

Contamination chimique  
et  
biomarqueurs chez le poisson :  
le projet FISH BIO

Janvier 2003

P. MORA, N. AARAB, M. DAUBEZE, J.F. NARBONNE, H. BUDZINSKI,  
K. LeMENACH, S. AUGAGNEUR, P. GARRIGUES  
LPTC UMR 5472 CNRS  
Université de Bordeaux I – 33405 Talence cedex



Agence de l'Eau  
Adour Garonne





Agence de l'Eau



Adour Garonne

SERVICE DOCUMENTATION

90, rue de Férétra

31078 Toulouse Cedex 4

Tél : 05.61.36.37.38

Fax : 05.61.36.37.28

doc@eau-adour-garonne.fr



401608

# SOMMAIRE

Abréviations .....	p 3
Introduction .....	p 4
<b>I. Généralités sur les biomarqueurs .....</b>	<b>p 6</b>
1. Catalase .....	p 6
2. Glutathion-S-Transférase .....	p 6
3. Acétylcholinestérase .....	p 7
4. Malone dialdéhyde .....	p 7
5. Etoxyrésorufine O-dééthylase .....	p 7
<b>II. Matériels et méthodes .....</b>	<b>p 9</b>
1. Démarche expérimentale .....	p 9
2. Les espèces étudiées .....	p 9
3. Localisation des sites étudiés .....	p 11
4. Prélèvement et préparation des échantillons sur le terrain .....	p 12
5. Analyses chimiques des tissus, des sédiments et de l'eau .....	p 13
6. Dosages des marqueurs biochimiques .....	p 17
7. Autres analyses effectuées .....	p 18
8. Traitement statistiques .....	p 18
<b>III. Résultats et discussion .....</b>	<b>p 20</b>
1. pesticides dans l'eau .....	p 20
2. polychlorobiphényles .....	p 21
3. les hydrocarbures aromatiques polycycliques .....	p 24
4. métabolites des HAP dans la bile .....	p 27
5. les lipides dans le foie et le muscle des poissons .....	p 31
6. analyses des métaux .....	p 32
7. mesures des marqueurs biochimiques .....	p 37
8. analyse discriminante des marqueurs biochimiques .....	p 43
9. Echelle d'exposition .....	p 45
Conclusion .....	p 55
Bibliographie .....	p 57
Annexe 1 : Paramètres physiques des poissons	
Annexe 2 : Tableaux des paramètres chimiques	
Annexe 3 : Tableaux des paramètres biologiques	
Annexe 4 : Analyses statistiques biomarqueurs	
Annexe 5 : Echelle d'exposition	
Annexe 6 : Calculs des corrélations	

## ABREVIATIONS

A	Anthracène
AChE	Acétylcholinestérase
Ae	Acénaphène
Al	Aluminium
As	Arsenic
Ay	Acénaphthylène
BaA	Benzo(a)anthracène
BaP	Benzo(a)pyrène
Bb <sub>k</sub> J <sub>F</sub>	Benzo(b,k,j)fluoranthène
BCR	Bureau Communautaire de Référence [désormais programme Normes, Mesures et Essais (" <i>Standard, Measurement and Testing</i> ")]
BeP	Benzo(e)pyrène
Bper	Benzo(g,h,i)pérylène
CAT	Catalase
Cd	Cadmium
Chrys	Chrysène
Co	Cobalt
Cr	Chrome
CRM	Matériel de référence certifié (" <i>certified reference material</i> ")
Cu	Cuivre
DahA	Dibenzo(a,h)anthracène
DBT	Dibutylétain
DiBT	Dibenzothiophène
DPT	Diphénylétain
EROD	Ethoxyresorufine-o-dééthylase
F	Fluoranthène
FA	Facteur d'accumulation
FC	Facteur de condition
Fe	Fluorène
GC-ECD	Chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons (" <i>gas chromatography-electron capture detector</i> ")
GC-MIP-AED	Chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à émission atomique (" <i>gas chromatography with microwave-induced plasma atomic emission spectroscopy</i> ")
GC-MS	Chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (" <i>gas chromatography-mass spectrometry</i> ")
GST	Glutathion S-transférase
HAP	hydrocarbures aromatiques polycycliques
IBG	Indice Biomarqueur Global
IC	Indice de condition
ICP-MS	Spectrométrie de masse avec ionisation dans un plasma à couplage inductif (" <i>inductively coupled plasma-mass spectrometry</i> ")
Ipyr	Indénopyrène
Mn	Manganèse
N	Naphthalène
Ni	Nickel
Pb	Plomb
PCB 118	2,3',4,4',5-pentachlorobiphényle
PCB 138	2,2',3,4,4',5'-hexachlorobiphényle
PCB 153	2,2',4,4',5,5'-hexachlorobiphényle
PCB 180	2,2',3,4,4',5,5'-heptachlorobiphényle
PCB 28	2,4,4'-trichlorobiphényle
PCB 52	2,2',5,5'-tetrachlorobiphényle
Phe	Phénanthrène
Pyr	Pyrène
Se	Sélénium
Sr	Strontium
SRM	Matériel de référence standard (" <i>standard reference material</i> ")
Zn	Zinc

# Introduction

## Généralités

Les produits déversés dans l'environnement représentent un risque important pour les biocénoses et par conséquent à plus ou moins long terme pour la santé humaine. Cela a conduit à la mise en place de réseaux de surveillance de la qualité des milieux qu'ils soient marins (mise en place du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin, RNO) ou dulçaquicoles (systèmes d'évaluation de la Qualité, SEQ-Eau, SEQ-Bio). La plupart de ces systèmes d'observation sont basés sur l'évaluation de la concentration des espèces chimiques (hydrocarbures, pesticides, métaux lourds,...) dans les différents compartiments des systèmes aquatiques (eau, sédiment, organismes).

Les méthodes d'analyse chimique permettent la détection, la caractérisation et la quantification de la plupart des contaminants présents dans les différents compartiments aquatiques ainsi que dans les tissus animaux et végétaux. De nombreuses analyses chimiques peuvent ainsi être effectuées en routine pour identifier et quantifier les principales classes de contaminants présentes dans un échantillon pour lequel on ne dispose d'aucune information. Cependant, outre le prix élevé de telles analyses, la détection de certains contaminants et de manière globale de tous les contaminants présents dans un échantillon donné, peut s'avérer difficile, voire impossible. De même, les produits de dégradation ou de transformation peuvent ne pas être pris en compte. Ces limites sont évidemment repoussées d'année en année grâce à l'évolution des techniques d'analyse permettant notamment de détecter et de quantifier les substances chimiques à des seuils de plus en plus bas. Nonobstant, ces analyses chimiques ne pourront jamais donner une idée sur l'impact des contaminants face aux écosystèmes. Seuls des outils biologiques peuvent apporter un ou plusieurs élément(s) de réponse sur la faune et la flore, d'où la nécessité de les coupler avec des analyses biologiques.

Ces analyses biologiques sont basées sur la mesure, au sein d'individus, de paramètres biochimiques, histologiques ou physiologiques regroupés sous le terme de biomarqueurs. Ces derniers nous renseignent sur les mécanismes de toxicité mis en jeu et leurs effets et, dans certains cas, sur la nature de ou des contaminant(s) responsable(s). Plusieurs définitions concernant les biomarqueurs ont été énoncées au cours de ces dernières années (Schlenk, 1999). Nous retiendrons la suivante : «Un biomarqueur est un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental révélant l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique à caractère polluant» (Amiard et *al.*, 1998). Les biomarqueurs sont mesurés au sein d'individus appartenant à une espèce sentinelle. Cette dernière est la plupart du temps une espèce bioaccumulatrice.

Seule l'utilisation simultanée de trois catégories de biomarqueurs, d'exposition, d'effet et de susceptibilité, à plusieurs niveaux d'organisation biologique (moléculaire, cellulaire, tissulaire,

physiologique) peut apporter des informations pertinentes sur le mode d'action et les effets des xénobiotiques présents dans le milieu.

Cependant, cette spécificité est toute relative et concerne surtout des familles de polluants. C'est pourquoi l'analyse chimique peut s'avérer nécessaire pour confirmer la présence d'un contaminant donné ou le quantifier. De plus, les biomarqueurs ne concernent qu'un certain nombre d'individus appartenant à une ou plusieurs espèce(s) sentinelle(s). Ils ne peuvent ainsi présenter une signification écologique que lorsqu'ils sont associés à des études concernant les populations et les communautés. Finalement, seule une approche globale intégrant des analyses chimiques et biologiques (bio-indicateurs et biomarqueurs) permet d'évaluer la qualité d'un écosystème et les risques qu'il encourt (Lagadic et Caquet, 1996).

Les poissons, représentés par plus de 21 000 espèces dulçaquicoles ou marines, peuplent la quasi-totalité des systèmes aquatiques, y compris ceux qui sont les plus fortement pollués. Ils occupent des aires de répartition géographique souvent vastes et vivent assez longtemps pour intégrer des paramètres très diversifiés et fluctuants de l'environnement. Ils sont fortement recommandés par les instances européennes ou nord-américaines (European Inland Fisheries Advisory Commission, US-EPA) et internationales (OCDE) pour les études de toxicologie de l'environnement (Solbe, 1987).

### But de l'étude

L'objectif de l'étude proposée est d'appliquer l'approche biomarqueurs couplée à une analyse chimique pour l'évaluation de la qualité des milieux aquatiques d'eau douce. Dans ce but, différentes espèces de poisson (barbeaux, gardons, chevaines, truites et goujons) ont été collectées lors d'une dizaine de campagnes de pêche mises en place par le Conseil Supérieur de la Pêche (CSP) et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne. Les sites choisis sont caractérisés par des sources particulières de pollution (industries, activités agricoles, rejets urbains). Sur les poissons, plusieurs biomarqueurs ont été mesurés (EROD, GST, AChE) permettant d'évaluer la qualité du milieu aquatique selon une échelle de cinq niveaux par le calcul d'indices biomarqueur global (IBG).

Parallèlement, les polychlorobiphényles (PCB), les pesticides, de la famille des triazines, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les métaux lourds ont été analysés dans les tissus des poissons et le sédiment. L'étude de ces quatre classes de contaminants permet d'appréhender de manière assez complète la problématique des contaminants organiques et inorganiques dans l'écosystème.

Ainsi, dans ce rapport, seront abordés successivement les outils de surveillance mis en place, l'état de la contamination et de son impact sur les poissons dans les sites choisis, et enfin la mise en place d'une échelle de contamination des sites à partir de l'indice biomarqueur global (IBG).

# I. Généralités sur les biomarqueurs utilisés

## 1. Catalase

Les catalases catalysent la réduction du peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) en eau et en oxygène moléculaire. Ce sont des enzymes peroxysomales dont le rôle est de prévenir les peroxydations des molécules biologiques induites par l'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ). Les catalases sont présentes dans tout le règne animal et se retrouvent aussi chez les végétaux. Elles sont sensibles à certains contaminants inducteurs de stress oxydatif au niveau des membranes cellulaires, comme les HAP, PCB ou certains pesticides (Livingstone, 1993) et les métaux (Labrot, 1996). Mais ceci de façon irrégulière *in vivo*, les résultats montrant tantôt une augmentation de l'activité (Di Giulio *et al.*, 1989 et 1993), tantôt une baisse (Labrot, 1996). Une des hypothèses retenue est que cette activité enzymatique semble très sensible aux facteurs environnementaux d'origine anthropique ou naturelle (Pellerin-Massicote, 1994).

## 2. Glutathion-S-Transférase

Les glutathion S-transférases (GST) sont des enzymes de métabolisation, dont la fonction est de conjuguer à une molécule de glutathion (qui a un groupement nucléophile -SH) une grande variété de substrats (porteurs de groupements électrophiles) pour permettre leur élimination. Ce sont donc des enzymes de la phase II du métabolisme des xénobiotiques. Pendant cette phase II ou phase de conjugaison, les métabolites des xénobiotiques sont rendus encore plus hydrosolubles. Ils sont donc plus facilement excrétés que lors des réactions de phase I ou phase de fonctionnalisation qui consiste en une oxydation des xénobiotiques rendant la molécule plus hydrosoluble. Parmi ces substrats à conjuguer se retrouvent des molécules endogènes mais aussi des xénobiotiques comme les PCB, les HAP et les pesticides. Donc, l'efficacité des GST est due au fait qu'un grand nombre de composés exogènes et endogènes ont les caractéristiques requises pour constituer un substrat approprié. Ces enzymes sont généralement solubles (cytosoliques) et présentes sous plusieurs isoformes, dont certaines sont inductibles par les contaminants qu'elles rendent moins toxiques. Cette particularité en a fait une activité intéressante en tant que marqueur biochimique. Bien que nos connaissances sur ces enzymes chez les poissons soient encore peu abondantes, leur intérêt en tant que biomarqueurs de contamination par les contaminants de type HAP, PCB et pesticides dans les milieux marin et dulçaquicole a été démontré (Boryslawskyj *et al.*, 1988, Narbonne, 1991).

### 3. Acétylcholinestérase

Par définition, les cholinestérases (ChE) sont des enzymes qui catalysent préférentiellement les réactions d'hydrolyse des esters de choline. Les ChE sont divisées en deux groupes : (1) les acétylcholinestérases (AChE) qui hydrolysent les esters acétiques de choline, (2) les pseudocholinestérases qui hydrolysent préférentiellement les esters butyriques, propioniques ou succiniques de la choline.

Le rôle le plus connu de l'acétylcholine (ACh) est sans doute celui qu'elle joue dans la transmission cholinergique de l'influx nerveux chez les vertébrés. En effet, au niveau des boutons synaptiques, après le passage d'un potentiel d'action, la membrane post-synaptique doit être très vite repolarisée pour qu'un signal puisse de nouveau passer. Pour ce faire, le neurotransmetteur, ici l'ACh, doit être rapidement détruit. C'est à ce niveau qu'intervient l'AChE qui en hydrolysant l'ACh provoque ainsi la fin du signal et la libération des récepteurs post-synaptiques. Les principaux inhibiteurs des cholinestérases sont les inhibiteurs "organiques" d'origine anthropique, les pesticides organophosphorés qui inhibent de façon irréversible, et les carbamates qui inhibent de façon réversible.

### 4. Malone Dialdéhyde

Le malone dialdéhyde (MDA) est un produit des réactions de peroxydation lipidique qui se forme lors de l'attaque des lipides polyinsaturés (de la famille n-6) par des espèces réactives de l'oxygène (ROS) générées par certains contaminants comme les HAP, les PCB, les pesticides et/ou les métaux. Les hydroperoxydes ainsi formés se décomposent en intermédiaires radicalaires et en aldéhydes dont un des représentants le plus réactif est le MDA. Le MDA est un agent alkylant puissant capable de réagir avec les macromolécules biologiques. Le dosage de ce composé présente donc un intérêt certain chez les animaux soumis à des contaminations multiples (Narbonne, 1991; Pellerin-Massicote, 1994).

### 5. Ethoxyrésorufine O-dééthylase

L'éthoxyrésorufine O-dééthylase (EROD) est une monooxygénase qui répond aux indicateurs de type 3-méthylcholanthrène et qui est très utilisée dans la surveillance de l'environnement lors de contamination supposée par des xénobiotiques de types HAP (Fouremant *et al.*, 1984; Addison et Edwards, 1988; Payne *et al.*, 1988; Stegeman *et al.*, 1988). Lindstrom-Seppa (1988) cite l'EROD comme étant un excellent indicateur biologique dans les cas de pollution pétrolière. Certains auteurs estiment

que l'EROD est la MFO (mixed function oxidase) présentant la plus forte réponse aux inductions (Andersson *et al.*, 1985a; James *et al.*, 1988).

L'EROD réagit avec un bon nombre de composés organiques nocifs présentant un caractère lipophile qui leur permet de s'accumuler au sein des réserves lipidiques des organismes et dans les membranes cellulaires (essentiellement constituées de phospholipides). La présence de telles molécules entraîne rapidement la mise en route des systèmes biochimiques de détoxification dont le rôle est de rendre hydrosolubles ces composés dangereux, afin de faciliter leur excrétion par voie rénale, biliaire ou branchiale.

Certains organes contiennent des enzymes chargées de catalyser une série de réactions permettant de détoxiquer à la fois des drogues et des composés nocifs présents dans l'organisme. La plus étudiée de ces réactions de détoxification est catalysée par une famille d'enzymes appelées cytochromes P450. Chez les poissons, le taux d'induction de cytochromes P450 de la famille 1A dans le foie est utilisé comme indice principal d'exposition des organismes à des polluants de type HAP (notamment le benzo[a]pyrène) et les PCB planaires.

## II. Matériels et méthodes

### 1. Démarche expérimentale

- \* Le choix du site de référence s'est fixé sur le lac de Pareloup en raison de la présence des 3 espèces de poissons retenues pour l'étude. Celui des autres sites a été déterminé en fonction de leur contamination par diverses sources de pollution déjà identifiées (industrielle, agricole, rejets urbains,...).
- \* Le nombre d'individus par site de prélèvement a été fixé à au moins dix poissons par espèce (femelles et mâles confondus). Ces prélèvements ont été réalisés par le Conseil Supérieur de la Pêche (CSP) au cours de l'été 2001 (*annexe 1*).
- \* Le foie des poissons est prélevé pour le dosage des activités EROD, catalase, GST et AChE, ainsi que pour l'analyse chimique de PCB, HAP et métaux.
- \* Un prélèvement de muscle et de cerveau est effectué pour le dosage de l'activité AChE et pour l'analyse chimique de PCB, HAP et métaux.

### 2. Les espèces étudiées

Les trois espèces de poissons ont été retenues pour cette étude : le chevaine, le barbeau et la truite. Ils sont présents dans une aire géographique étendue et ont un régime carnivore.

#### a. *Le chevaine*

Le chevaine (*Leuciscus cephalus*, Linné, 1758) est très largement présent dans toutes les rivières françaises. On le rencontre dans les eaux claires, courantes ou stagnantes mais il s'accommode d'un large éventail de conditions écologiques. Très ubiquiste, il est présent dans toute l'Europe hormis l'Irlande (Philipart, 1972). Les chevaines vivent en bandes plus ou moins nombreux. On le trouve aussi en lacs, y compris dans certains lacs d'altitude (+ de 2000 m). Il résiste assez bien à la pollution.

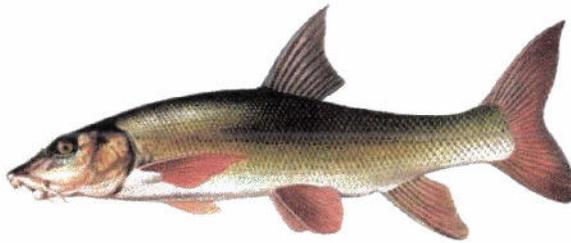


Chevaine (*Leuciscus cephalus*)

### **b. Le barbeau**

Le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*, Linné, 1758), le plus grand cyprinidé d'Europe, est caractéristique des rivières de la zone à barbeau (Huet, 1949) : rivières à courant assez rapide (espèce rhéophile), à fond caillouteux, graveleux où l'eau est fraîche et bien oxygénée.

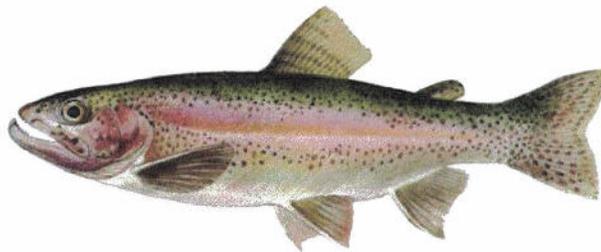
Son aire de distribution s'étend sur la majeure partie de l'Europe occidentale (extension méridionale limitée aux bassins du Rhône et du Danube). Il n'a jamais été détecté en Scandinavie (Philippart, 1987). Relativement sédentaire en dehors de la période de frai, le barbeau peut être amené à se déplacer considérablement (10 km) en période de reproduction (Baras, 1992).



Barbeau (*Barbus barbus*)

### **c. La truite arc-en-ciel**

Dans son aire d'origine, la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792), est une espèce anadrome non obligatoire colonisant les rivières, les lacs et la mer. Son écologie, peu connue dans notre pays en raison de sa rare implantation en milieu naturel (reproduction très rare), est très semblable à celle de *Salmo trutta*. Sa distribution est liée à deux facteurs : couvert et profondeur. Cependant, elle se distingue de *S. trutta* par une colonisation de la zone à ombre, une reproduction printanière, un meilleur taux de croissance ainsi qu'une moindre sensibilité à la température et à la qualité de l'eau. L'espèce, originaire de la côte Ouest des Etats-Unis (Montagnes Rocheuses) a été largement introduite au XIXème siècle dans toute l'Europe où elle se maintient naturellement dans quelques régions seulement. Introduite en France en 1879, sa naturalisation est limitée à quelques rares cours d'eau (voire lacs) des Pyrénées et des Alpes. Elle fait l'objet d'un élevage intensif à des fins halieutiques (déversement dans les lacs et les cours d'eau) et surtout commerciales en eau douce.



Truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*)

### 3. Localisation des sites étudiés

Les campagnes de prélèvement de poissons ont été effectuées sur cinq rivières :

#### Garonne

- Aval du pont de Clarac : station N° 05311010 juillet 2001
- Pont de Montespan : station N° 05311003 juillet 2001
- Pont vieux de Bourret : station N° 05821002 septembre 2001

#### Tarn

- Millau : station N°05121012 septembre 2001
- Pont de Rabastens : station N°05811003 juillet 2001
- Aval du barrage de Ste-Livrade, La Garde : Station N° 05821001 septembre 2001

#### Dordogne

- Aval du seuil de Tauriac : station N°05461002 fin août 2001
- Aval du pont de Le Fleix : station N°05331005 juin 2001

#### Seudre

- Saint-André de Lidon : station N° 0517\* septembre 2001

#### Gave de Pau

- Lahontan : station N° 0564\* octobre 2001

#### *Situation géographique des 11 sites étudiés*



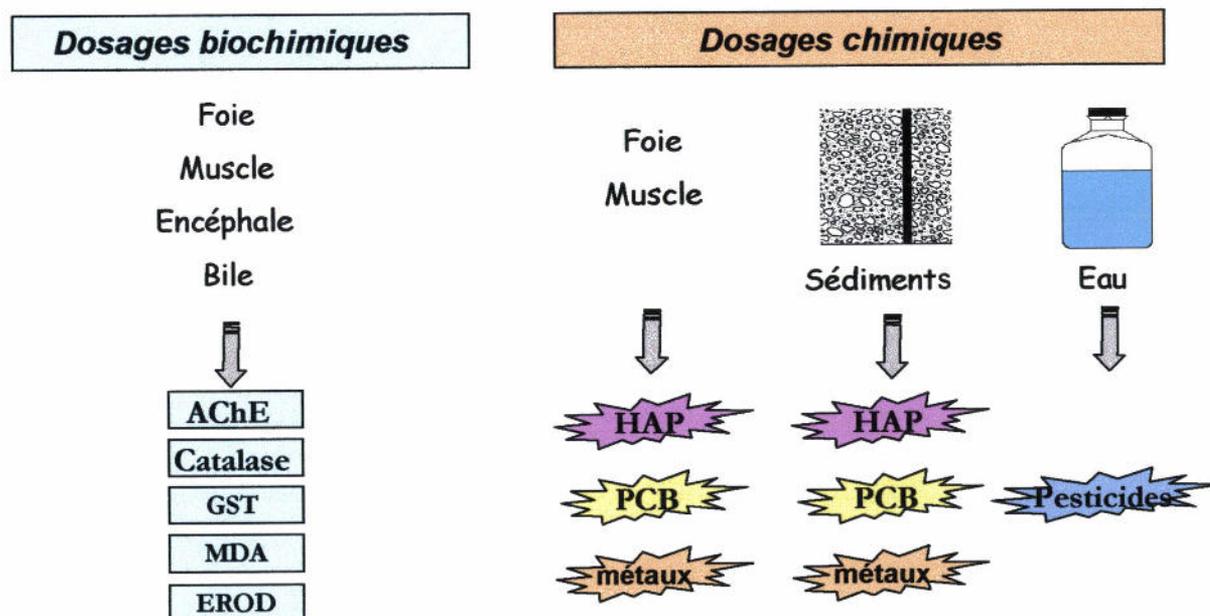
\* Pareloup : site de référence (trois espèces)

#### 4. Prélèvement et préparation des échantillons sur le terrain

Les poissons sont prélevés par le CSP sur les sites choisis au cours de l'été début automne 2001. Ces prélèvements sont réalisés au cours des missions de recensement de la faune ichthyologique du CSP en utilisant un courant électrique faible, qui entraîne l'étourdissement momentané des poissons. Les animaux prélevés pour le besoin de l'étude sont pesés et mesurés dans leur longueur (*annexe 1*). Ils sont ensuite disséqués et triés en fonction de leur sexe. La détermination du sexe se fait de manière empirique par la couleur et la taille des gonades. Du fait du petit nombre (ou absence) de femelles prélevées sur chaque site, les valeurs moyennes des enzymes sont exprimées pour les 2 sexes confondus.

