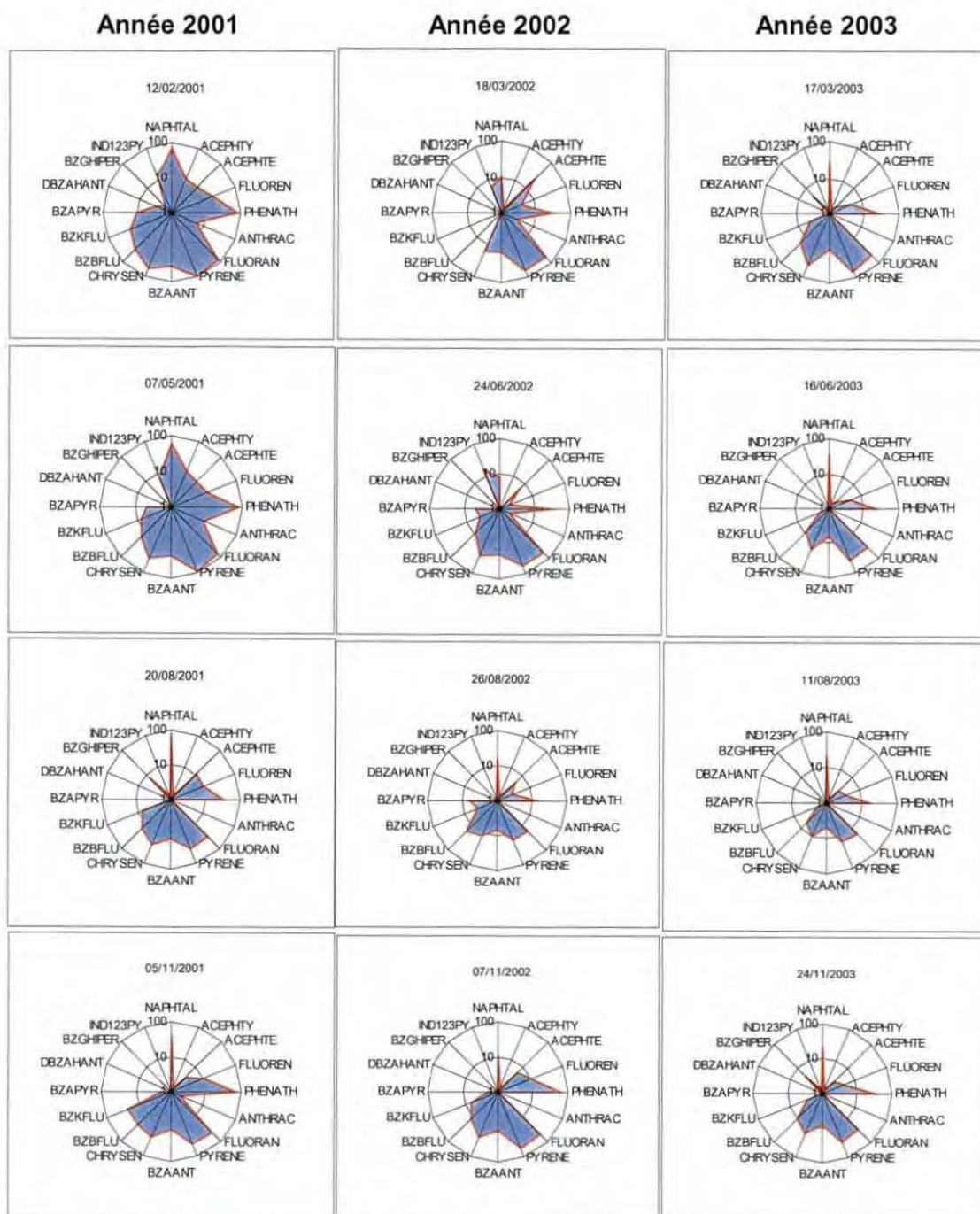
Annexe 10 : Empreintes de la contamination en 16 HAP au point «ZI de Tarnos»

Année 2002

Année 2003



Annexe 11 : Empreintes de la contamination en 16 HAP au point «Quai du Bazet» .