Le foie, la bile, l'encéphale et le muscle sont prélevés systématiquement, la bile n'est prélevée que lorsque la taille de l'individu le permet. Les organes et tissus prélevés sont conservés dans la glace carbonique pour leurs analyses ultérieures.

Deux litres et demi d'eau sont prélevés sur chaque site afin de réaliser les analyses chimiques de pesticides. Du sédiment (500 g) et du muscle de poisson (50g) sont prélevés pour l'analyse chimique des HAP, des PCB, et des métaux (Figure1).



**Figure 1 :** Utilisation des tissus de poisson, des sédiments et de l'eau prélevés sur les sites pour les différents dosages biochimiques et chimiques.

## 5. Analyses chimiques des tissus, des sédiments et de l'eau

### *a. Recherche des métaux dans les sédiments et les tissus de poissons*

Après lyophilisation les sédiments (0.5g) sont traités par un mélange acide nitrique/acide chlorhydrique (3v/1v) et placés sous l'action des micro-ondes focalisées à 60 W pendant 15 minutes, puis sont repris dans 25 ml d'eau milliQ.

Pour le muscle et le foie des poissons on utilise de 0.5 g de tissus lyophilisés sur lesquels on fait agir successivement de l'acide nitrique puis de l'eau oxygénée sur une plaque chauffante à reflux pendant 2 heures à 80°C. Le résidu est repris dans 25 ml d'eau milliQ.

L'analyse des métaux se fait par ICP-MS (Hewlett Packard 4500) qui utilise le rhodium comme étalon interne. Une calibration externe (de 0 à 100µg/litre) est effectuée pour chaque métal. Les échantillons sont dilués au 1/10 ou au 1/100 en fonction de l'élément à déterminer.

### *b. Recherche des HAP et des PCB dans les sédiments*

Les échantillons de sédiments sont lyophilisés et conservés à température constante à l'abri de la lumière. La prise d'essai pour l'analyse dépend de la teneur en contaminants organiques et de la quantité de matière échantillonnée. Cette quantité extraite varie de 1 à 10 grammes de matière sèche.

Le protocole d'extraction, de purification et d'analyse est présenté Figure 1. L'échantillon est extrait par chauffage micro-ondes (30W, 10 minutes) en utilisant comme solvant extracteur le dichlorométhane. L'échantillon est auparavant humidifié par 30% en poids d'eau (de façon à améliorer les rendements d'extraction). Des étalons internes sont rajoutés à la matrice avant l'extraction pour pouvoir doser les composés recherchés par la méthode d'étalonnage interne. Ces étalons internes sont des composés aromatiques deutérés tri-aromatique, tétra-aromatique, penta-aromatique et hexa-aromatique pour doser les composés aromatiques et des polychlorobiphényles absents des milieux naturels (PCB 30, 155, 201) et l'octachloronaphtalène pour doser les polychlorobiphényles.

Après extraction, une première purification de l'extrait organique est effectuée par attaque acide sous champs micro-ondes (acide sulfurique 18N). L'extrait organique purifié obtenu est désoufré sur cuivre activé puis chromatographié sur micro-colonne de silice.

L'échantillon purifié est alors injecté en chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/SM) pour quantifier les composés aromatiques recherchés. Il est également analysé par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons (CG/DCE) pour quantifier les polychlorobiphényles. Le dosage des PCB est validé par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.

Le protocole global est validé en utilisant deux matrices de référence, le SRM1941a et le SRM1944 (sédiments marins fournis par le NIST, Gaithersburg, MD, USA). Au cours des séries

d'analyse, une matrice de référence du laboratoire est utilisée (sédiment de rivière). Des blancs de protocole (HAP et PCB) sont effectués pour chaque série d'analyse et les concentrations calculées pour les HAP et PCB tiennent compte des corrections par rapport aux blancs de protocole.

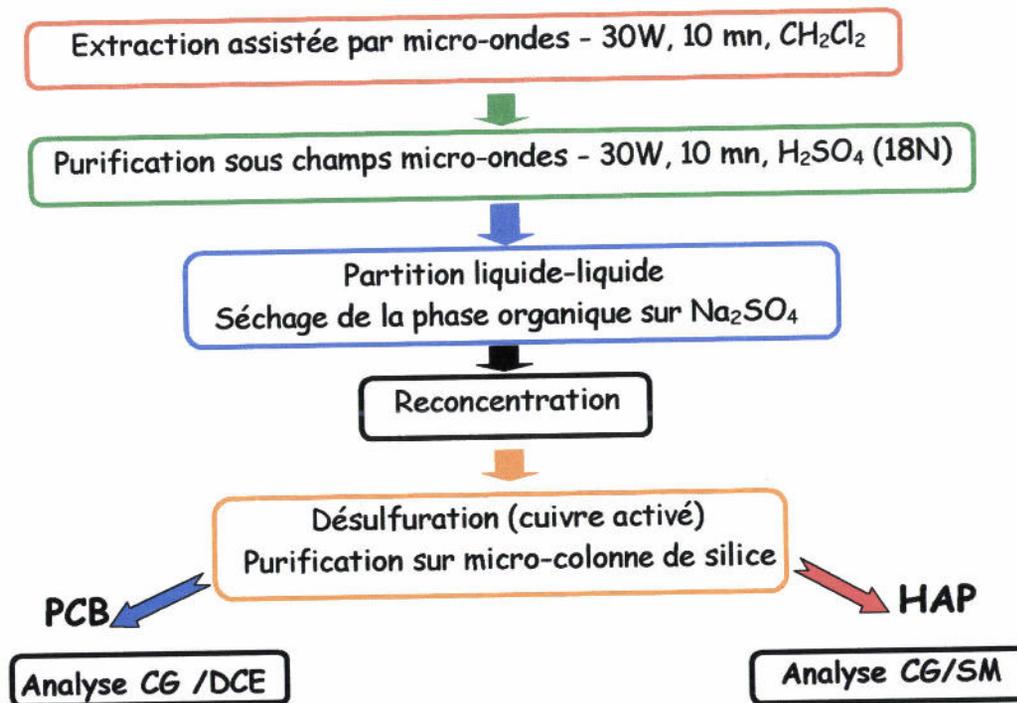


Figure 2 : Protocole d'analyse des HAP et des PCB

Tout le matériel de laboratoire, en verre, est soigneusement lavé puis chauffé toute une nuit à 450°C (ce qui permet d'enlever toutes traces organiques). Les solvants utilisés sont de qualité analyse. Les tissus sont lyophilisés et broyés avant extraction.

### c. Recherche des HAP dans les poissons

Les tissus biologiques, avant extraction, sont dopés avec des étalons internes aromatiques perdeutérés (naphtalène d8, dibenzothiophène d8, phénanthrène d10, fluoranthène d10, chrysène d12, benzo(a)pyrène d12, benzo(e)pyrène d12, benzo(k)fluoranthène d12, benzo(ghi)pérylène d12). Les échantillons sont extraits par micro-ondes en utilisant comme solvant le dichlorométhane. L'extrait organique est reconcentré. L'extrait organique est ensuite fractionné en fraction saturée et fraction aromatique (séparation sur micro-colonnes d'alumine/silice).

Les fractions aromatiques sont analysées directement par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (CG/SM) en mode d'acquisition par sélection d'ions (ions moléculaires des composés quantifiés). La quantification est effectuée par étalonnage interne en utilisant les composés aromatiques perdeutérés. Un étalonnage des appareils est effectué en utilisant des solutions étalons de composés perdeutérés et des solutions étalons de composés natifs (SRM 2260 NIST, Gaithersburg, MD, USA).

Des blancs de protocole sont réalisés pour chaque série d'expérimentation de façon à s'affranchir d'éventuelles contaminations.

### Analyses par CG/SM :

Les analyses sont effectuées sur un chromatographe en phase gazeuse HP 6890 (Agilent Technology, USA) équipé d'un injecteur splitless (délai de purge 1 mn, débit de purge 60 ml/mn, mode splitless pulsé). L'injecteur est maintenu à 270°C. Le programme de température du four est le suivant : 50°C (2 mn) à 290°C (20 mn) à 5°C/mn. Le gaz vecteur est l'hélium à un débit constant de 1 ml/mn. La colonne capillaire utilisée est une colonne HP5-MS (Agilent Technolgy, USA) : 30 m x 0.25 mm ID x 0.25 µm épaisseur de film. Le chromatographe en phase gazeuse est couplé à un spectromètre de masse MSD 5973 (impact électronique : 70 eV, voltage : 1800 V) opérant en mode de sélection d'ions (SIM) avec les ions moléculaires de chaque composé à doser à 1 scan/s. La température de l'interface est de 290°C.

Les HAP sont quantifiés par étalonnage interne par rapport à des HAP perdeutérés; les facteurs de réponse des différents composés sont mesurés en injectant une solution étalon, SRM 2260, contenant les HAP à des concentrations certifiées (NIST, Washington, MD, USA) à laquelle ont été rajoutés les HAP perdeutérés utilisés comme étalons internes. Les abréviations utilisées pour les composés sont données Tableau 1.

An	Anthracène
BaA	Benz(a)Anthracène
BaP	Benzo(a)Pyrène
BFs	Benzo(b+k+j)Fluoranthène
BP	Benzo(g,h,i)Pérylène
Chrys	Chrysène
DaA	Dibenz(a,h)AnthracèneF
F	Fluorène
Fluo	Fluoranthène
IP	Indéno(1,2,3-cd)Pyrène
Phe	Phénanthrène
Pyr	Pyrène

**Tableau 1 :** Abréviations utilisées pour les HAP dosés

Les résultats des dosages sont exprimés sous la forme de concentrations en ng de composés par gramme de matrice sèche (après lyophilisation).

#### *d. Recherche des PCB dans les poissons*

L'échantillon est extrait par chauffage micro-ondes (30W, 10 minutes) en utilisant comme solvant extracteur le dichlorométhane. Des étalons internes sont rajoutés à la matrice avant l'extraction pour pouvoir doser les composés recherchés par la méthode d'étalonnage interne. Ces étalons internes sont des polychlorobiphényles absents des milieux naturels (PCB 30, 155, 201) et l'octachloronaphtalène pour doser les polychlorobiphényles.

Après extraction, une première purification de l'extrait organique est effectuée par attaque acide (acide sulfurique 36N). L'extrait organique purifié obtenu est désoufré sur cuivre activé puis chromatographié sur micro-colonne de silice.

L'échantillon purifié est injecté en chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons (CG/DCE) pour quantifier les polychlorobiphényles.

Des blancs de protocole sont effectués pour chaque série d'analyse et les concentrations calculées pour les PCB tiennent compte des corrections par rapport aux blancs de protocole.

#### Analyses par CG/DCE :

Les analyses sont effectuées sur un chromatographe en phase gazeuse HP 5890 (Hewlett Packard, USA) équipé d'un injecteur splitless (délai de purge 1 mn, débit de purge 60 ml/mn, mode splitless pulsé). L'injecteur est maintenu à 270°C. Le programme de température du four est le suivant : de 60 °C (2 mn) à 120 °C (5 mn) à 6 °C/mn, puis à 2°C mn jusqu'à 280°C (20 mn). Le gaz vecteur est l'hélium à un débit constant de 1 ml/mn. La colonne capillaire utilisée est une colonne HP5-MS (Agilent Technolgy, USA) : 60 m x 0.25 mm ID x 0.25 µm épaisseur de film. Le chromatographe en phase gazeuse est couplé à un détecteur à capture d'électrons.

Les PCB sont quantifiés par étalonnage interne par rapport aux PCB rajoutés. Les facteurs de réponse des différents composés sont mesurés en injectant une solution étalon, contenant les PCB à doser et les PCB étalons. Les PCB dosés sont donnés Tableau 2. Les résultats des dosages sont donnés sous la forme de concentrations en ng de composés par g de poids de matrice sèche (après lyophilisation).

PCB 28
PCB 52
PCB 101+90
PCB 118
PCB 153
PCB 138+160
PCB 180

Tableau 2 : Liste des PCB dosés

### *e. Recherche des pesticides dans l'eau*

Les pesticides sont dosés en phase aqueuse (phase dissoute) par extraction sur disque BAKEREBOND Speedisk™ DVB (divinylbenzène). Deux litres d'eau sont filtrés puis passés sur un speeddisk™. Ce dernier est séché et les pesticides sont récupérés en faisant éluer 9ml d'acétonitrile. Les extraits sont séchés sur sulfate de sodium, reconcentrés puis repris dans l'iso-octane pour être analysés par GC/MS en mode d'ions sélectifs. Les pesticides sont dosés par étalonnage interne par rapport à la benzo(h)quinoléine rajoutée avant l'étape d'extraction sur disque.

Des blancs de protocoles sont réalisés pour chaque série d'analyse pour contrôler d'éventuelles contaminations. Dans le cadre de ces analyses, aucune contamination n'a été mise en évidence. Le protocole est validé sur une eau pure supplémentée avec les différents pesticides.

Les composés recherchés sont l'atrazine, la simazine et leurs produits de dégradation, ainsi que le Carbaryl et le Carborufan.

## **6. Dosage des marqueurs biochimiques**

Les fractions subcellulaires (fraction post-mitochondriale et microsomes) des différents tissus et organes prélevés, nécessaires au dosage des biomarqueurs, sont préparées extemporanément.

Quatre marqueurs biochimiques ont été mesurés : l'activité catalase, l'activité GST, l'activité AChE et l'activité EROD.

- \* *L'activité catalase* a été mesurée sur la fraction post-mitochondriale (S9) de foie par la méthode de Greenwald (1985) utilisant l'eau oxygénée comme substrat à la concentration de 50mM. La disparition de l'eau oxygénée, est suivie à 240 nm pendant 30 secondes à 25°C.
- \* *L'activité GST* a été mesurée sur la fraction post-mitochondriale de foie (S9) d'après la technique de Habig *et al.* (1974) en utilisant le dichloronitrobenzène (DCNB) comme substrat. La variation de densité optique est lue à 340 nm pendant 30 secondes, la réaction à lieu à 25°C.
- \* *L'activité AChE* a été mesurée sur la fraction post-mitochondriale (S9) de muscle et de cerveau selon la méthode d'Ellman *et al.* (1961) en utilisant l'acétylthiocholine comme substrat à une concentration de 2 mM dans la cuve. La variation de densité optique provoquée par la libération d'un produit coloré, le TNB, au cours de la réaction enzymatique est lue pendant 30 secondes à 412 nm à 25°C.

Ces trois méthodes de dosage sont des techniques de *cinétique enzymatique* utilisant la variation de densité optique du milieu réactionnel pour le calcul des activités. Le spectrophotomètre utilisé est de type différentiel, thermostaté à 25 °C.

\* **L'activité EROD** a été mesurée sur la fraction microsomique (S105000) de foie. Cette méthode repose sur la détection de la fluorescence de la résorufine, produit de transformation de la 7-éthoxyrésorufine sous l'action du cytochrome P450 1A en présence de NADPH et d'oxygène (Burke & Meyer, 1974).

Ce dosage est effectué à l'aide d'un fluorimètre lecteur de microplaques en mode cinétique à 25 °C pendant 10 mn. L'activité est calculée par référence à une gamme de résorufine.

Toutes les activités enzymatiques sont réalisées en triplicats pour chaque échantillon.

## 7. Autres analyses effectuées

Le dosage des **protéines** a été effectué selon la méthode de Bradford *et al.* (1974) utilisant une solution de bleu de Coomassie brillant G-250 qui se lie aux protéines en déplaçant son pic d'absorption maximum de 465 à 595 nm.

La concentration en **lipides totaux** dans le foie et le muscle des poissons a été recherchée (*annexe 3*). Les valeurs obtenues étant dans le même ordre de grandeur, nous avons estimé que les animaux étaient dans un état nutritionnel semblable et nous n'avons pas tenu compte de ces valeurs dans nos calculs ou interprétations.

La recherche **des métabolites des HAP** présents dans la bile, voie privilégiée d'élimination, a été effectuée par la mesure en spectrographie fluorescente synchrone (SFS) qui utilise une différence de 42 nm entre les longueurs d'ondes d'excitation et d'émission ( $\Delta\lambda$ ) pour détecter des métabolites de types naphthalène, pyrène et benzo(a)pyrène (Aas *et al.*, 2000). Les composés parents des PAH ne sont pas utilisés comme standards, c'est pour cela que l'on considère cette méthode comme semi-quantitative et les taux sont exprimés en équivalents du standard choisi.

Le taux de métabolites mesuré est rapporté à la concentration du pigment biliverdine dans la bile qui dans les conditions de jeûne est proportionnel au taux de protéines biliaires.

Les résultats sont exprimés en unités arbitraires de fluorescence.

## 8. Traitement statistique des données

Pour évaluer la signification des variations des paramètres mesurés sur les différents sites nous avons utilisé des analyses de variances suivies du test de Tukey adaptés à des échantillons d'effectifs différents.

Pour mettre en évidence les éventuelles relations entre les marqueurs biochimiques et les marqueurs chimiques, nous avons réalisé des matrices de corrélation portant sur l'ensemble des sites. Une méthode d'attribution d'indices globaux de pollution a été testée. Cette méthode s'appuie sur le calcul du rapport de l'amplitude de réponse des biomarqueurs sur l'intervalle de confiance de la moyenne (ICM à 5%) (Narbonne *et al.*, 1999) selon la formule :

$$ICM = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times t$$

Où  $\sigma$  est l'écart type calculé sur l'ensemble des valeurs du marqueur considéré,  $n$  le nombre de réplicats pour chaque site, et  $t$  la valeur du  $t$  de Student pour  $\alpha = 5 \%$  et un degré de liberté de  $n-1$ . Ces calculs permettent dans certains cas d'attribuer aux sites étudiés un score autant plus élevé que le niveau de pollution est important et ainsi de classer les degrés de contaminations généralement sur cinq niveaux.

### III. Résultats et discussion

#### 1. Pesticides dans l'eau

Les pesticides recherchés dans l'eau des rivières sont l'Atrazine, la déséthylatrazine, la Simazine, déséthylsimazine, le Carbofuran et le Carbaryl. Les tableaux des valeurs individuelles des pesticides mesurés dans l'eau des rivières sont reportés en *annexe 2*. Les taux mesurés sont représentés dans la figure 3.

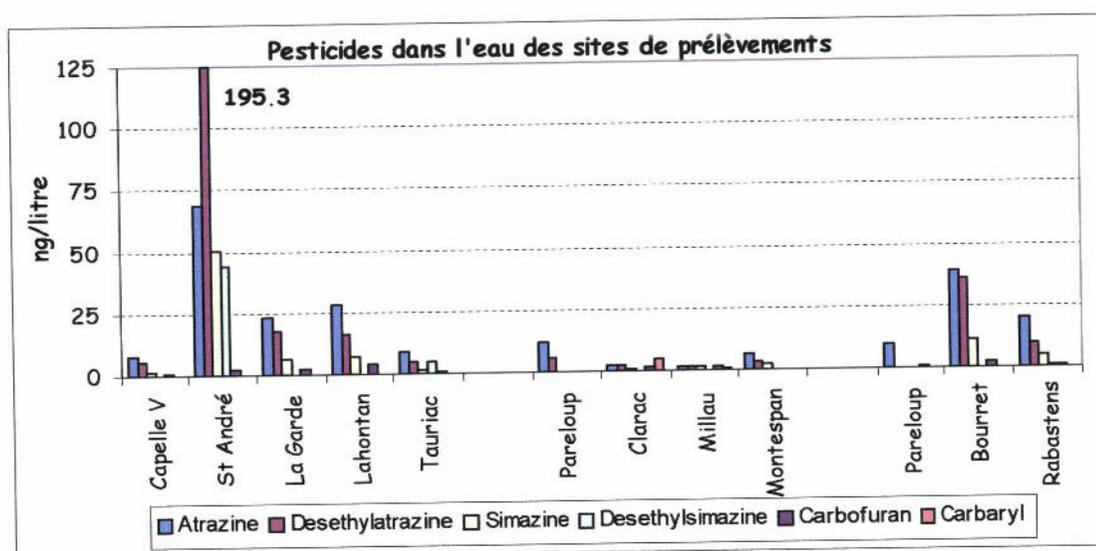


Figure 3 : Taux des pesticides dosés dans l'eau des sites de prélèvements

L'Atrazine et son dérivé la déséthylatrazine sont les pesticides les plus retrouvés dans les eaux des rivières analysées. Saint-André de Lidon est le site qui a le taux le plus élevé de ces pesticides (avec une quantité de déséthylatrazine 5 fois plus importante que pour le site Bourret, et environ 20 fois supérieure à celle des autres sites).

La Simazine et son métabolite la déséthylsimazine sont présents en quantité moindre mais non négligeable et c'est toujours dans l'eau du site Saint-André de Lidon que l'on retrouve les valeurs les plus fortes, suivi du site Bourret.

Le Carbofuran est présent en petites quantités sur 10 sites sur 12, quant au Carbaryl il est inférieur au seuil de détection sur 10 sites. L'eau du site Clarac en contient 40% de la totalité des pesticides mesurés.

Les sources de pesticides retrouvés dans les rivières sont les rejets agricoles et le taux mesuré dans l'eau dépend de la proximité des parcelles traitées par rapport à la voie d'eau. Si une bande de 10

mètres non traitée le long de la rivière a été respectée, la pollution sera minimale, si le champ traité jouxte la rive, la pollution sera majeure, c'est ce qu'il semble être le cas pour St-André de Lidon sur la Seudre.

## 2. Polychlorobiphényles

Les tableaux des valeurs individuelles des PCB mesurés dans les sédiments des rivières, dans le foie et le muscle des poissons sont reportés en *annexe 2*. Les taux de PCB sont représentés sous forme d'histogrammes dans les figures suivantes.

### a. Dans les sédiments

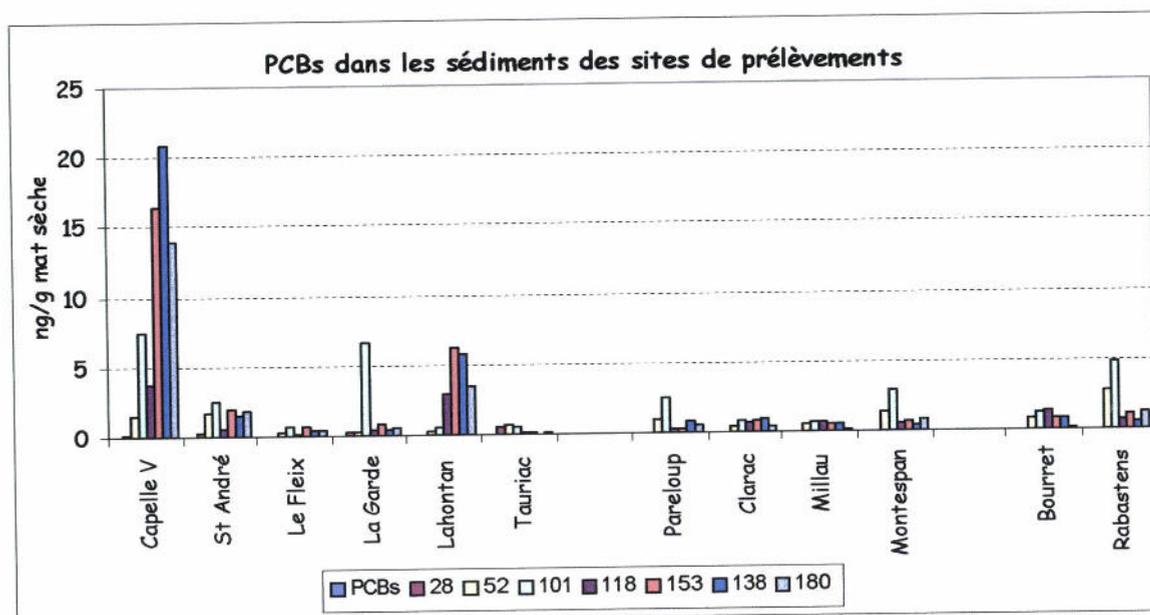


Figure 4 : Polychlorobiphényles dans les sédiments des 12 sites de prélèvements

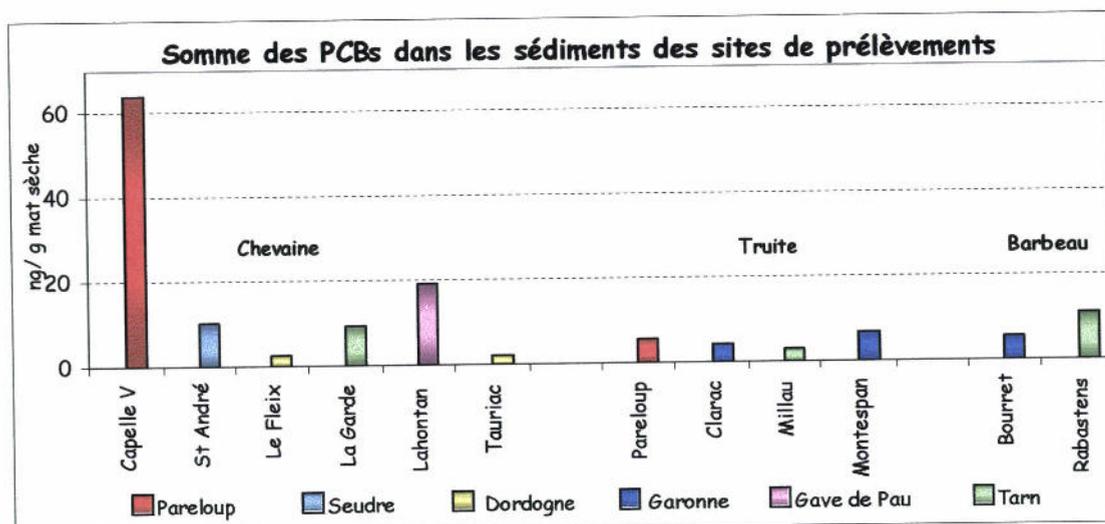


Figure 5 : Somme des polychlorobiphényles dans les sédiments des 12 sites de prélèvements

Seuls les sites de Pareloup (Capelle de Viaur) où ont été pêchés les chevaines et le site de Lahontan sur le Gave de Pau ont des valeurs conséquentes de PCB et ce sont les PCB les plus chlorés qui sont retrouvés en plus grande quantité. Par contre les lieux de pêche des truites à Pareloup semblent peu pollués par les PCB. Le PCB 101 est bien représenté dans les sédiments de la moitié des stations. On peut remarquer que la quantité de ce PCB 101 croît à mesure que l'on s'éloigne de la source du Tarn (Millau < Rabastens < La Garde).

**b. Dans le foie des 3 espèces de poissons**

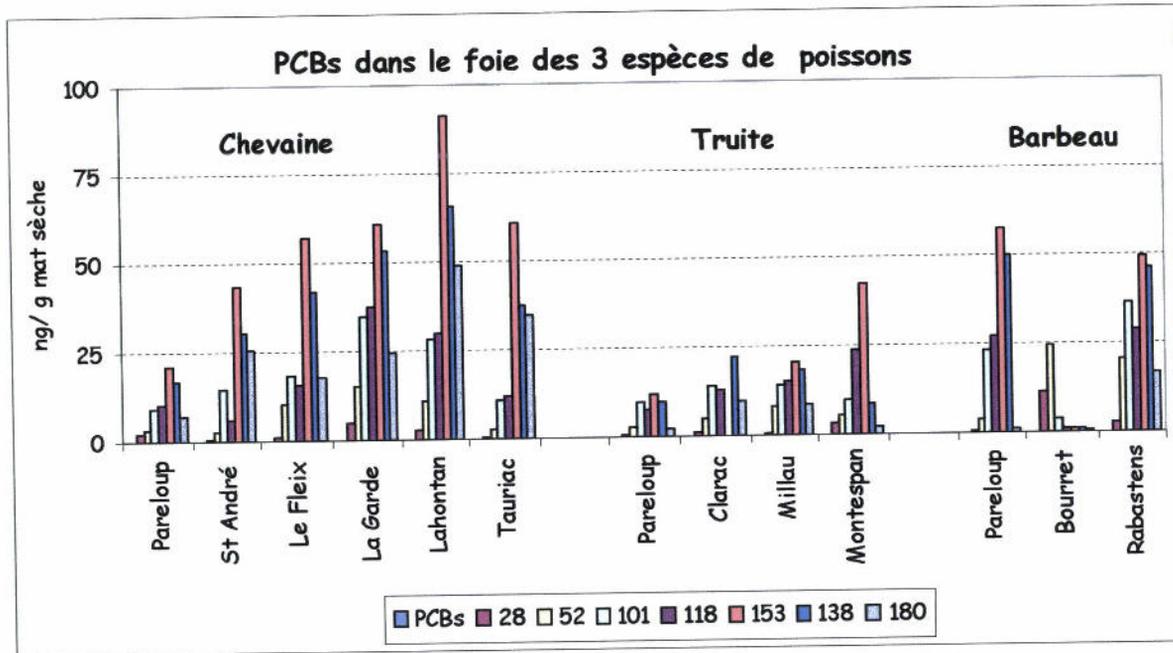


Figure 6 : Polychlorobiphényles mesurés dans le foie des poissons

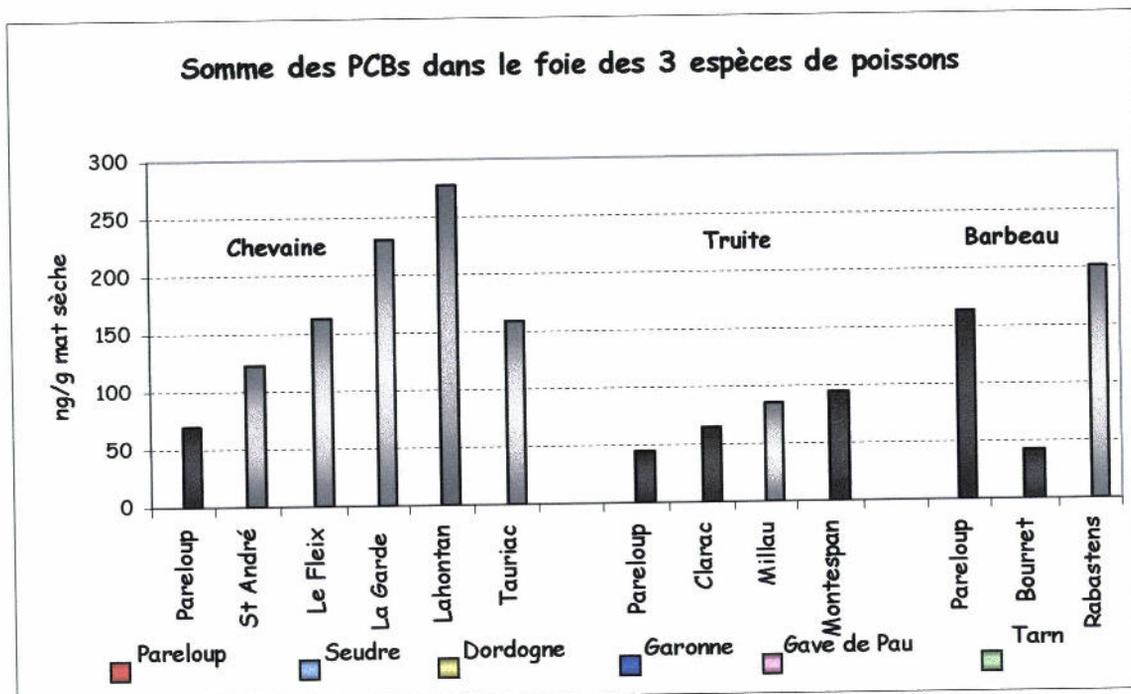


Figure 7 : Somme des polychlorobiphényles mesurés dans le foie des poissons

On peut remarquer que c'est dans le foie des chevaines pêchés sur le site de Lahontan (Gave de Pau) que l'on retrouve les plus fortes valeurs de PCB. D'autre part, il semble que ce soit les PCB 153 et 138 qui se concentrent le plus dans les foies des poissons. On retrouve les plus fortes quantités de PCB dans le foie des animaux prélevés sur le site Lahontan ce qui est en adéquation avec une concentration non négligeable de PCB dans les sédiments de ce site. Les foies des barbeaux du site de la Capelle de Viaur ont une quantité de PCB élevée comme pouvait le faire penser le taux élevé dans les sédiments. Par contre le Chevaîne en a moins.

*c. Dans le muscle des 3 espèces de poissons*

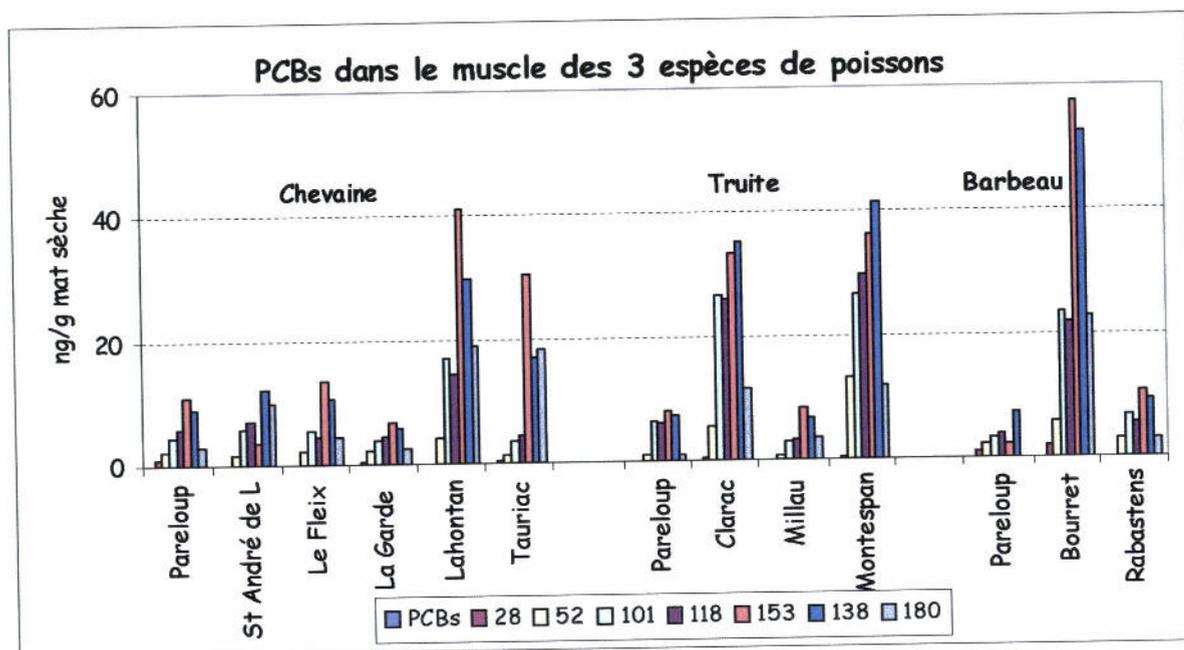


Figure 8 : Polychlorobiphényles mesurés dans le muscle des poissons

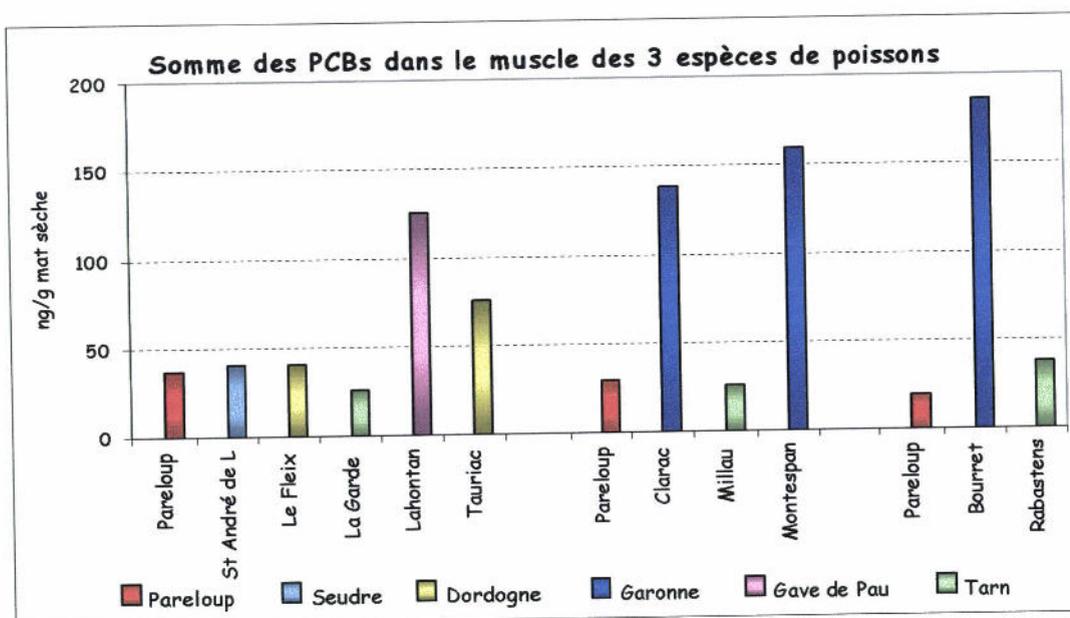


Figure 9 : Somme des polychlorobiphényles mesurés dans le muscle des poissons

Le dosage des PCB montre que, comme dans le foie, les PCB 138 et 153 sont les espèces retrouvées en plus grande quantité dans le muscle des poissons. On retrouve un taux important dans le muscle des chevaines pêchés sur le site de Lahontan. Les animaux prélevés sur le site de Bourret ont un taux très élevé de PCB dans les muscles. On peut remarquer que les taux mesurés dans les muscles des poissons augmentent au fur et à mesure que l'on se déplace vers l'aval de la Garonne (Clarac < Montespain < Bourret). Par contre pour le site de Pareloup les 3 espèces de poissons prélevés ont un taux voisin de PCB totaux.

### 3. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les tableaux des valeurs individuelles des HAP mesurés dans les sédiments des rivières, dans le foie et le muscle des poissons sont reportés en *annexe 2*. Les taux de HAP sont représentés sous forme d'histogrammes dans les figures suivantes.

#### a. Dans les sédiments

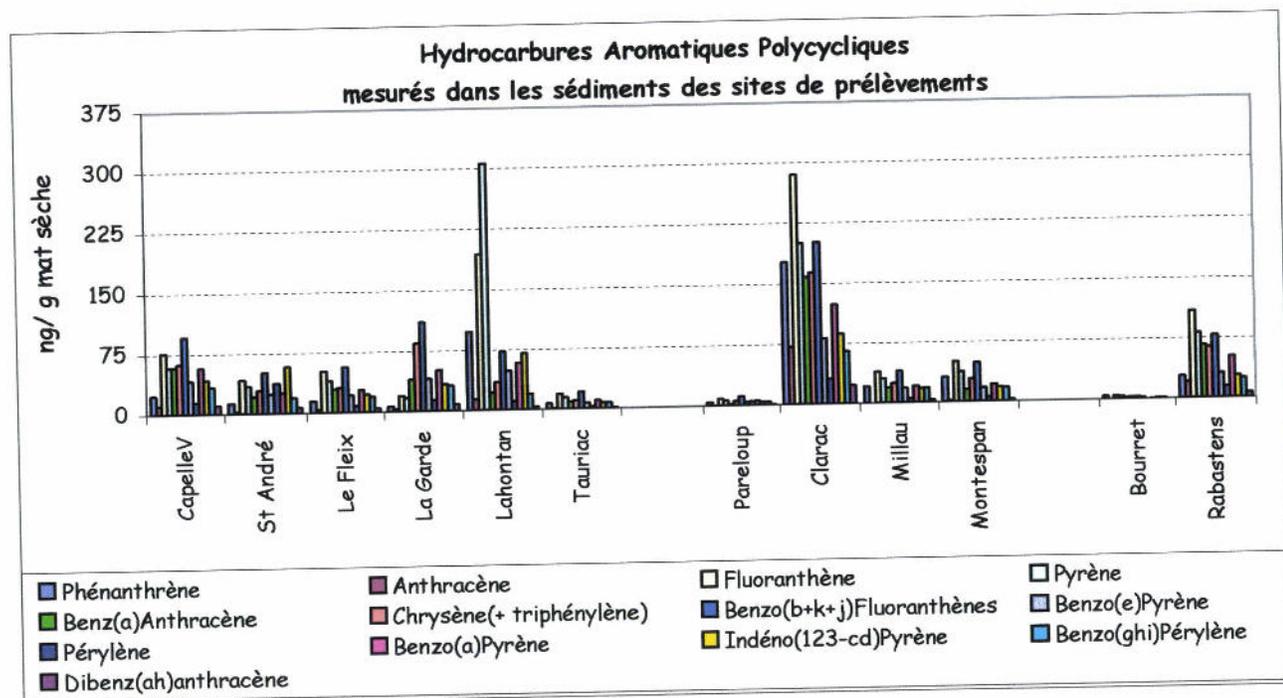


Figure 10 : HAP dans les sédiments des sites de prélèvements

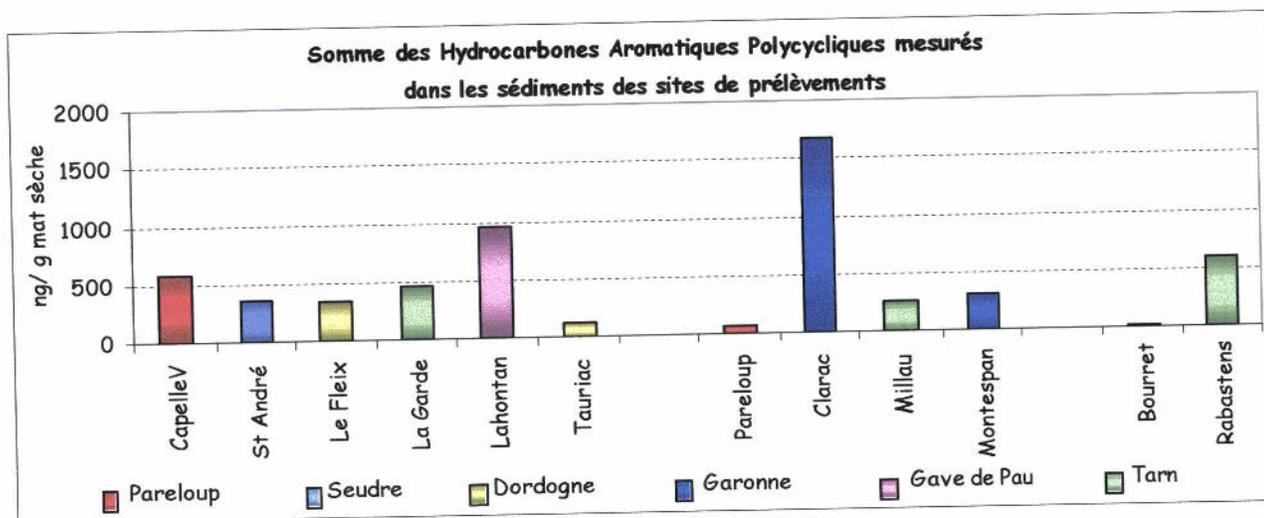


Figure 11 : Somme des HAP dans les sédiments des sites de prélèvements

De toutes les stations analysées, ce sont les sédiments prélevés à Clarac qui contiennent le taux de HAP le plus élevé, avec un maximum de fluoranthène. Le site de Lahontan présente aussi de fortes concentrations en HAP, surtout du pyrène.

*b. Dans le foie des 3 espèces de poissons*

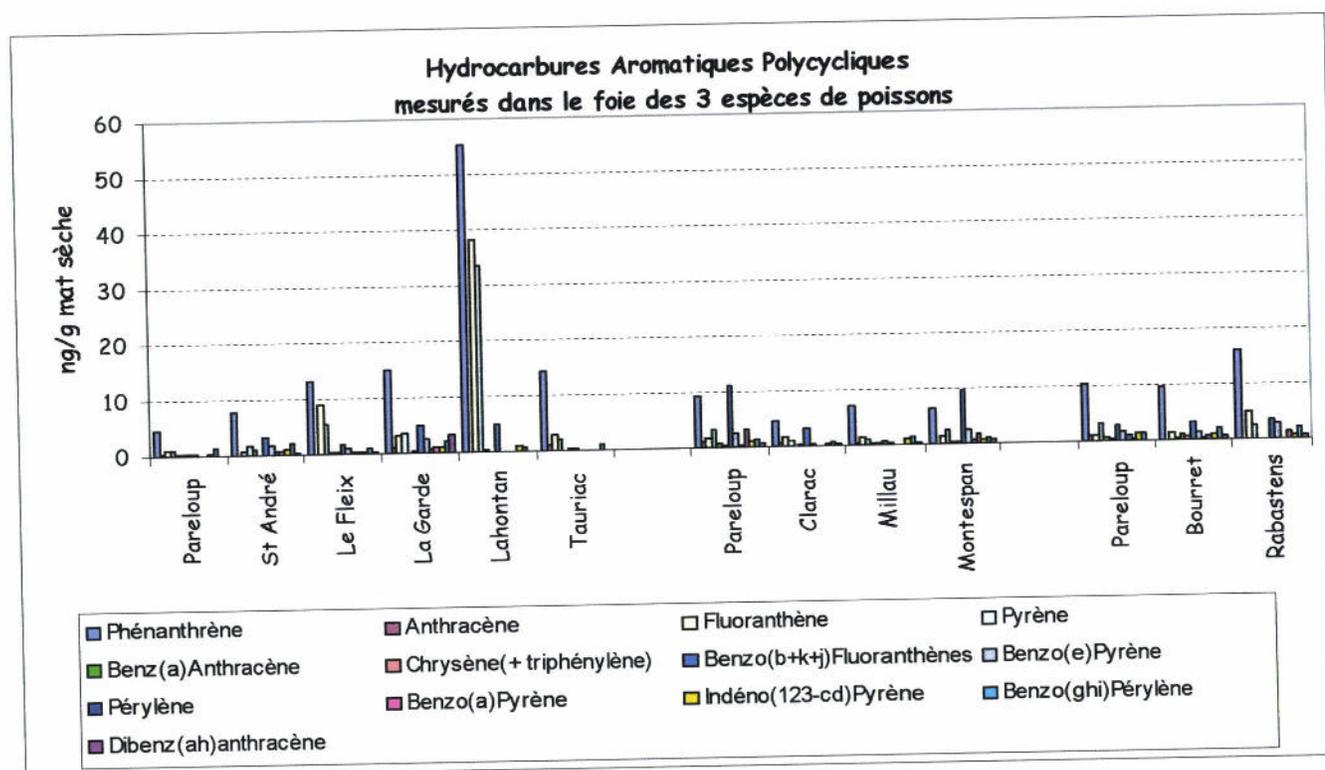
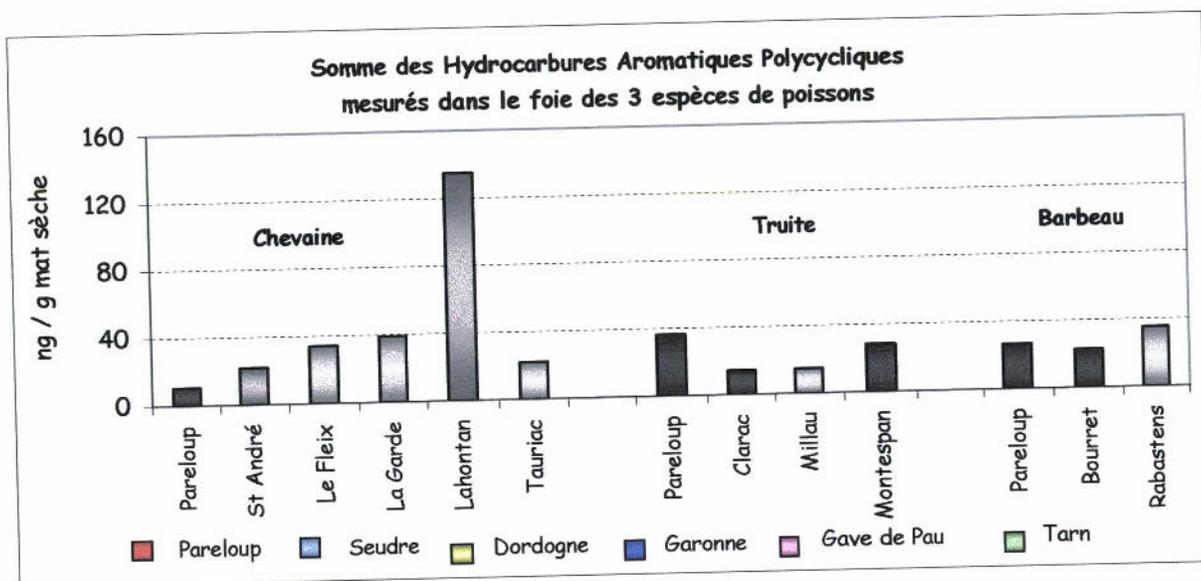