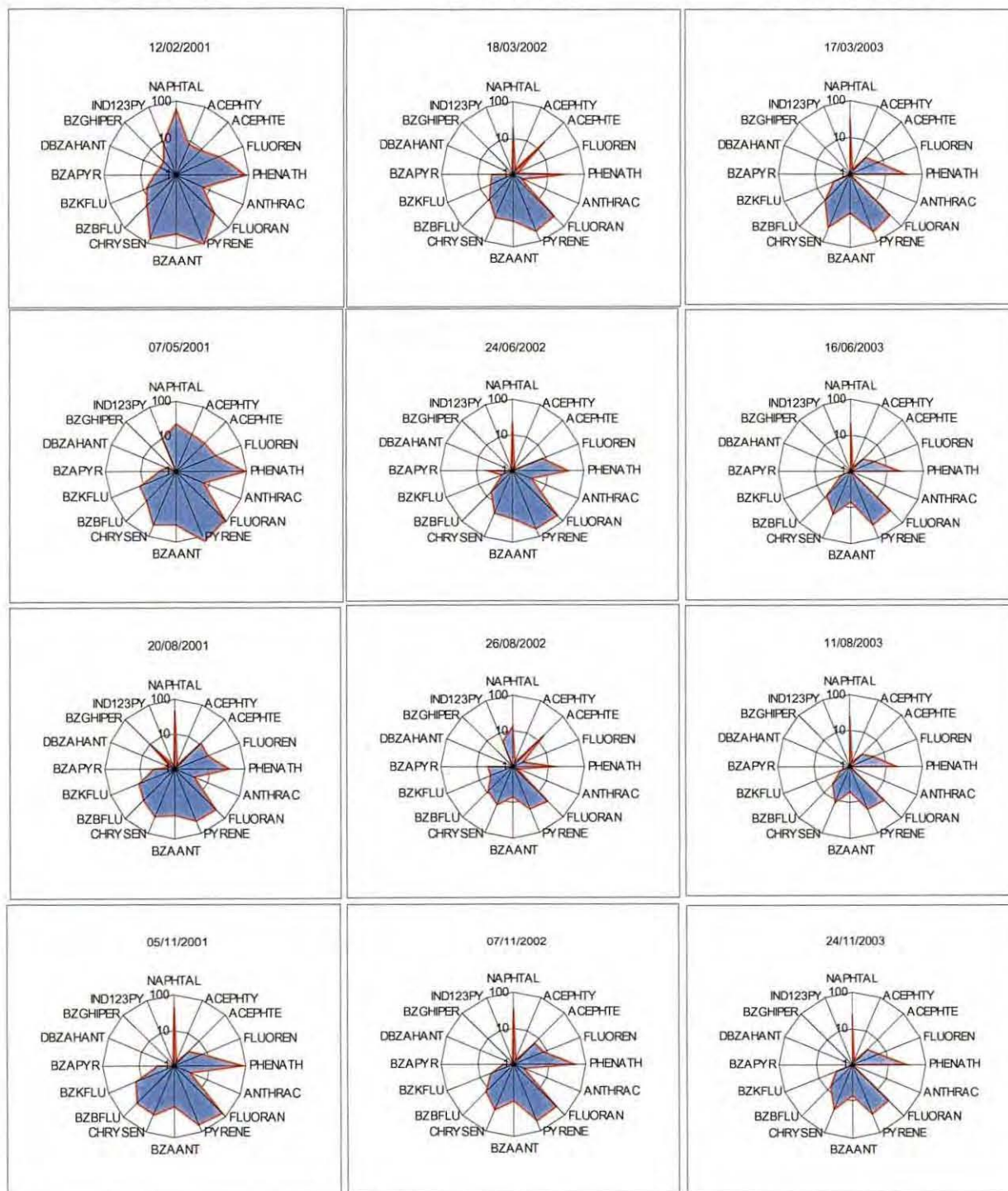


Annexe 12 : Empreintes de la contamination en 16 HAP au point «Quai Edmond Foy».