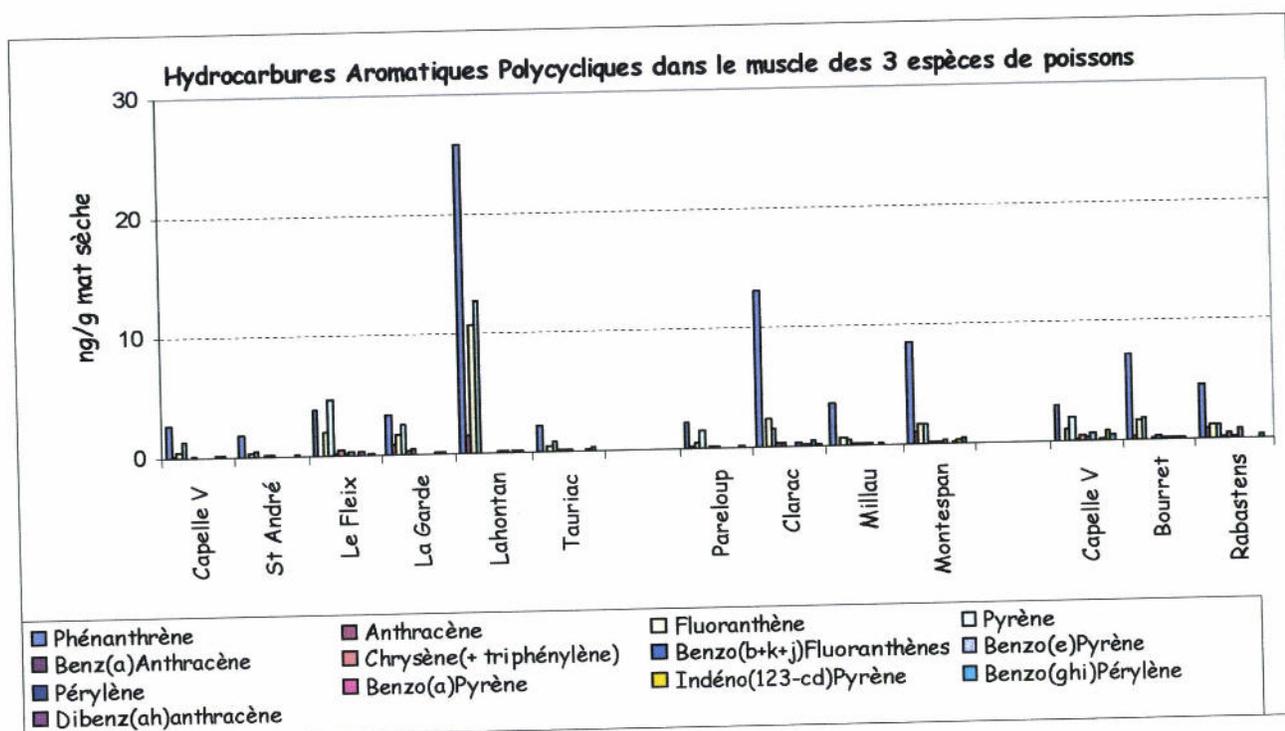
Figure 12 : HAP dans le foie des 3 espèces de poissons



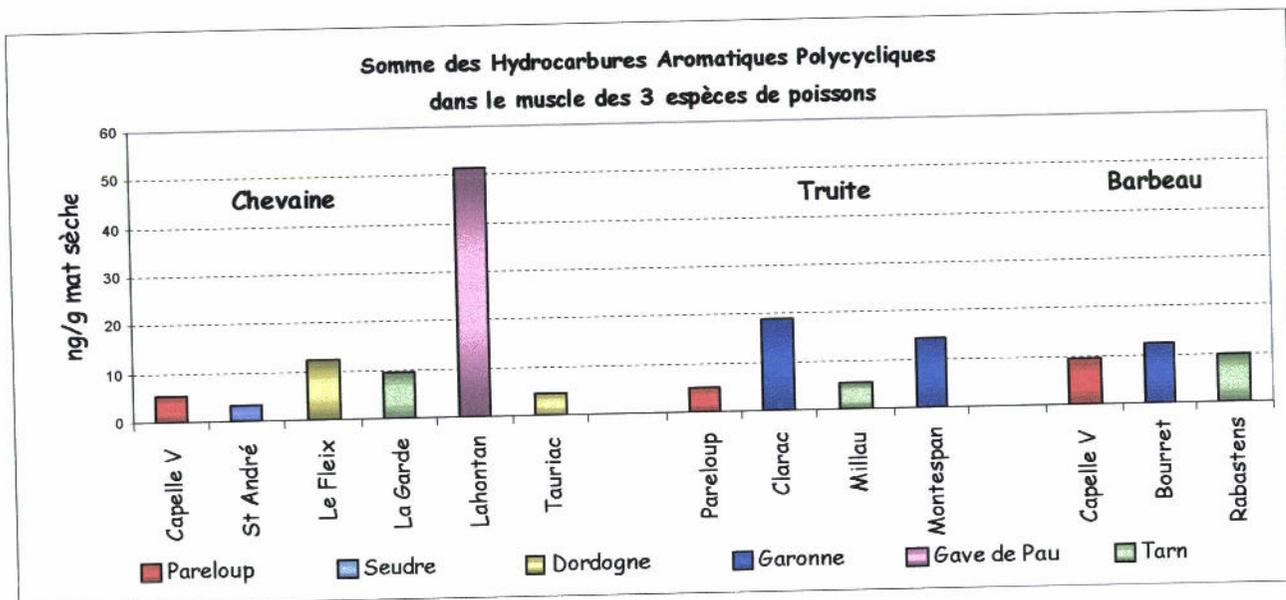
**Figure 13 :** Somme des HAP dans le foie des 3 espèces de poissons

On trouve surtout du phénanthrène dans le foie des poissons sur tous les sites, mais les animaux pêchés sur le site de Lahontan ont un taux de HAP 3 fois plus élevé que ceux relevés sur les autres sites. Paradoxalement, on ne trouve pas des valeurs élevées sur le site de Clarac, comme on aurait pu s'y attendre au vu des forts taux mesurés dans les sédiments.

*c. Dans le muscle des 3 espèces de poissons*



**Figure 14 :** HAP dans le muscle des 3 espèces de poissons



**Figure 15 :** Somme des HAP dans le muscle des 3 espèces de poissons

Pour les muscles aussi, c'est le phénanthrène qui est retrouvé en plus grande quantité. Seuls les foies des chevaines prélevés dans le Gave de Pau présentent un profil nettement au-dessus de ceux des autres sites (de 4 à 12 fois).

#### 4. Métabolites des HAP dans la bile

La biliverdine absorbant à 2 longueurs d'ondes (380 et 660nm), le taux de métabolites peut être exprimé par rapport à l'un ou l'autre de ces pics. Les tableaux des valeurs individuelles sont reportés en *annexe 2*.

Sur les figures suivantes on peut remarquer que les profils obtenus pour les 3 types de métabolites sont pratiquement identiques, que les résultats soient rapportés à 660 mn ou à 380 mn.

##### a. *Les métabolites de type naphthalène*

Ces métabolites mesurés dans la bile des poissons à 290 nm d'excitation et 335 nm d'émission, exprimés en valeur arbitraire de fluorescence, sont représentés sur les figures suivantes.

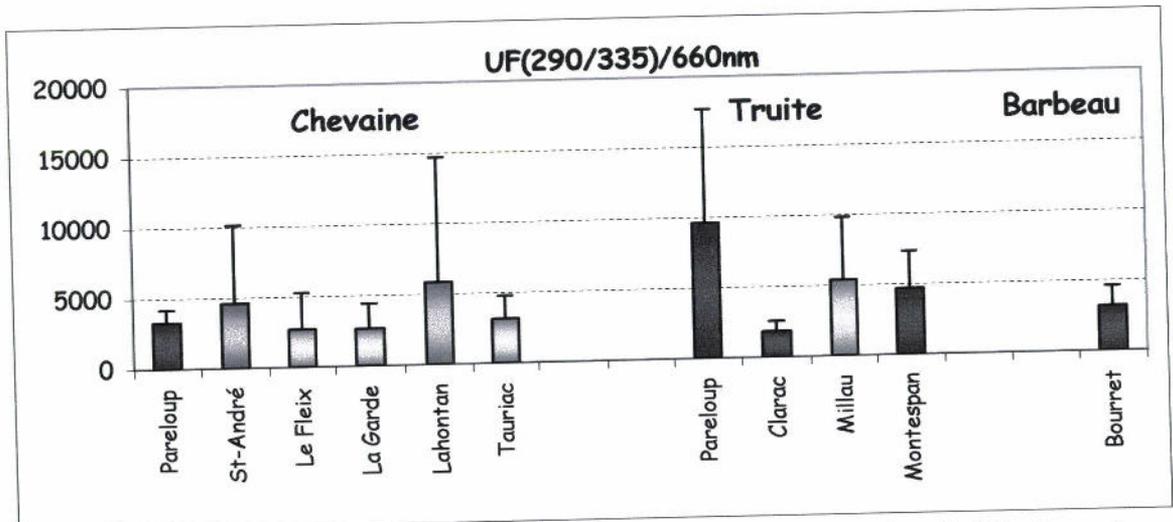


Figure 16 : Métabolites de type naphtalène rapportés à 660 nm dans la bile des poissons

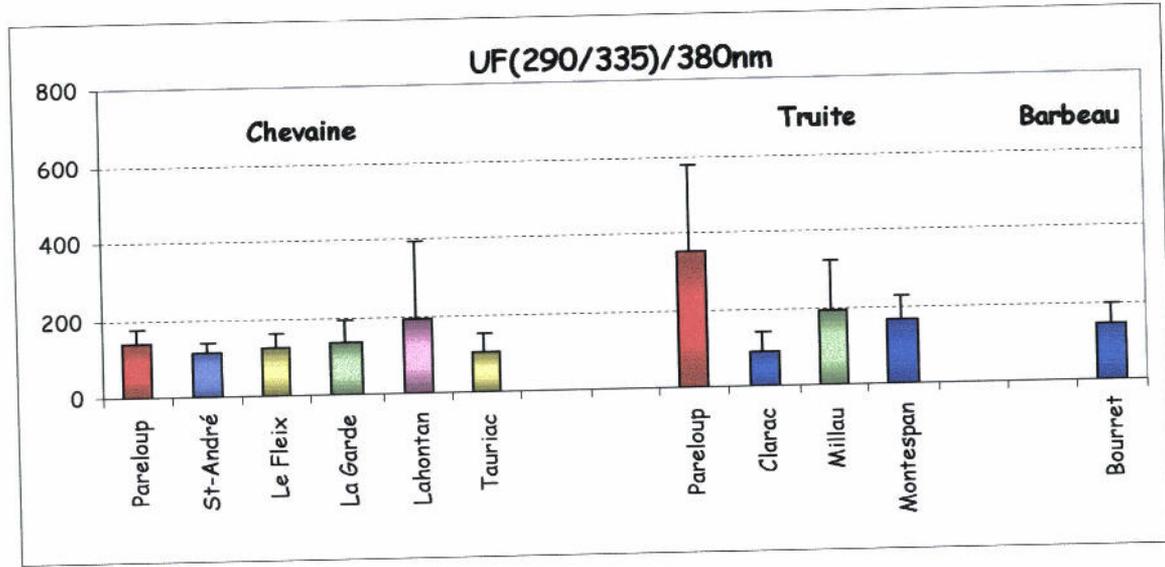


Figure 17 : Métabolites de type naphtalène rapportés à 380 nm dans la bile des poissons

Il semble que les truites pêchées sur le site de Pareloup aient été mises en contact avec des HAP de type naphtalène plus que les autres sites. Cependant les chevaines prélevés sur le même site semblent moins affectés que les truites.

**b. Les métabolites de type pyrène**

Ces métabolites mesurés dans la bile des poissons à 341 nm d'excitation et 383 nm d'émission, exprimés en valeur arbitraire de fluorescence, sont représentés sur les figures suivantes.

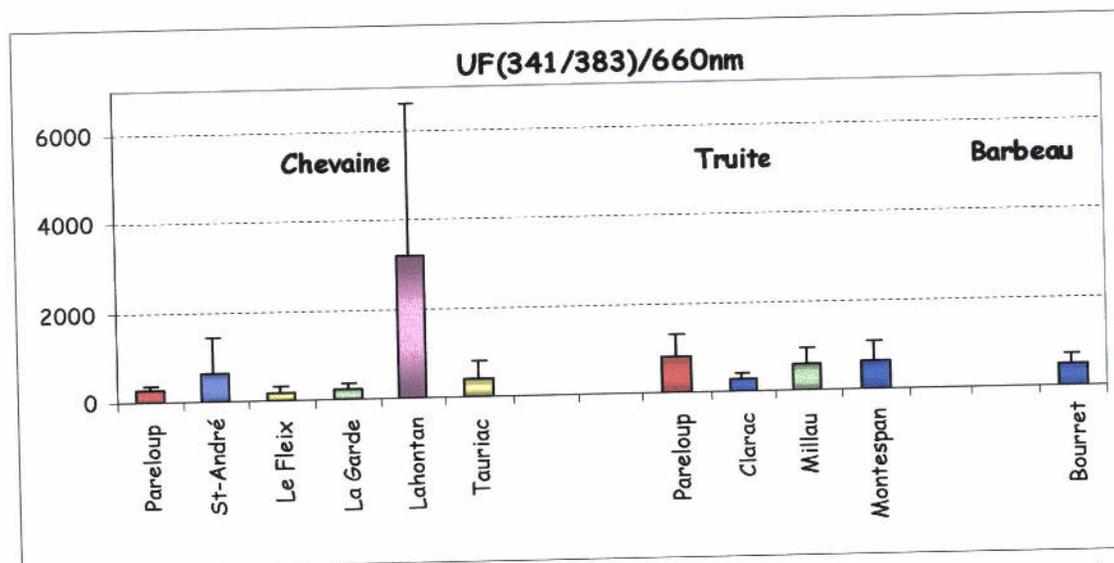


Figure 18 : Métabolites de type pyrène rapportés à 660 nm dans la bile des poissons

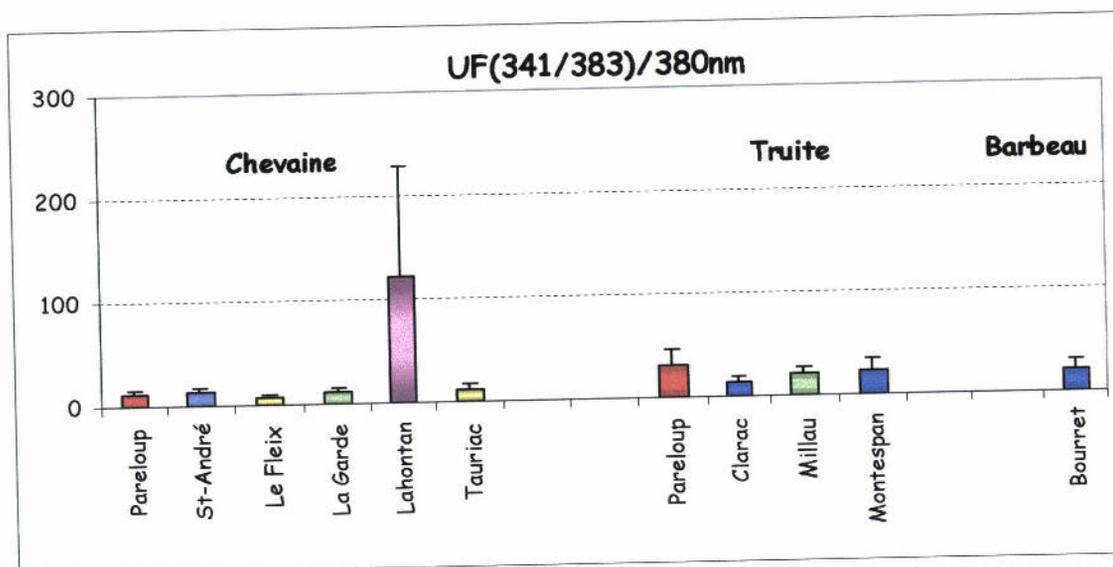


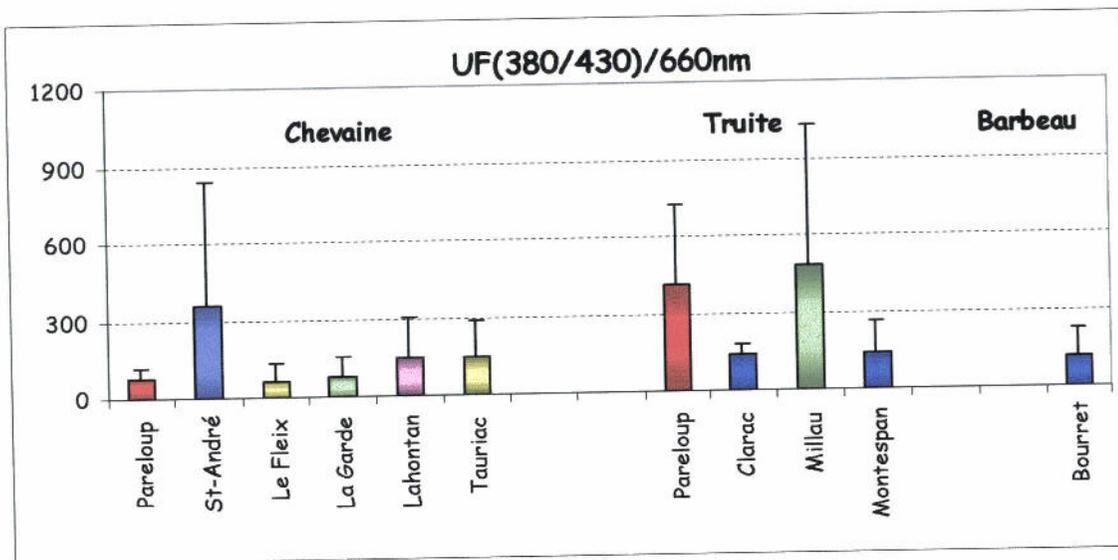
Figure 19 : Métabolites de type pyrène rapportés à 380 nm dans la bile des poissons

Seuls les chevaines prélevés sur le site de Lahontan dans le Gave de Pau semblent avoir subi une pollution marquée de type pyrène.

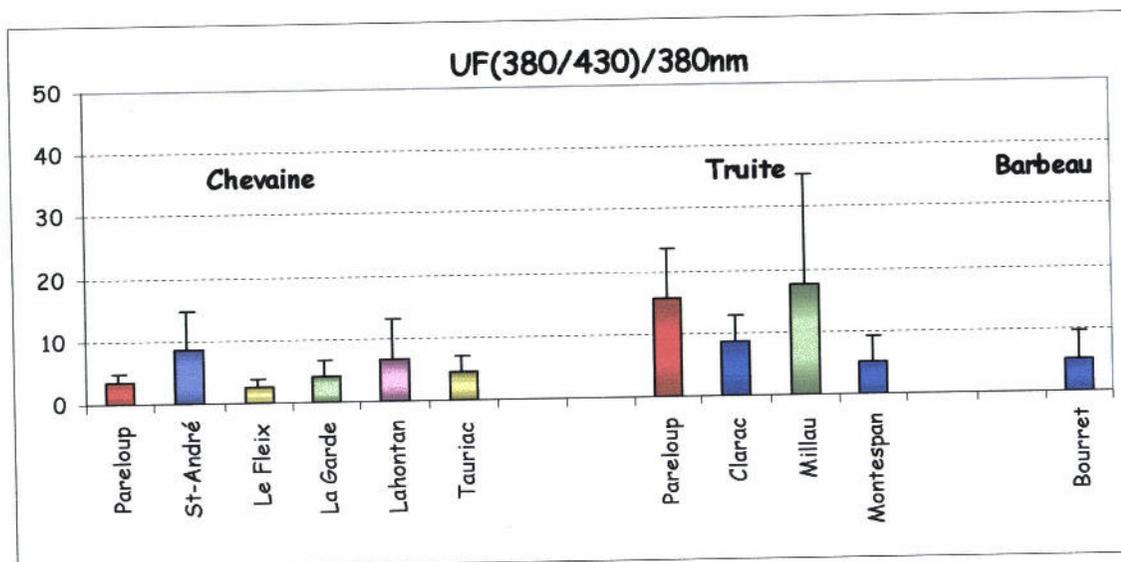
Si on compare ces résultats avec le dosage chimique du pyrène dans le foie on constate qu'il y a correspondance entre le taux de pyrène dans le foie et les métabolites du pyrène mesurés dans la bile.

### c. Les métabolites de type benzo(a)pyrène

Ces métabolites mesurés dans la bile des poissons à 380 nm d'excitation et 430 nm d'émission, exprimés en valeur arbitraire de fluorescence, sont représentés sur les figures suivantes.

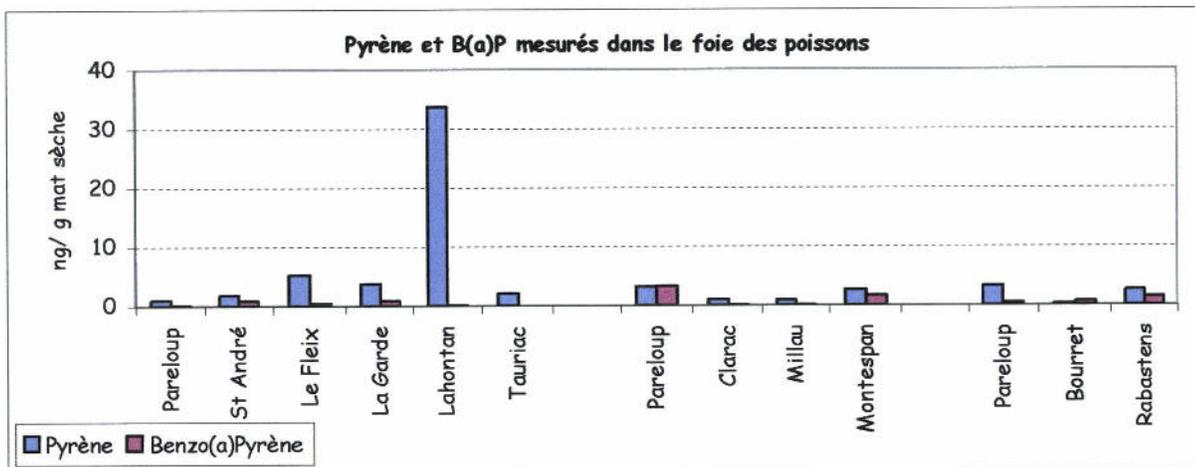


**Figure 20 :** Métabolites de type benzo(a)pyrène rapportés à 660 nm dans la bile des poissons



**Figure 21 :** Métabolites de type benzo(a)pyrène rapportés à 380 nm dans la bile des poissons

Il semble que peut-être les truites soient plus sensibles à la pollution par le benzo(a)pyrène. Comparés aux mesures du benzo(a)pyrène dans le foie des poissons, les taux de métabolites dans la bile sont en moins bonne relation que le pyrène avec ses métabolites.

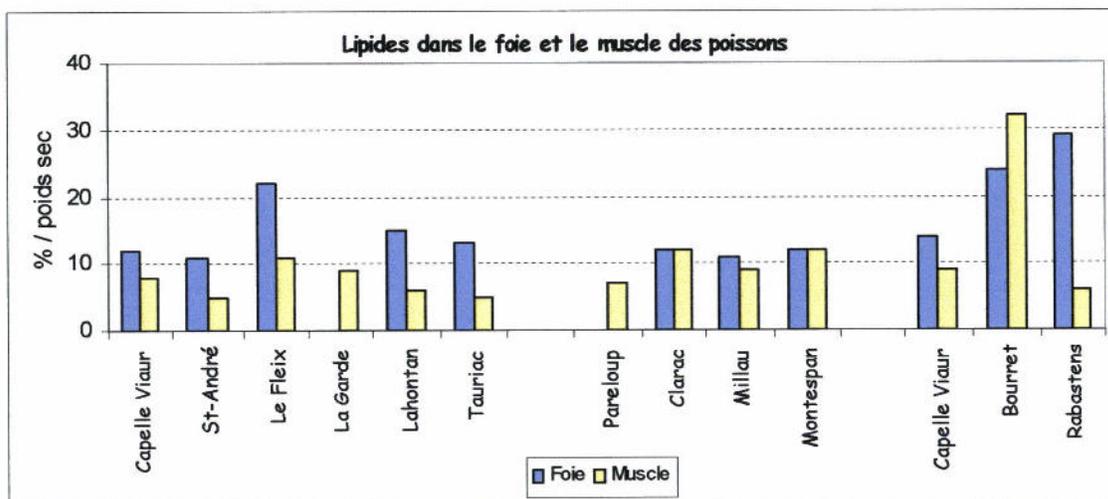


**Figure 22 :** Pyrène et benzo(a)pyrène mesurés dans le foie des poissons

Les métabolites biliaires de type pyrène (*annexe 6*) sont corrélés aux HAP totaux et au pyrène du foie et du muscle des poissons ( $P < .01$ ). Dans les cas étudiés, le pyrène représente de 6 à 25% des HAP totaux. Les résultats montrent au contraire que les métabolites biliaires de type B(a)P ne sont pas corrélés aux HAP totaux. Il faut remarquer que le B(a)P n'est pas détecté dans 50% des mesures de HAP totaux dans le muscle et n'est présent qu'en très faible quantité dans le foie. Ceci confirme la pertinence de la mesure des métabolites biliaires de type pyrène comme marqueur d'exposition aux HAP chez le poisson.

## 5. Les lipides dans le foie et le muscle des poissons

Les taux de lipides mesurés dans les tissus des 3 espèces de poisson sont reportés dans la figure suivante (*annexe 3*).



**Figure 23 :** Lipides mesurés dans le foie et le muscle des poissons

## 6. Analyse des métaux

### a. Métaux mesurés dans le sédiment de 9 sites de prélèvement

Les quantités de métaux mesurés dans 9 sites de prélèvement des poissons sont regroupées dans un tableau (annexe 3) et représentées sous forme d'histogramme dans les figures suivantes.

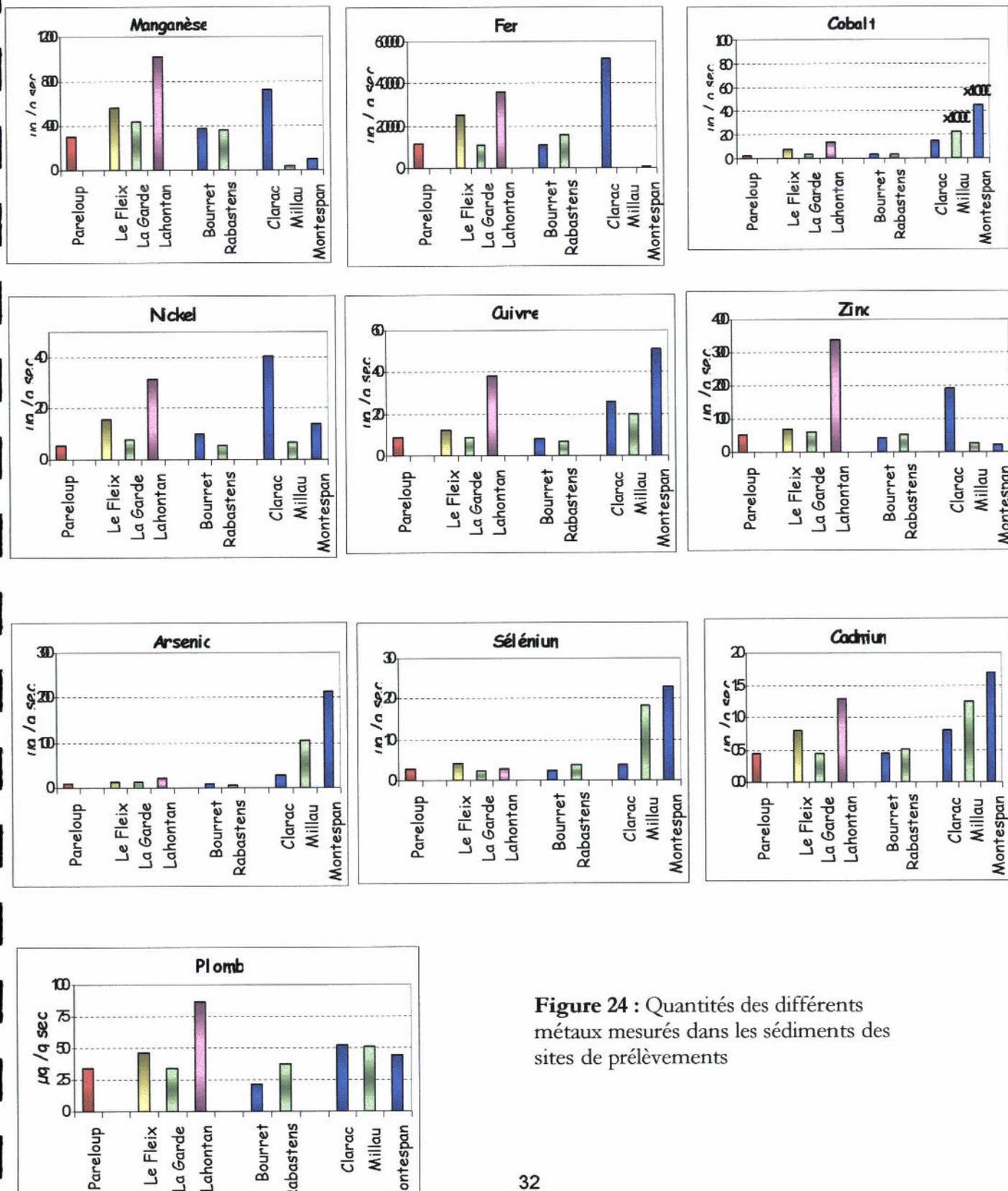
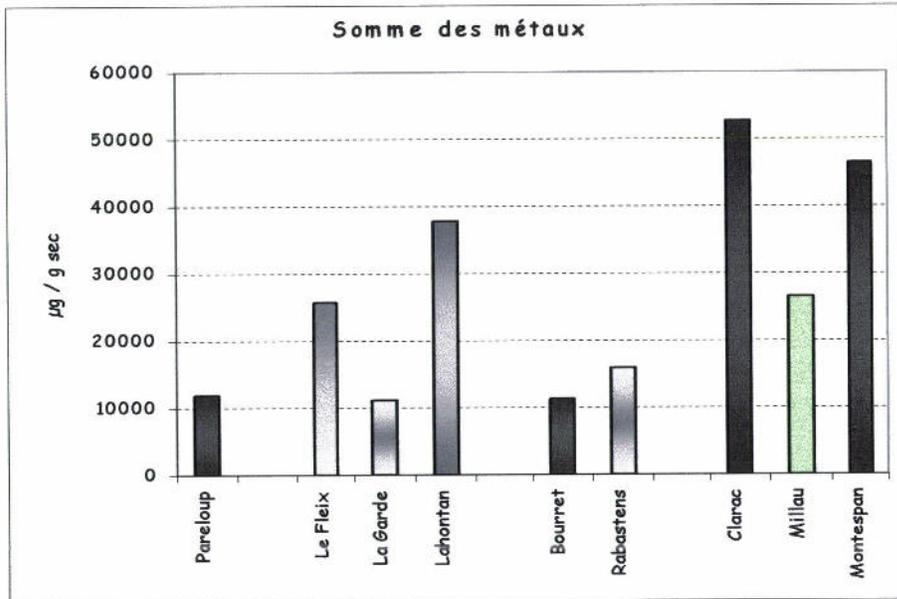


Figure 24 : Quantités des différents métaux mesurés dans les sédiments des sites de prélèvements

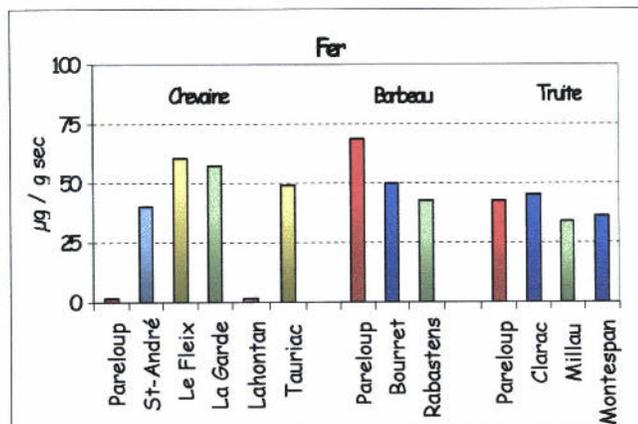
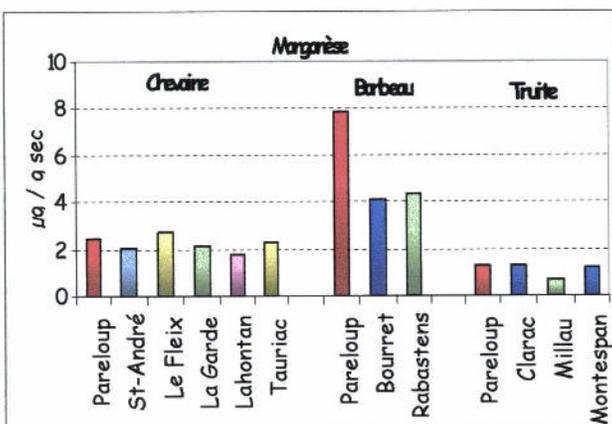


**Figure 24 :** Somme des métaux mesurés dans le sédiment des sites de prélèvement

La figure 24 montre que c'est le site de Clarac qui est le plus chargé en métaux. Mais comme les mesures ont été effectuées à partir d'un seul carottage prélevé au hasard on ne peut pas dire que ce résultat est représentatif de l'ensemble du lit de la rivière au niveau de ce site. En effet on peut supposer qu'une pépite de fer s'est trouvée présente dans le prélèvement, ce qui donne une valeur anormalement élevée en ce métal. A Montespain c'est surtout le taux de cobalt qui fait la différence. Des dosages pratiqués sur un pool de prélèvements effectués dans une surface quadrillée permettraient d'obtenir des valeurs plus représentatives du terrain étudié.

### ***b. Métaux mesurés dans le muscle des 3 espèces de poissons***

Les quantités de métaux mesurés dans le muscle des trois espèces de poissons sont regroupés dans un tableau (*annexe 3*) et représentés par les figures suivantes.



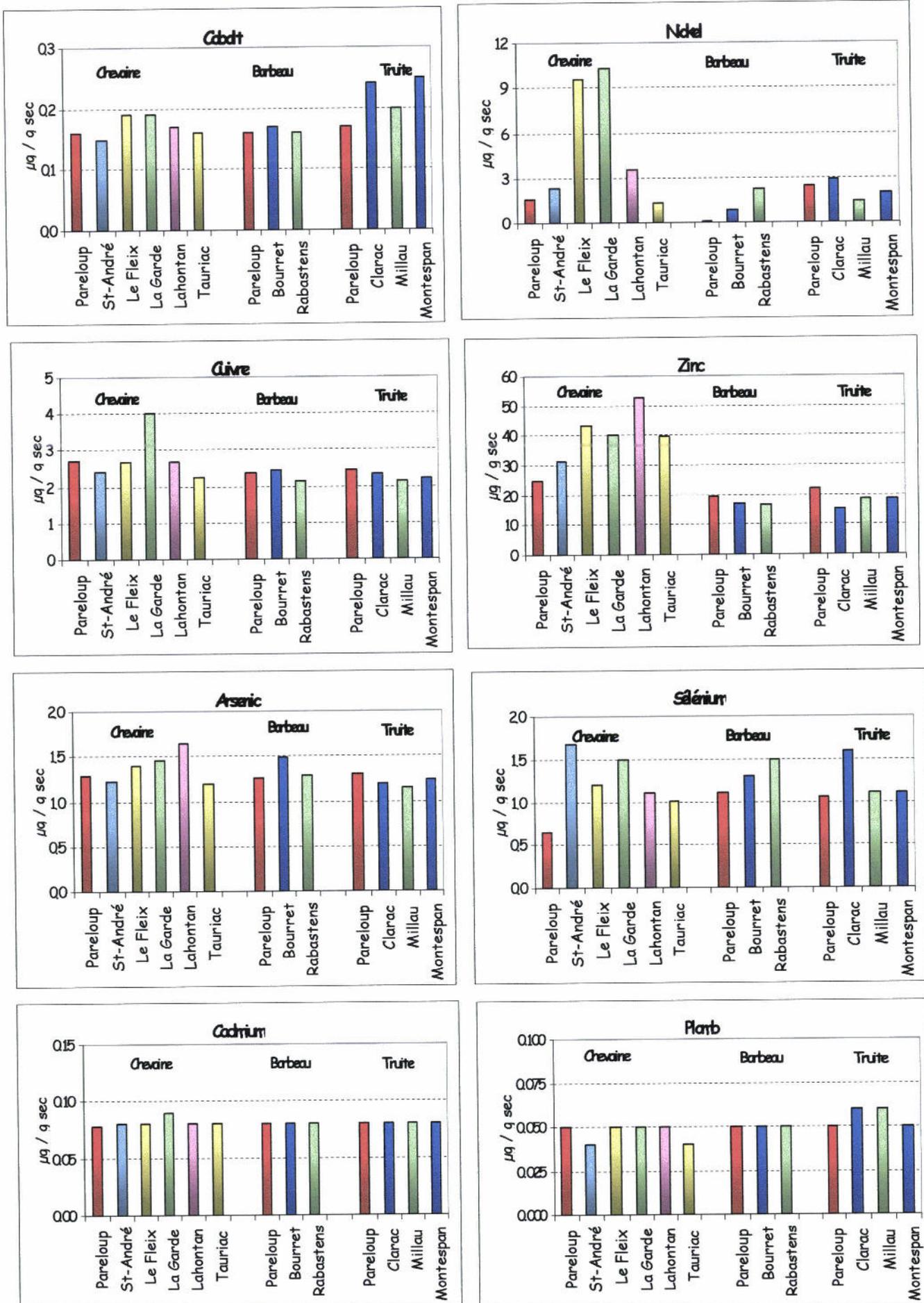


Figure 25 : Quantité des différents métaux mesurés dans le muscle des 3 espèces de poissons

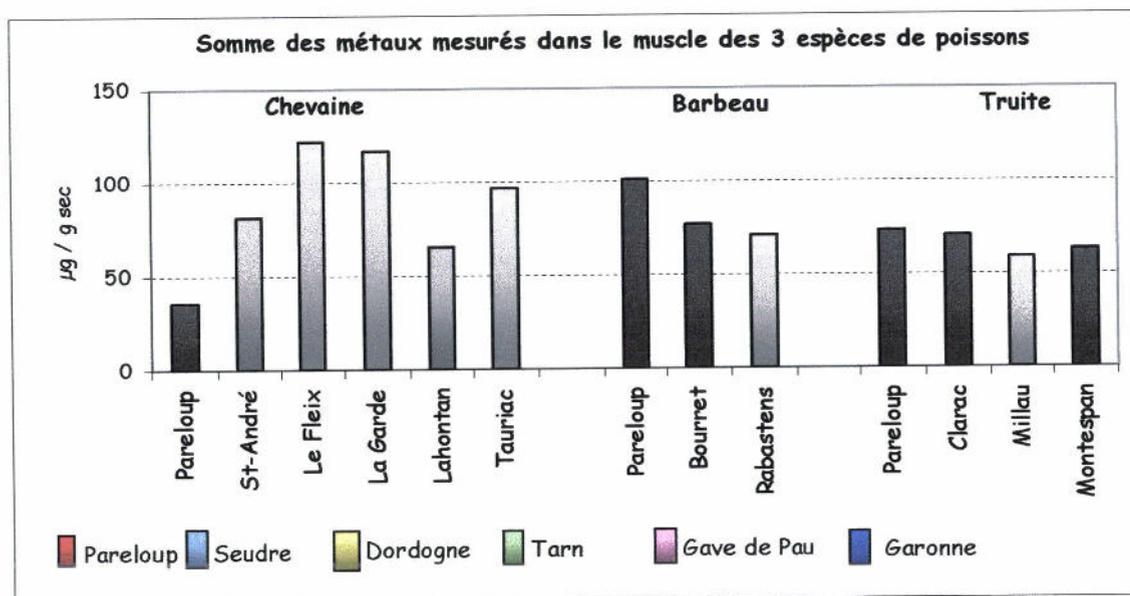
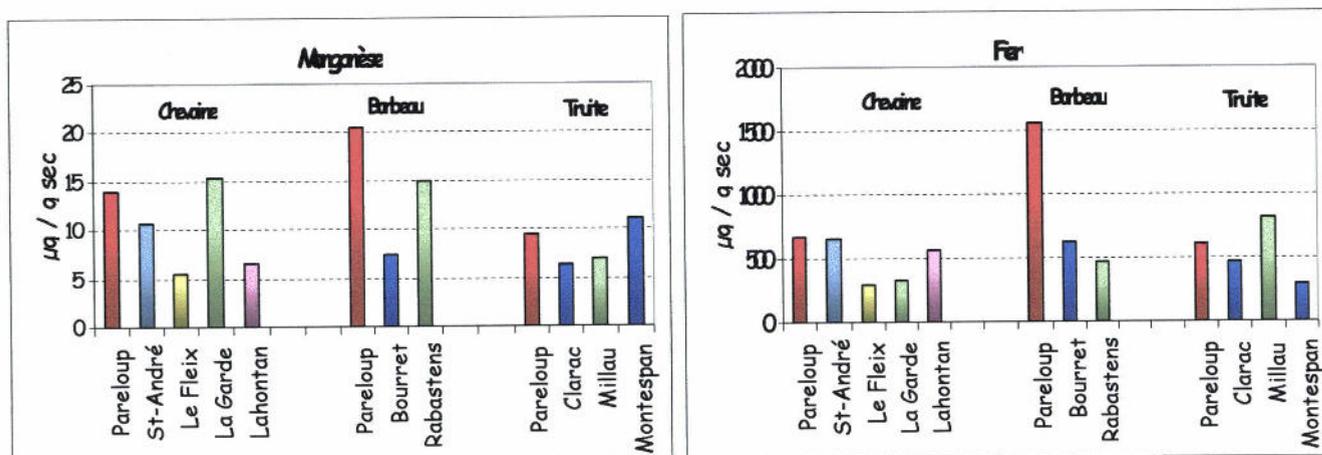


Figure 26 : Somme des métaux mesurés dans le muscle des 3 espèces de poissons

Ces résultats montrent que les chevaines des sites Le Fleix et La Garde ont un taux très élevé de nickel dans le muscle par rapport aux autres sites. Les barbeaux ont un taux de manganèse dans le muscle plus important que celui retrouvé dans les autres poissons. Les autres métaux mesurés ne présentent pas de différences très significatives entre les sites.

### c. Métaux mesurés dans le foie des 3 espèces de poissons

Les quantités de métaux mesurés dans le foie des trois espèces de poissons sont regroupées dans un tableau (annexe 3) et représentés dans les figures suivantes.



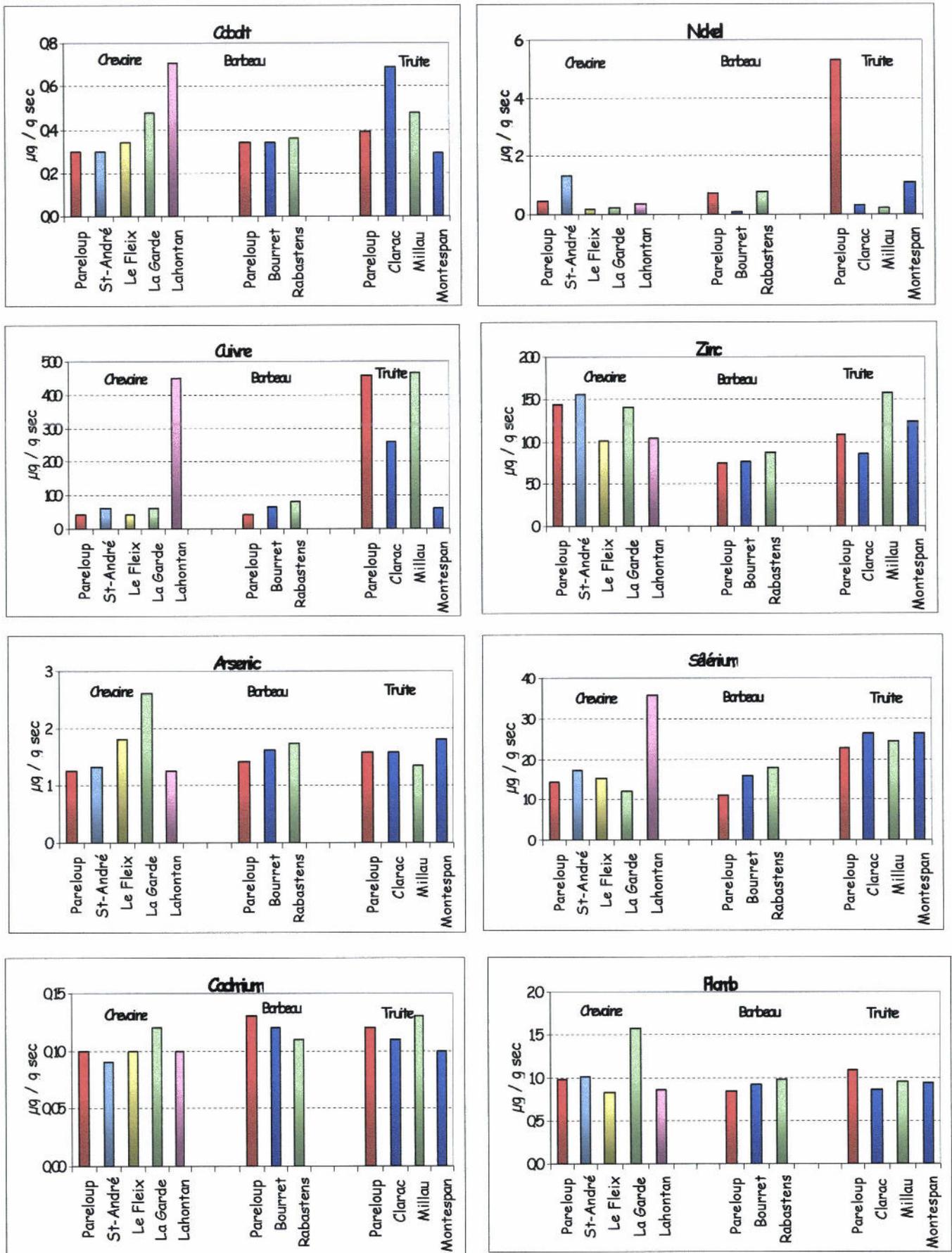
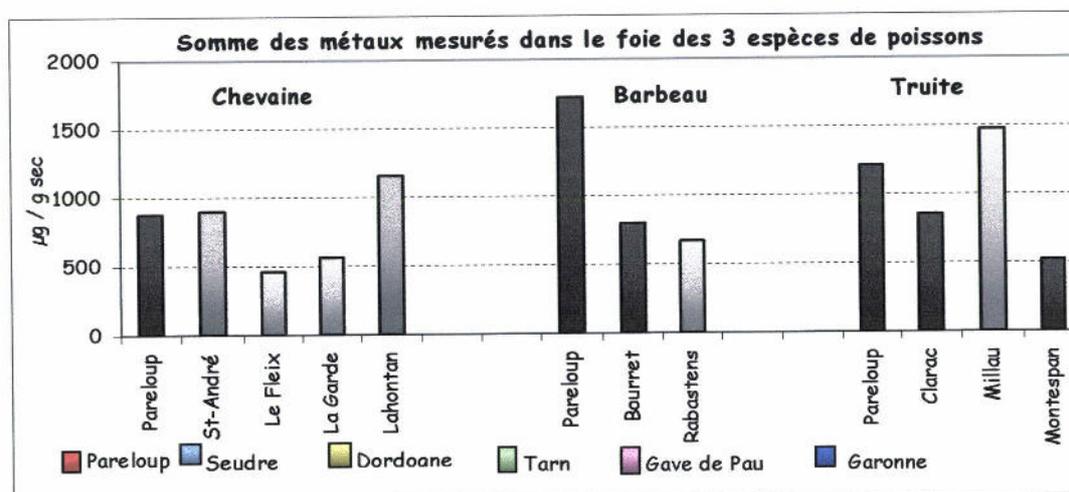


Figure 27 : Quantité des différents métaux mesurés dans le foie des 3 espèces de poissons



**Figure 28 :** Somme des métaux mesurés dans le foie des 3 espèces de poissons

Les chevaines du site Lahontan ont un foie riche en cobalt, cuivre et sélénium. Les barbeaux prélevés sur le site Pareloup ont des quantités importantes en manganèse et en fer. Les truites de Pareloup ont elles un taux hépatique élevé en nickel et en cuivre.