Année 2001

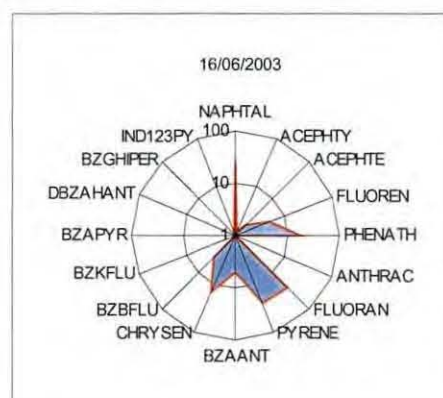
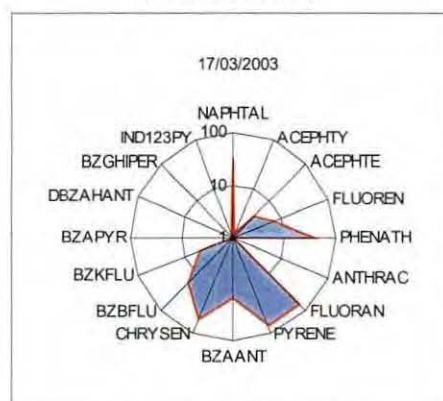
Année 2002

Année 2003

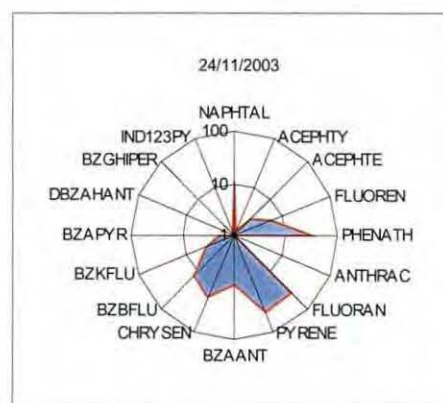
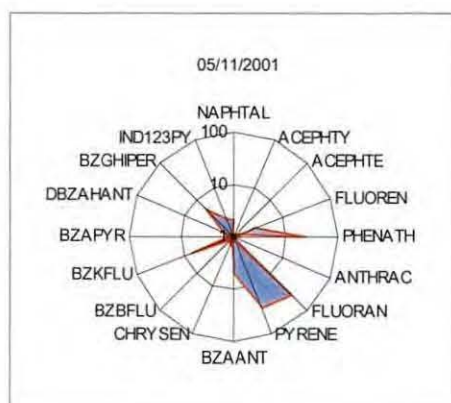
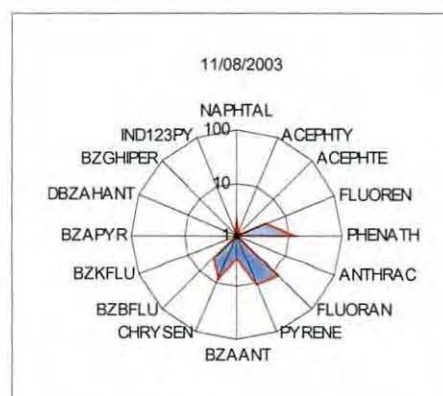
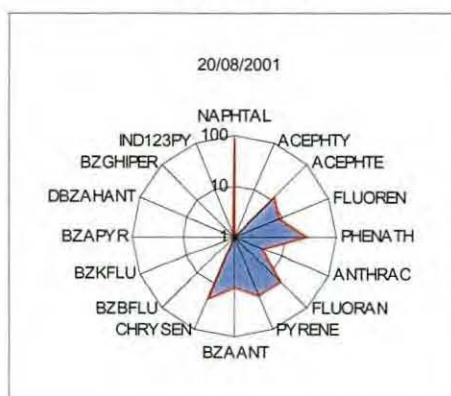


Annexe 13 : Empreintes de la contamination en 16 HAP au point «Adour amont».

Année 2003



Année 2001



Annexe 14 : Empreintes de la contamination en 16 HAP au point «Adour marégraph».