Les analyses chimiques effectuées dans l'eau et les sédiments montrent que les pollutions varient d'une rivière à l'autre indépendamment d'un gradient aval-amont. Ces variations sont souvent à relier aux activités agricoles ou industrielles présentes à proximité des sites étudiés. Le taux de contaminants retrouvés dans les tissus des animaux est parfois en adéquation avec les quantités mesurées dans les sédiments, parfois totalement différent. On peut penser que les poissons ayant des aires de prédation étendues s'éloignent des endroits pollués lorsqu'ils en ont la possibilité, diminuant ainsi leur contact avec les molécules toxiques. Le taux de lipides tissulaires des poissons ne semble pas intervenir dans le stockage des contaminants, sauf pour les PCB.

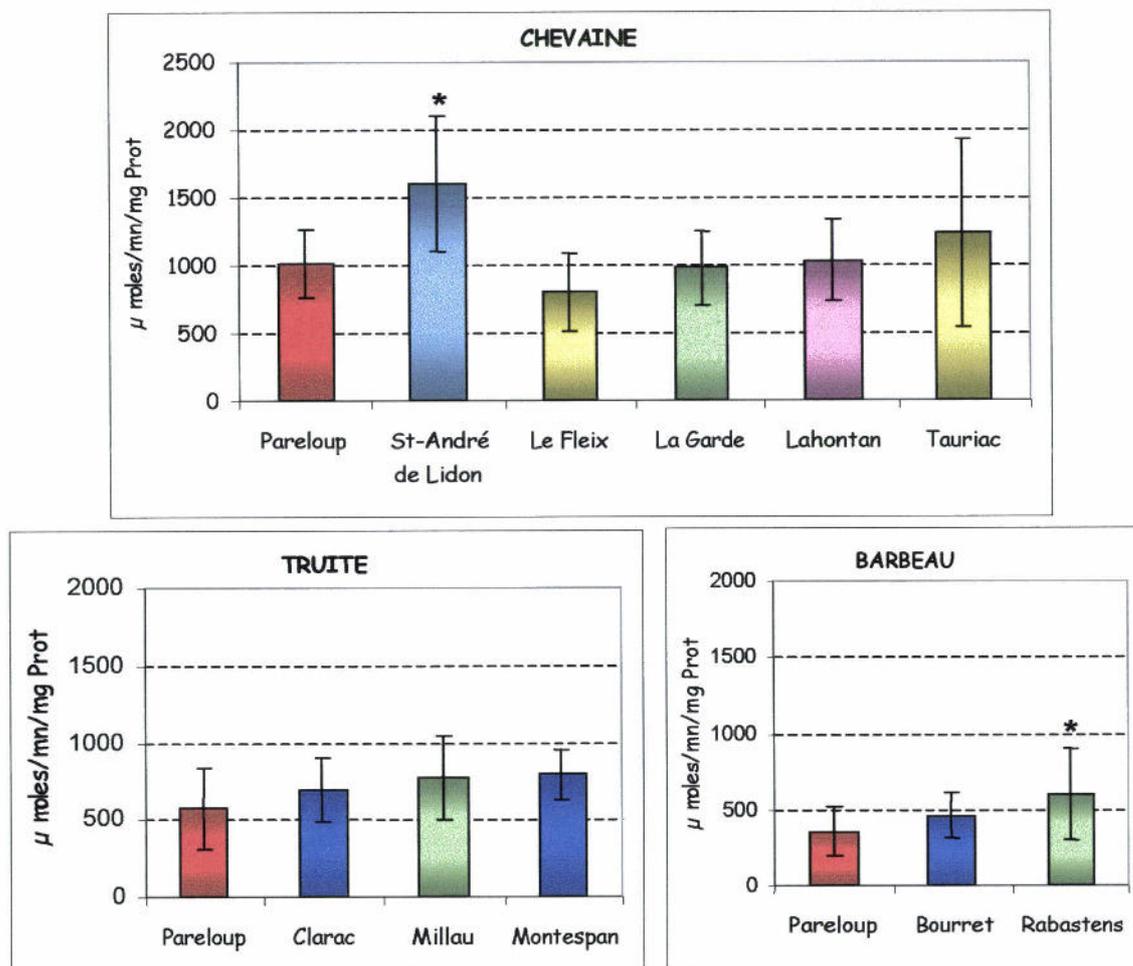
## **7. Mesures des marqueurs biochimiques**

Les tableaux des valeurs individuelles des différentes activités enzymatiques ainsi que les moyennes sont reportés en *annexe 3*.

Une analyse de la variance (ANOVA) est réalisée pour chaque site et pour chaque espèce de poisson dans le but de mettre en évidence des variations significatives (repérées par une étoile\* sur le graphique) relatives aux activités enzymatiques étudiées. Les résultats de ces tests sont reportés en *annexe 4*.

### a. *Activité Catalase hépatique*

Les activités de la catalase mesurées pour les 3 espèces de poissons des différents sites sont représentées sur la figure 29.



**Figure 29 :** Activité catalase par espèce de poisson et par site

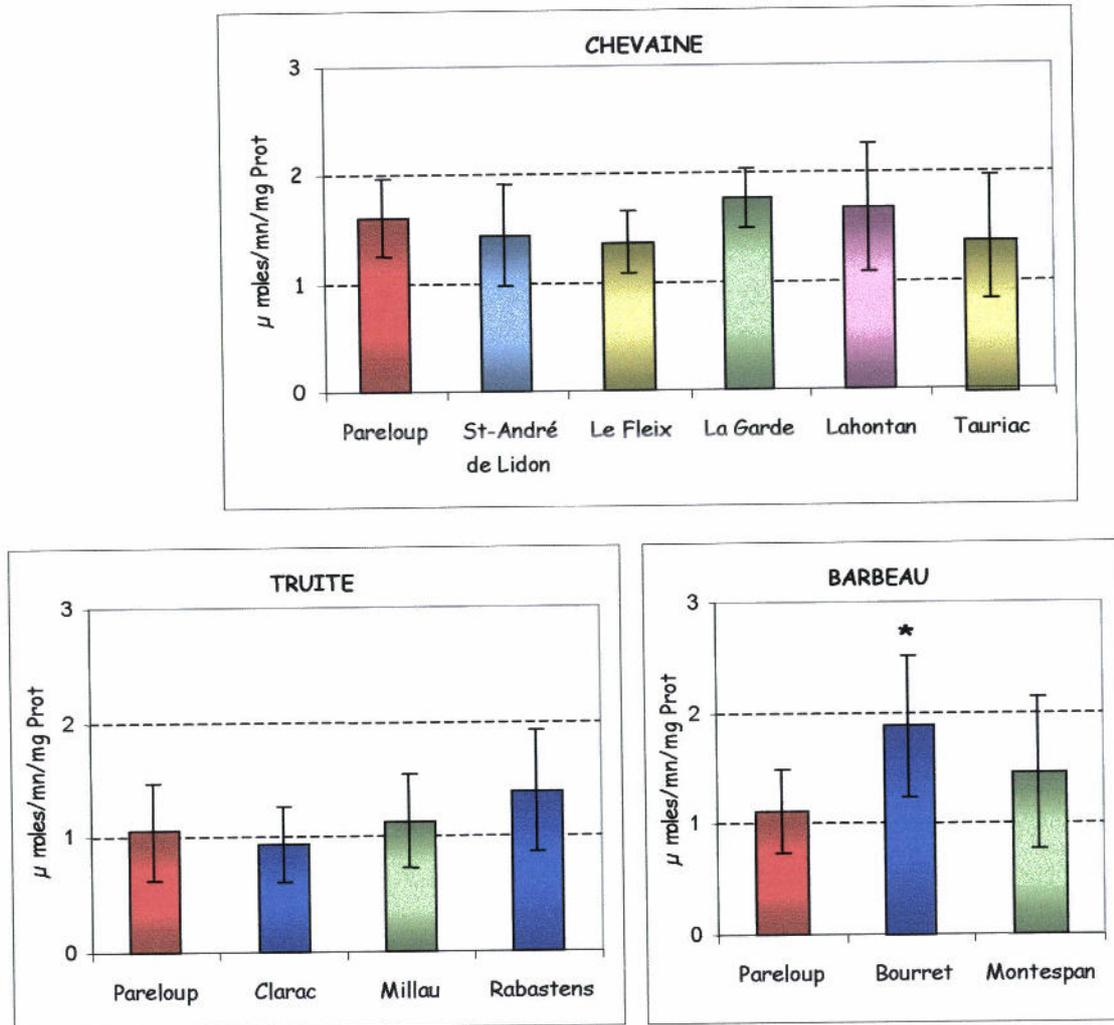
Le test de Tukey permet de mettre en évidence des variations significatives entre le site de référence Pareloup et le site Saint-André de Lidon (+63%) pour le chevaïne. Le barbeau prélevé sur le site Rabastens présente aussi une différence significative (+75%, environ) par rapport aux 2 autres sites. Pour la truite on n'observe pas de variations significatives.

On peut noter que les trois espèces étudiées prélevées sur le site de Pareloup, ont une activité catalase différente (1013 ; 355 ; 576 µmol/mn/mg de protéines pour le chevaïne, le barbeau et la truite, respectivement), soit pour le chevaïne environ 2 fois la valeur retrouvée chez les 2 autres poissons.

D'autre part on n'observe pas de corrélations avec les contaminants (HAP, PCB, Métaux) retrouvés dans le foie de ces poissons.

### b. Activité glutathion S-transférase hépatique

La figure 30 représente l'activité de la GST chez le chevaïne, le barbeau et la truite en fonction des sites de prélèvements.



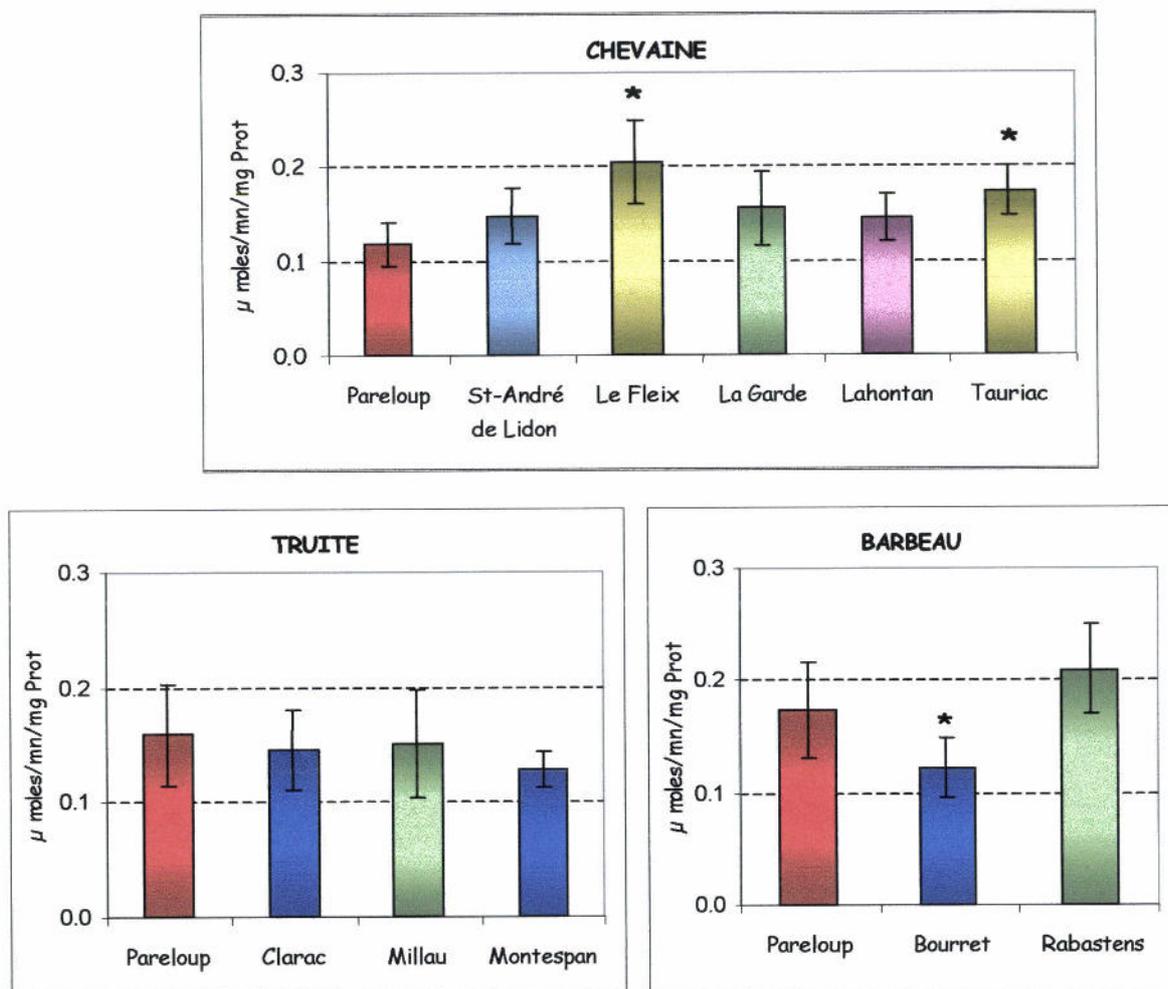
**Figure 30 :** Activité glutathion S-transférase par espèce de poisson et par site

L'analyse du test de Tukey nous révèle que seul le barbeau prélevé sur le site Bourret a une activité significativement plus élevée par rapport aux 2 autres sites. On relève que le chevaïne prélevé sur le site Pareloup présente pour cette activité aussi, une valeur supérieure aux 2 autres poissons (+45%).

On note une corrélation inverse significative de la GST hépatique avec les métaux des sédiments (thioloпрive), ainsi qu'une corrélation positive significative avec les pesticides du groupe triazines mesurés dans l'eau (*annexe 6*).

### c. Activité acétylcholinestérase du muscle

L'activité acétylcholinestérase mesurée dans le muscle des 3 espèces de poissons des différents sites sont représentés sur la figure 31.



**Figure 31** : Activité acétylcholinestérase du muscle par espèce de poisson et par site

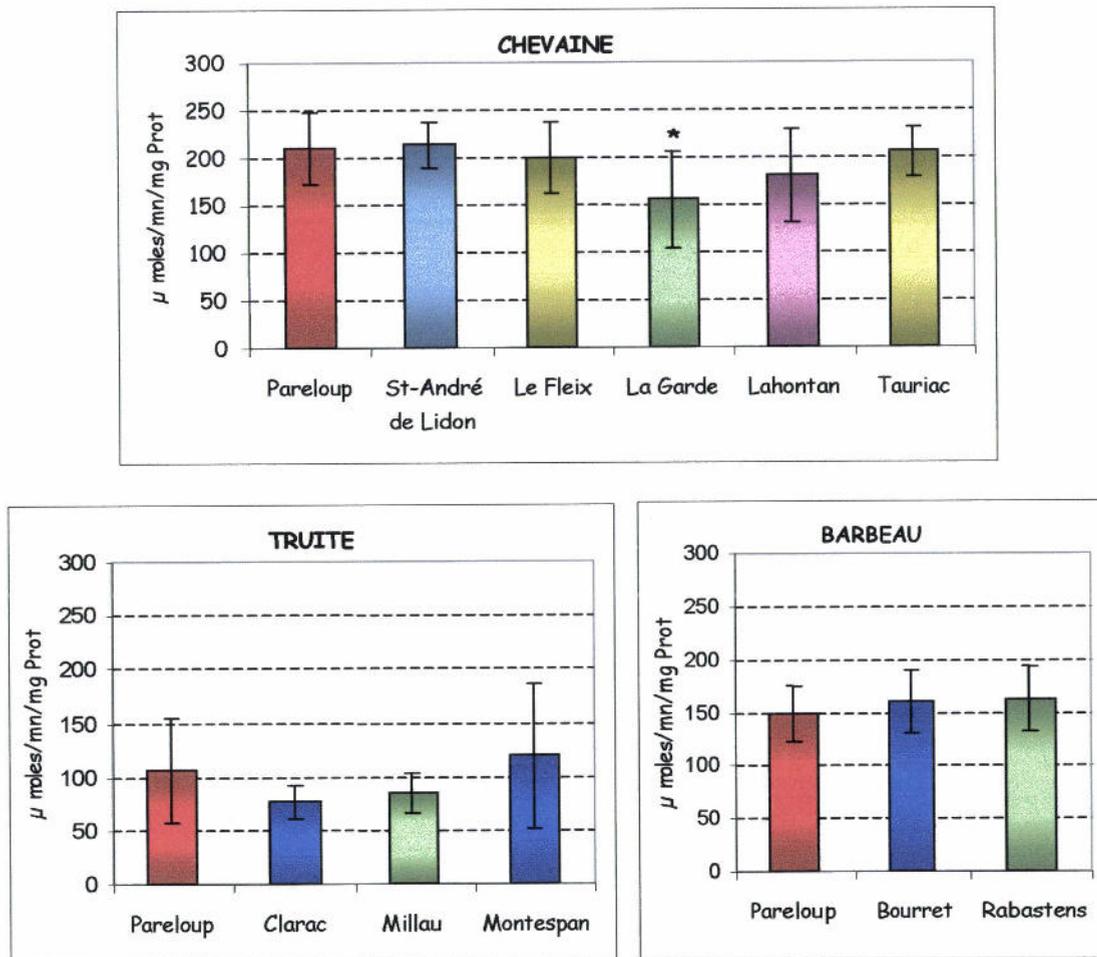
Chez le chevaîne provenant du lac de Pareloup cette activité est inférieure d'environ 40% à celle retrouvée pour le barbeau et la truite originaire de la même région.

Chez le chevaîne, les activités cholinestérases du muscle mesurées varient significativement pour les sites Le Fleix (de 20 à 75% supérieures par rapport aux autres sites) et Tauriac (jusqu'à 40% supérieures à celles des autres sites). Par contre, chez le barbeau prélevé sur le site Bourret ces activités sont inférieures d'environ 70% à celles des 2 autres sites. Aucune différence n'est mise en évidence par l'analyse de variance en ce qui concerne la truite.

Une corrélation positive significative est observée entre cette activité enzymatique et les métaux mesurés dans le muscle (*annexe 6*).

#### **d. Activité acétylcholinestérase du cerveau**

L'activité acétylcholinestérase mesurée dans le cerveau des 3 espèces de poissons des différents sites sont représentés sur la figure 32.



**Figure 32 :** Activité acétylcholinestérase du cerveau par espèce de poisson et par site

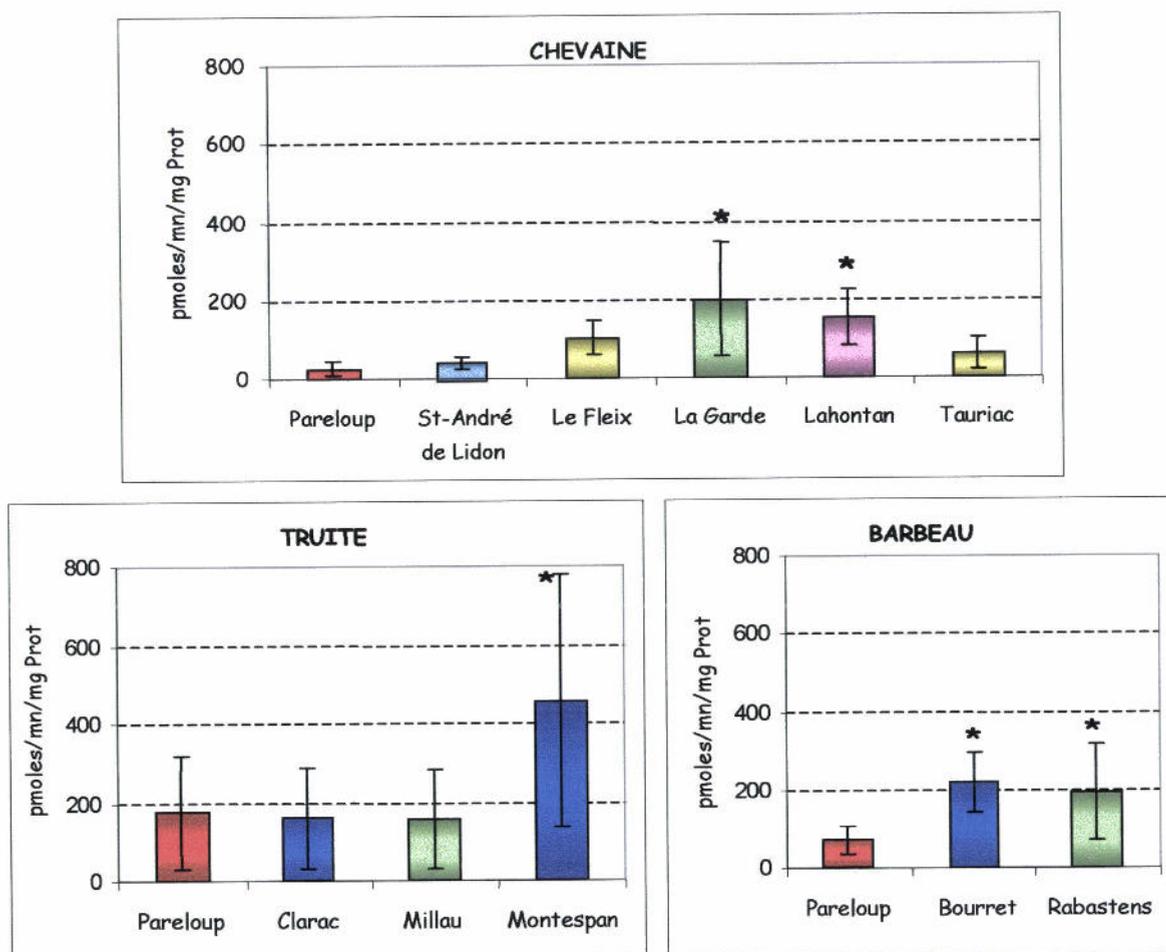
Pour cette enzyme aussi le chevaîne du lac Pareloup semble posséder une activité supérieure à celle du barbeau et de la truite (+40% et +97%, respectivement).

Mais seul le chevaîne du site La Garde a une activité significativement inférieure à celle mesurées pour les autres sites (de 20 à 70 %). Chez le barbeau les valeurs sont pratiquement identiques pour les 3 sites étudiés. Chez la truite les activités mesurées semblent plus faibles que chez les 2 autres espèces d'au moins 50%.

Cette activité enzymatique présente une corrélation négative avec les pesticides de l'eau (*annexe 6*).

#### ***e. Activité éthoxyrésorufine O-dééthylase hépatique***

Les activités éthoxyrésorufine O-dééthylases mesurées dans le foie des 3 espèces de poissons des différents sites sont représentées sur la figure 33.



**Figure 33** : Activité éthyoxyrésorufine O-dééthylase hépatique par espèce de poisson et par site

La première remarque que l'on peut faire c'est que les trois espèces de poisson ont des activités EROD très différentes sur le site du lac Pareloup. En effet la truite présente une activité de 176 pmol/mn/mg de protéines, soit 2,5 fois plus élevée que chez le barbeau et 6,5 fois plus élevée que chez le chevaîne.

Pour le chevaîne cette activité est 7 fois plus élevée pour le site de La Garde et 5,6 fois plus élevée pour le site Lahontan que pour le site Pareloup. Chez le barbeau, les sites Bourret et Rabastens montrent également une activité supérieure à celle du lac de Pareloup (2,7 fois en moyenne). Seules les truites pêchées à Montespan présentent une valeur supérieure de cette activité comparée à Pareloup malgré un écart-type très important (2,5 fois plus que pour les autres stations).

On trouve une corrélation positive ( $p < 0,05$ ) entre l'activité EROD hépatique et les teneurs en PCB (PCB non-dioxine-like) mesurés dans le muscle. Cette relation entre activité EROD dans le foie sensible aux composés dioxine-like et PCB ortho-substitués dans le muscle semble paradoxale. Les PCB dioxine-like sont préférentiellement fixés dans le foie, les PCB ortho-substitués sont eux accumulés préférentiellement dans les tissus extrahépatiques. On peut donc penser que les quantités de PCB-DL dans le foie et celle de PCB-OS dans le muscle sont proportionnelles à l'exposition globale aux PCB (annexe 6).

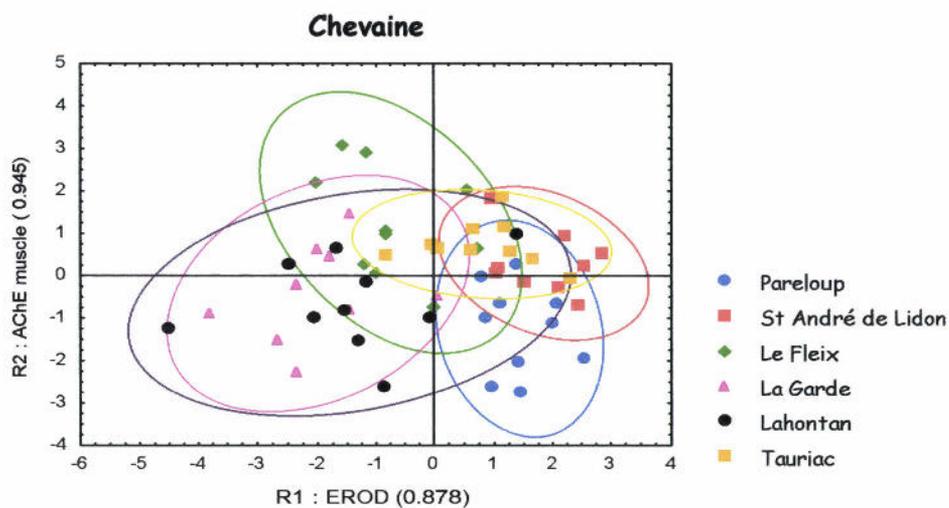
### f. *Malone-dialdéhyde*

Les essais de dosage de malone-dialdéhyde effectués sur le foie, le muscle et le cerveau des poissons n'ont pas donné de réponse satisfaisante. Le taux de peroxydation non induite étant trop faible, nous n'avons pas pu obtenir des valeurs avec la technique utilisée, ce marqueur ne figure donc pas dans nos résultats. Cette observation a été relatée par d'autres auteurs.

## 8. Analyse discriminante des marqueurs biochimiques

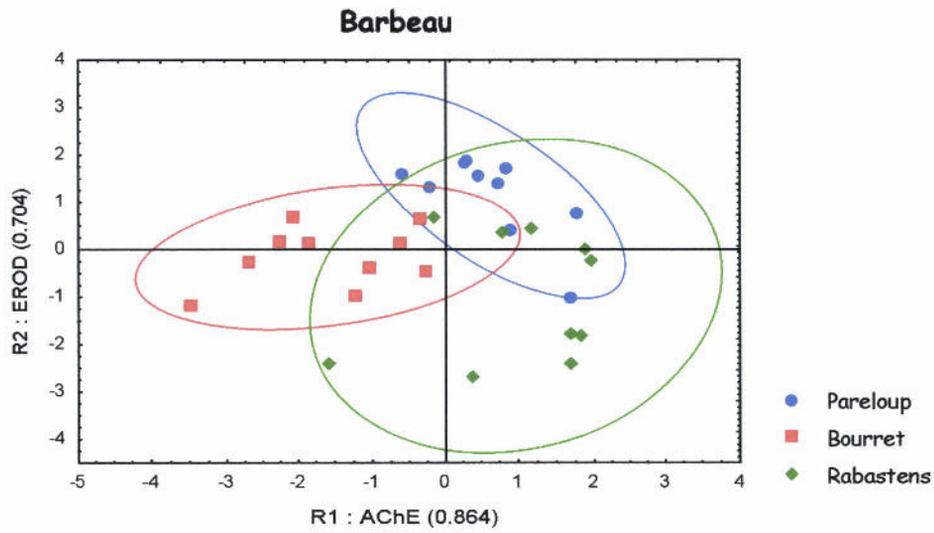
L'analyse discriminante a été réalisée pour chaque espèce de poisson afin de voir s'il est possible de différencier les sites de prélèvements. Les résultats sont représentés sous forme de graphes dans lesquels les axes x et y correspondent aux deux premiers facteurs de discrimination. Les calculs statistiques permettant l'élaboration de ces graphes sont exposés en *annexe 4*.

Les ellipses d'inertie centrées autour de la valeur moyenne des groupes contiennent 95% des données individuelles illustrant ainsi une limite virtuelle entre les différents groupes.



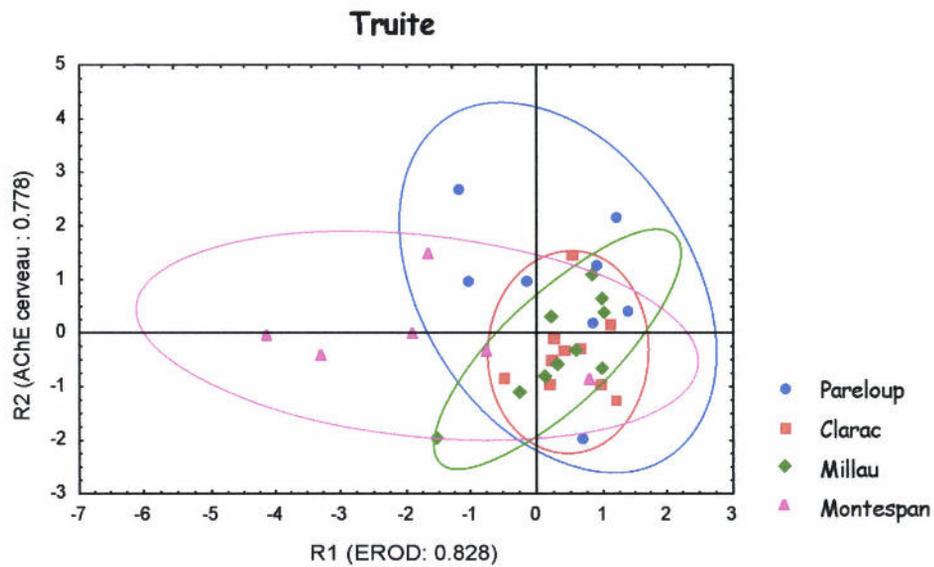
**Figure 34 :** Représentation des 6 sites de prélèvements du chevaine

Pour le chevaine les enzymes qui discriminent les sites sont l'EROD et l'AChE musculaire. Plusieurs sites peuvent être nettement discriminés : Il s'agit de Pareloup et St André de Lidon d'une part et de Le Fleix et La Garde d'autre part, Tauriac étant intermédiaire. L'EROD étant le paramètre le plus discriminant, on pourrait relier la discrimination des sites à la contamination par les HAP et les PCB.



**Figure 35 :** Représentation des 3 sites de prélèvements du barbeau

Les trois sites étudiés sont assez bien discriminés par l'AChE, Bourret semblant le site ayant le mieux répondu, probablement à une pollution par les pesticides.(type OP ou carbamates)



**Figure 36 :** Représentation des 4 sites de prélèvements de la truite

L'étude discriminante montre que seul le site de Montespan semble se différencier des autres sites étudiés sur le facteur EROD, suggérant une contamination supérieure par les HAP.

## 9. Echelle d'exposition

Pour cette étude nous avons appliqué le principe de l'échelle indiciaire en utilisant 5 biomarqueurs d'exposition chez les 3 espèces de poisson. La GST a été choisie comme indicateur de la présence de composés organiques dans le milieu, la Catalase comme indicateur de stress oxydatif, en particulier stress liée à la contamination par les métaux de transition et ainsi que par les PCB. On peut regretter de ne pas avoir pu mesurer le MDA indicateur de stress oxydatif provoqué par les métaux. Une activité monooxygénase (EROD) caractéristique du cytochrome P-450 1A1/2 a été retenue comme indicateur d'une pollution par des composés organiques (HAP, dioxines, PCB-DL), l'inhibition des AChE comme indicateur de la pollution par certains pesticides et des métaux lourds.

Les tests statistiques effectués pour l'établissement de l'échelle sont regroupés dans l'annexe 4.

### a. Chevaîne

#### i. Intervalle de confiance de la moyenne

Après avoir effectué un test de Levene et une analyse de variance, on calcule l'intervalle de confiance de la moyenne (ICM). Une représentation graphique est établie pour chaque enzyme (figures 37a, 37b).

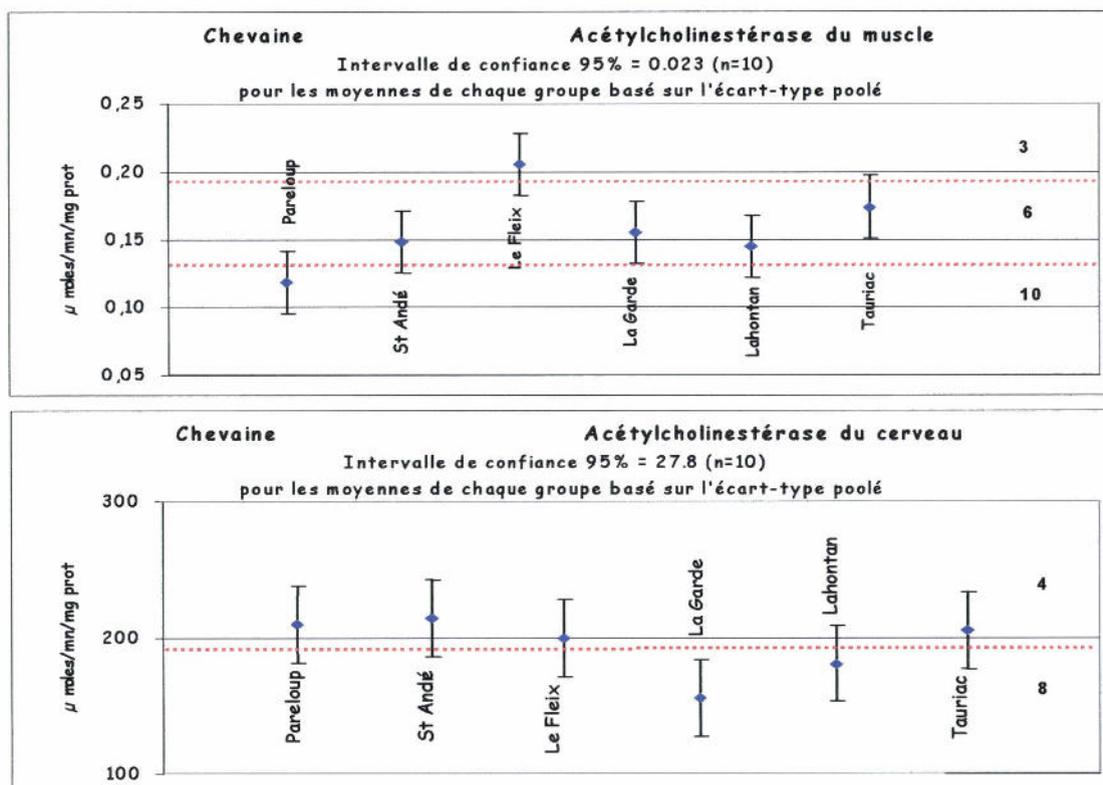
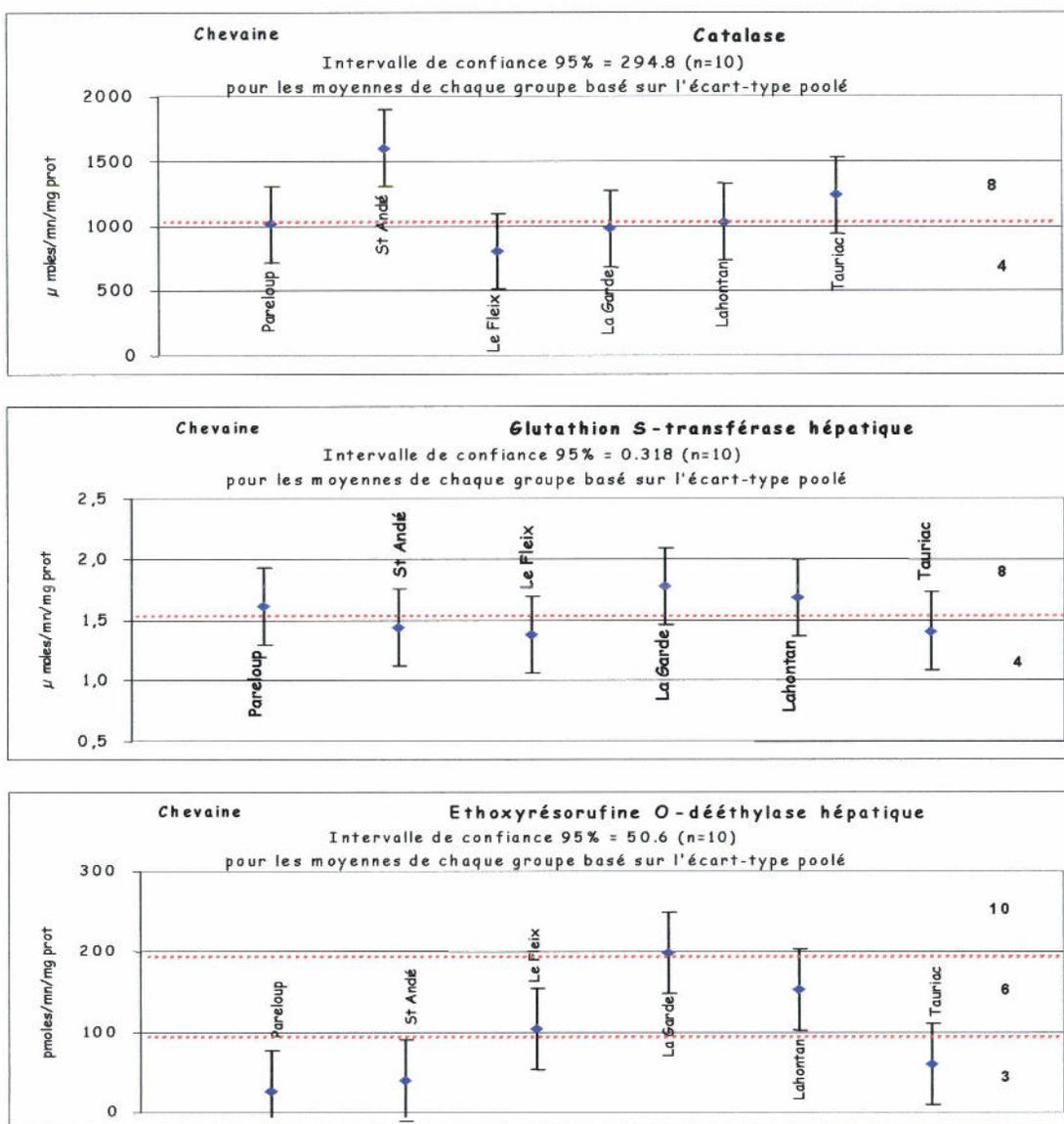


Figure 37a : Intervalle de confiance de la moyenne pour l'activité acétylcholinestérase (muscle et cerveau) chez le chevaîne



**Figure 37b :** Intervalle de confiance de la moyenne pour les activités hépatiques (Catalase, GST, EROD) chez le chevaîne

### ii. Calcul du niveau de discrimination (DL)

Pour établir le nombre de niveaux à attribuer à l'échelle (tableau 3), nous avons calculé le quotient de la valeur de la moyenne maximale sur la valeur de la moyenne minimale des 5 biomarqueurs pour chaque espèce (facteur de réponse ou RF); puis la différence entre la valeur de la moyenne maximale et la valeur de la moyenne minimale (amplitude de la réponse ou RR). L'intervalle de confiance à la moyenne est calculé au cours du test de Tukey. Le facteur de discrimination (DF) est calculé selon la formule :  $[RR + (2 \times ICM)] / (2 \times ICM)$ .

Activités	RF	RR	ICM	DF	DL
GST hépatique	1,54	0,51	0,318	1,80	2
Catalase hépatique	1,99	798,3	294,78	2,35	2
EROD Hépatique	7,29	172,0	50,63	2,70	3
AChE muscle	1,72	0,09	0,023	2,96	3
AChE cerveau	1,38	58,7	27,85	2,05	2

**Tableau 3 :** Calcul du facteur de discrimination pour le chevaine

Il s'agit de positionner les seuils de classement des moyennes (DL) matérialisés par des lignes pointillées ( ) à l'aide de l'ICM en tenant compte des résultats du test de Tukey.

Lorsque seulement 2 niveaux sont obtenus on a utilisé la valeur de la moyenne pour placer le seuil de séparation.

### *iii. Calcul de l'indice biomarqueur global (IBG)*

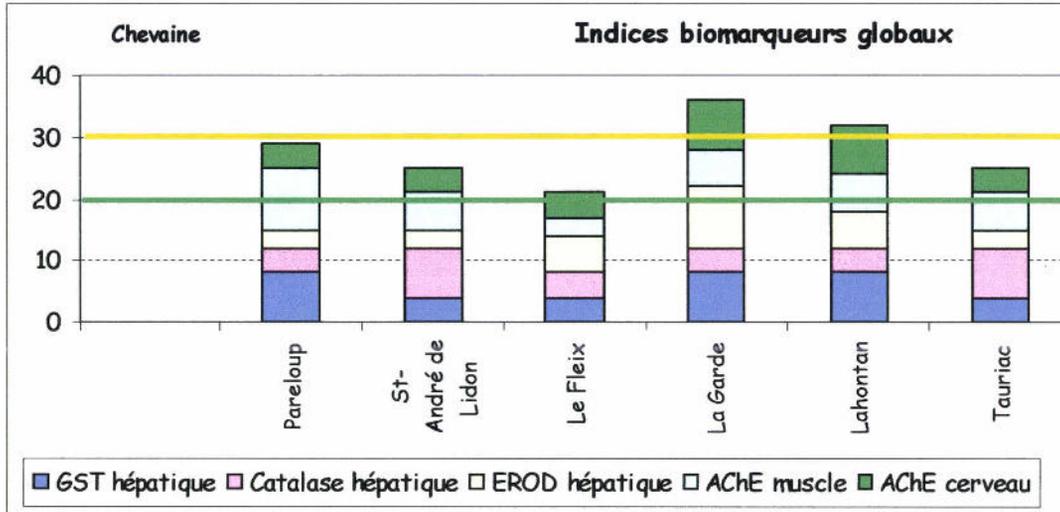
On attribue ensuite des indices aux différents niveaux de discrimination selon une grille de valeurs préétablie (*annexe 5*). Pour chaque site on a additionné les indices des 5 biomarqueurs. On obtient un indice biomarqueur global (IBG) qui varie de 0 à > 50 (tableau 4). On affecte des codes couleurs à ces IBG en fonction de leur importance croissante (*annexe 5*). Ces codes couleurs peuvent ensuite être reportés sur une carte.

Sites	GST hépatique	Catalase hépatique	EROD hépatique	AChE muscle	AChE cerveau	I B G	Couleur
Pareloup	8	4	3	10	4	29	vert
St-André de Lidon	4	8	3	6	4	25	vert
Le Fleix	4	4	6	3	4	21	vert
La Garde	8	4	10	6	8	36	jaune
Lahontan	8	4	6	6	8	32	jaune
Tauriac	4	8	3	6	4	25	vert

**Tableau 4 :** Indices biomarqueurs globaux pour les activités enzymatiques mesurées chez le chevaine

*iv. Contribution des indices biomarqueurs spécifiques à l'indice global*

La figure 38 est établie à partir des indices spécifiques des biomarqueurs superposés. Elle met en évidence l'importance de chacun des biomarqueurs dans l'indice global.

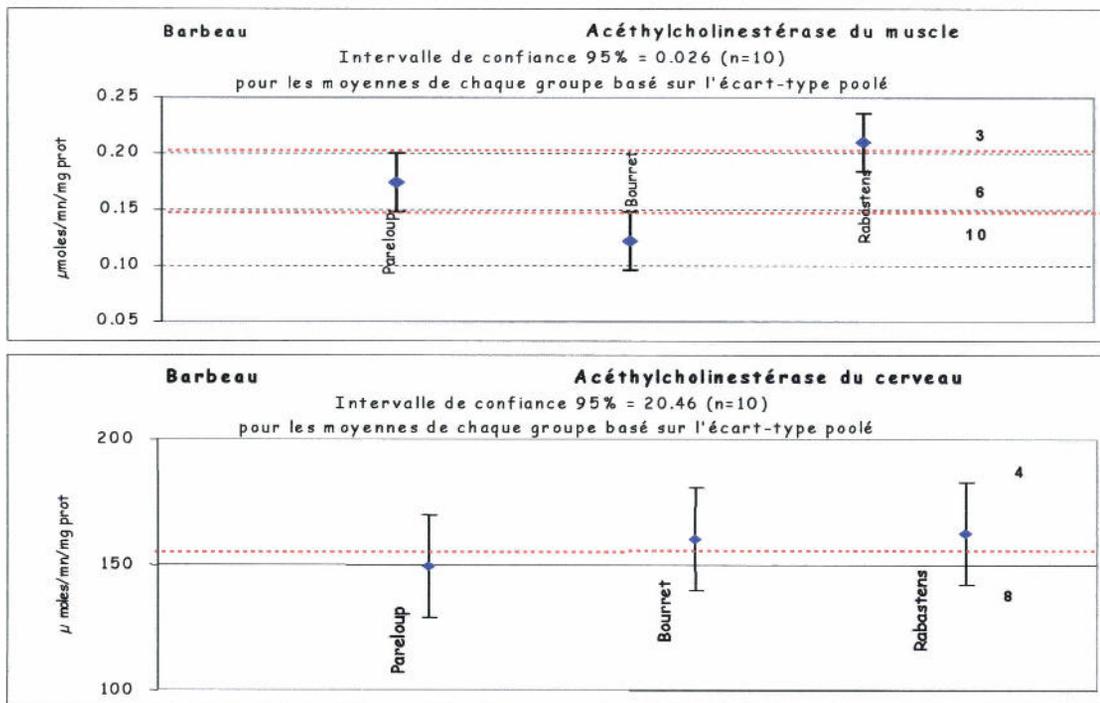


**Figure 38 :** Indices biomarqueurs globaux pour le chevaîne

**b. Barbeau**

*i. Intervalle de confiance de la moyenne*

Cet intervalle est calculé selon la même méthodologie que pour le chevaîne.



**Figure 39a :** Intervalle de confiance de la moyenne pour l'activité acétylcholinestérase

(muscle et cerveau) chez le barbeau

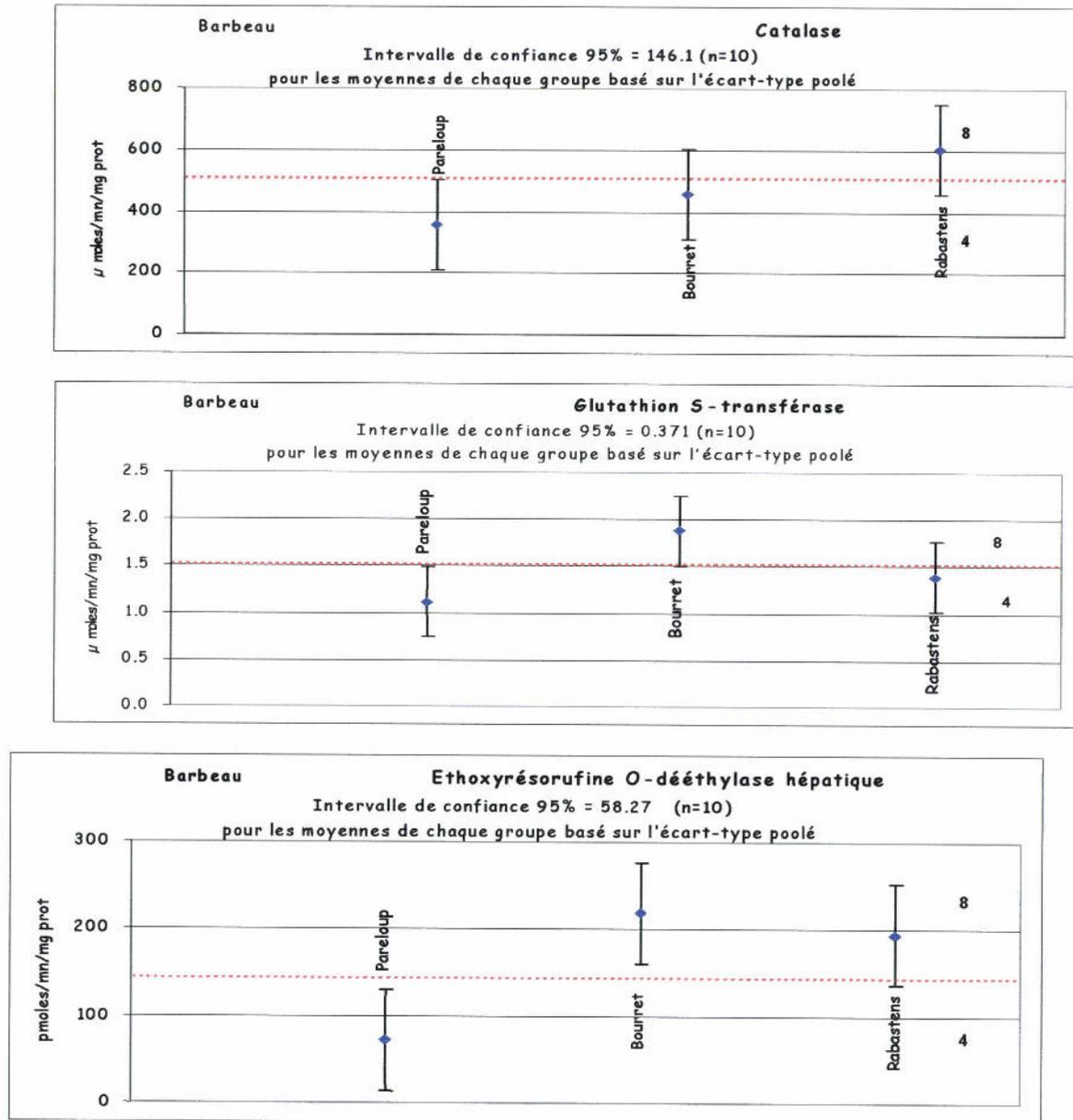


Figure 39b : Intervalle de confiance de la moyenne pour les activités hépatiques (EROD) chez le barbeau

ii. Calcul du niveau de discrimination (DL)

Ce calcul est effectué selon la même procédure que pour le chevaie.

Activités	RF	RR	ICM	DF	DL
GST hépatique	1,68	0,76	0,371	2.02	2
Catalase hépatique	1,69	246.1	146.1	1.84	2
EROD Hépatique	3.03	146.4	58.27	2.26	2
AChE muscle	1,72	0,09	0,026	2.73	3
AChE cerveau	1,09	13.1	20.46	1.32	2

**Tableau 5 :** Calcul du facteur de discrimination chez le barbeau

*iii. Calcul de l'indice biomarqueur global (IBG)*

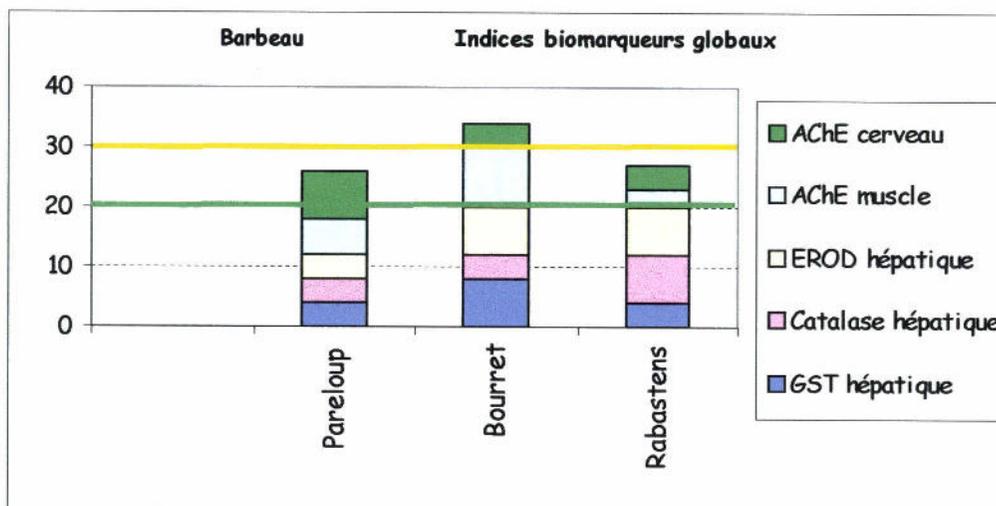
Ce calcul est effectué selon la même procédure que pour le chevine.

Sites	GST hépatique	Catalase hépatique	EROD hépatique	AChE muscle	AChE cerveau	I B G	Couleur
Pareloup	4	4	4	6	8	26	vert
Bourret	8	4	8	10	4	34	jaune
Rabastens	4	8	8	3	4	27	vert

**Tableau 6 :** Indices biomarqueurs globaux  
pour les activités enzymatiques mesurées chez le barbeau

*iv. Contribution des indices biomarqueurs spécifiques à  
l'indice global*

La figure 40 établie à partir des indices spécifiques des biomarqueurs superposés met en évidence l'importance de chacun des biomarqueurs dans l'indice global.

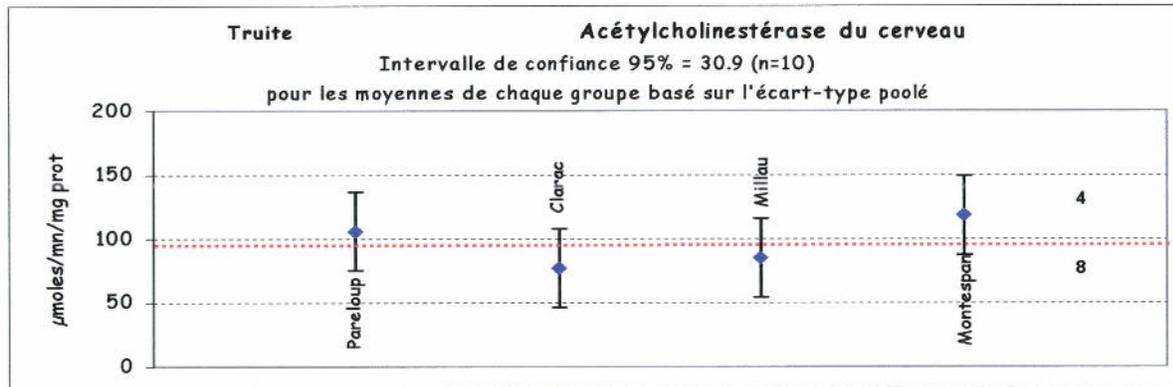
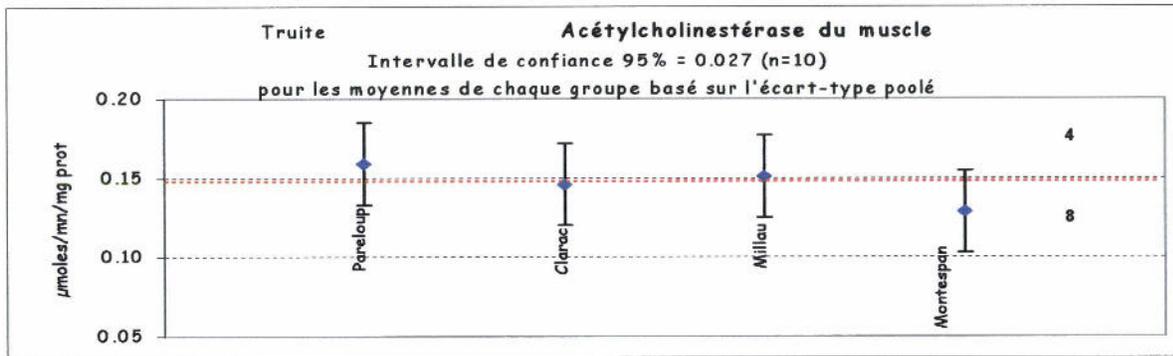


**Figure 40 :** Indices biomarqueurs globaux pour le barbeau

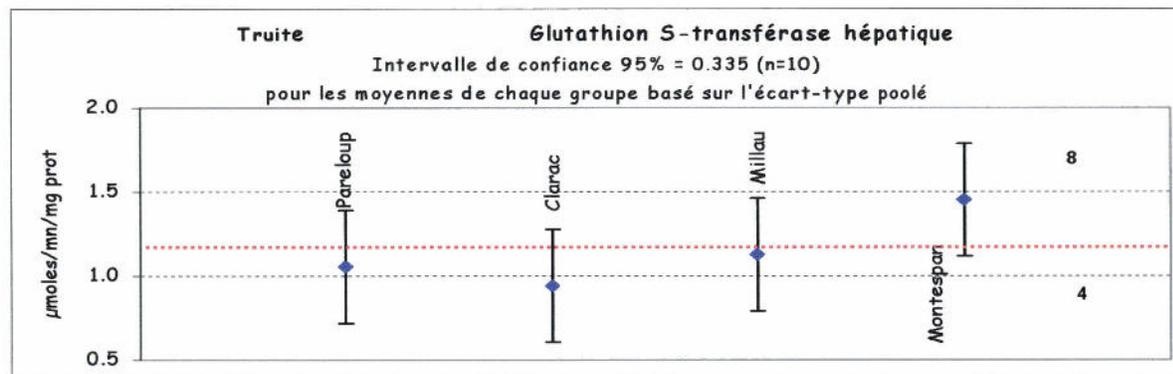
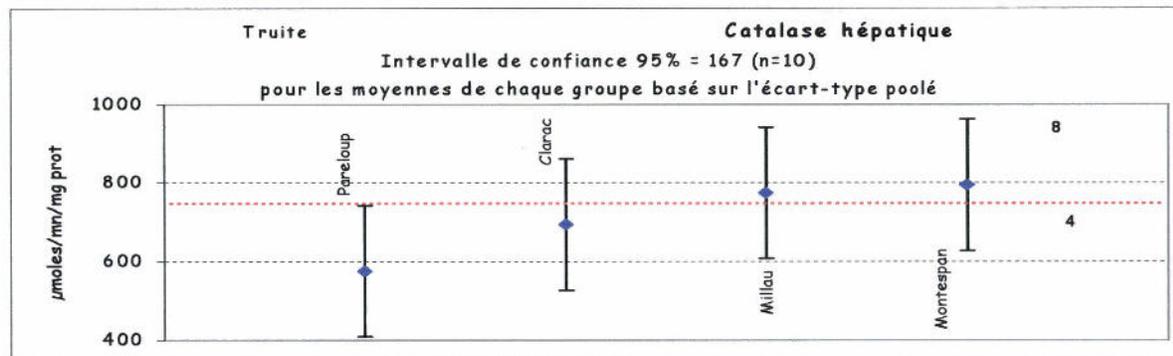
**c. Truite**

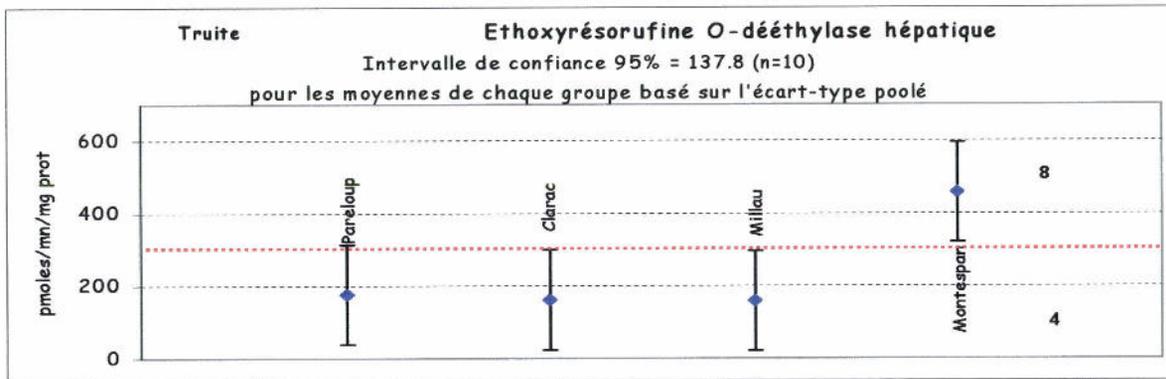
*i. Intervalle de confiance de la moyenne*

Cet intervalle est calculé selon la même méthodologie que pour le chevine.



**Figure 41a :** Intervalle de confiance de la moyenne pour l'activité acétylcholinestérase (muscle et cerveau) chez la truite





**Figure 41b** : Intervalle de confiance de la moyenne pour les activités hépatiques (Catalase, GST, EROD) chez la truite

### ii. Calcul du niveau de discrimination (DL)

Ce calcul est effectué selon la même procédure que pour le chevaie.

Activités	RF	RR	ICM	DF	DL
GST hépatique	1,54	0,51	0,335	1.76	2
Catalase hépatique	1,38	219.0	167.0	1.66	2
EROD Hépatique	2.89	299.4	137.8	2.096	2
AChE muscle	1,23	0,03	0,027	1.56	2
AChE cerveau	1,54	41.6	30.9	1.67	2

**Tableau 5.** Calcul du facteur de discrimination chez la truite

### iii. Calcul de l'indice biomarqueur global (IBG)

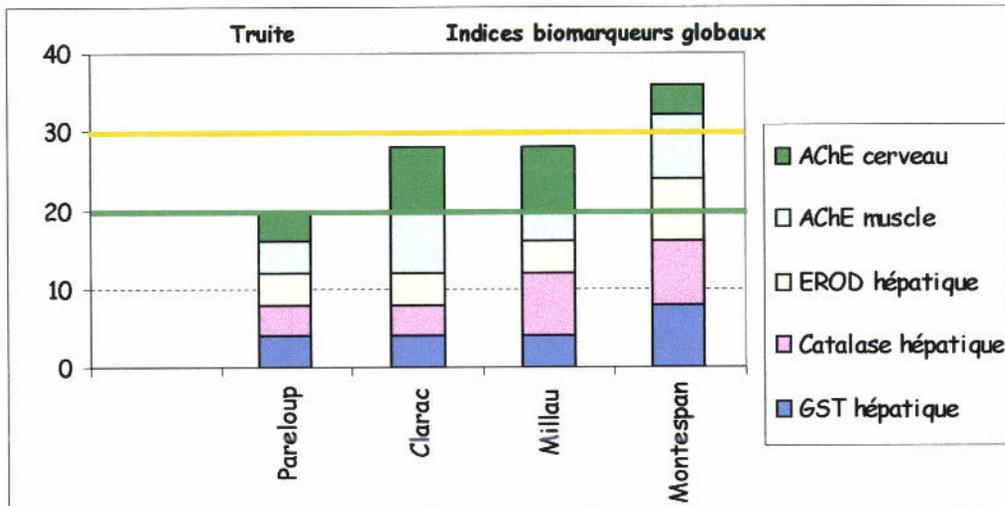
Ce calcul est effectué selon la même procédure que pour le chevaie.

Sites	GST hépatique	Catalase hépatique	EROD hépatique	AChE muscle	AChE cerveau	I B G	Couleur
Pareloup	4	4	4	4	4	20	vert
Clarac	4	4	4	8	8	28	vert
Millau	4	8	4	4	8	28	vert
Montespau	8	8	8	8	4	36	jaune

**Tableau 6.** Indices biomarqueurs globaux pour les activités enzymatiques mesurées chez la truite

### iv. Contribution des indices biomarqueurs spécifiques à l'indice global

La figure 40 établie à partir des indices spécifiques des biomarqueurs superposés met en évidence l'importance de chacun des biomarqueurs dans l'indice global.



**Figure 42 :** Indices biomarqueurs globaux pour la truite

L'examen des quatre sites qui présentent une pollution correspondant au code de couleur jaune (La Garde, Montespain, Bourret et Lahontan), montre que ce sont les biomarqueurs EROD, GST et AChE qui participent pour une part importante à cet indice indiquant une forte contamination organique (GST), HAP (EROD) et pesticides (AChE). Pour le site Montespain la contribution significative de l'activité catalase à l'indice suggère un stress radicalaire que l'on peut attribuer à une contamination organique et éventuellement inorganique. Les autres sites à forte contribution de la catalase sont Millau, Tauriac et St-André de Lidon dont le profil est semblable ce qui indiquerait une contamination soit par les pesticides, soit par les métaux. A Rabastens le profil fait penser à une pollution métallique (catalase) mais aussi à une intervention des HAP (EROD). Le dosage du MDA ou des métallothionéines aurait permis de préciser ce point.

Les sites de Pareloup sur lesquels ont été prélevés les chevaines et les barbeau, ainsi que le site Clarac auraient plutôt une contamination par des composés organiques (inhibition des AChE) qui pourraient être des pesticides (catalase faible).

La station de Pareloup où ont été pêchées les truites et celle du Fleix sont les sites où l'indice est le plus faible, chaque marqueur ayant une participation à peu près égale à cet indice.

Nous avons rapporté sur la figure 43 les indices selon leur code couleur sur les sites de prélèvements permettant aux gestionnaires de situer les différents niveaux de pollution.



**Figure 43 :** Indices couleur de pollution reportés sur la carte géographique à partir de l'indice biomarqueur global (site pollué en jaune, site peu ou pas contaminé en vert)

## Conclusion

Les indices de pollution établis à partir des biomarqueurs ont montré que les quatre sites les plus contaminés, repérés sur la figure 43 par un point jaune sont La Garde sur le Tarn, Montespan et Bourret sur la Garonne et Lahontan sur le Gave de Pau.

Les profils de réponse des biomarqueurs (EROD, GST, AChE) semblent indiquer une pollution par les composés organiques (HAP, PCB ou pesticides). La comparaison avec les mesures chimiques effectuées, forcément limitées par rapports aux contaminants possibles, permettrait de rapporter ces inductions à la présence de doses internes importantes en PCB.

Sept autres sites ont été classés moins pollués que les précédents et sont repérés par un point vert. On peut néanmoins faire des distinctions entre ces sites quant à la contribution des biomarqueurs dans les profils de l'indice obtenu.

Saint-André de Lidon sur la Seudre, Tauriac sur la Dordogne, Millau et Rabastens sur le Tarn se caractérisent par une forte activité catalase. Les animaux pêchés à Saint-André et à Millau ont une forte charge en métaux lourds dans les tissus ce qui semble corroborer cette activité élevée. A Rabastens une activité EROD plus importante est à rapprocher des quantités de PCB retrouvées dans les tissus des poissons. Pour le site de Tauriac une interprétation s'avère difficile car les métaux n'ont pas été mesurés dans les sédiments de cette station.

Pour le site de Clarac sur la Garonne, ce sont surtout les activités AChE qui contribuent à l'augmentation de la valeur de l'indice, or on ne relève pas de taux tissulaires très élevés en métaux ou en pesticides mesurés chez les poissons. La forte présence de PCB dans le muscle des animaux prélevés sur ce site ne se traduit pas au niveau des biomarqueurs. Il est donc difficile de discerner quelle pollution entre en jeu dans ce cas.

Lorsqu'on examine les trois sites de prélèvements de Pareloup on peut faire une distinction entre ceux où ont été pêchés les chevaines et les barbeaux et celui où ont été pêchées les truites. Les indices des deux premiers sites se caractérisent par une forte contribution des activités AChE. Ceci semble correspondre à des taux élevés en métaux dans le foie et le muscle des barbeaux, la présence relativement importante de PCB dans le foie de ces animaux ne se corrèle pas avec les biomarqueurs. Le taux élevé de PCB retrouvé dans les sédiments prélevés sur le site de pêche des chevaines se trouve en correspondance avec une bonne induction de la GST dans le foie de ces poissons.

Les valeurs indiciaires les plus faibles, à la limite du seuil d'indice bleu, ont été obtenues pour le site de prélèvement des truites à Pareloup et la station du Fleix qui correspondent aux valeurs minimums des contaminants mesurés dans l'eau, les sédiments et les tissus.

L'ensemble des résultats montre que l'on a pu classer les différents sites étudiés à l'aide de l'évaluation des niveaux de réponse aux pollutions par les poissons avec une certaine cohérence par rapport aux dosages chimiques effectués.

Il aurait été intéressant d'analyser un plus grand nombre de biomarqueurs sur une seule espèce de poisson, ce qui aurait permis d'obtenir des réponses enzymatiques plus homogènes et d'augmenter le pouvoir de discrimination. De même cette étude aurait pu donner plus d'informations si la palette des contaminants chimiques mesurés avait été plus étendue, bien qu'une étude exhaustive soit impossible.

# Bibliographie

- Aas, E., Beyer, J. and Goksoyr, A. (1998) PAH in fish bile detected by fixed wavelength fluorescence. *Mar. Environ. Res.*, **48**(1-5) : 225-228.
- Addison, R.F., Edwards, A.J. (1988) Hepatic microsomal mono-oxygenase activity in flounder *Platichthys flesus* from polluted sites in Langersundfjord and from mesocosms experimentally dosed with diesel oil and copper. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **46** : 51-54.
- Amiard, J-C., Caquet, T., Lagadic, L. (1998). Les biomarqueurs parmi les méthodes d'évaluation de la qualité de l'environnement. In utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement, Eds. L. Lagadic, T. Caquet, J-C.
- Andersson, T. (1985). Regulation of xenobiotic metabolism in rainbow trout liver: effects of induction, ambient temperature and starvation. *Fil. Dr. Thesis*, Dept. of Zoophysiology, University of Göteborg.
- Andersson, T. and Koivussaari, U. (1985). Influence of environmental temperature on the induction of xenobiotic metabolism by  $\alpha$ -naphthoflavone in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **80** : 43-50.
- Baras, E. (1992) Contribution à l'étude des stratégies d'occupation du temps et de l'espace chez un poisson téléostéen dulcicole, le barbeau fluviatile, *Barbus barbus* (L). Étude par radiodépistage, pêche à l'électricité et observation directe. *Thèse*, Université Liège.
- Benson, A.M., Hunkeler, M.J. and Talalay, P. (1980). Increase of NADPH: quinone reductase by dietary antioxidants: possible role in protection against carcinogenesis and toxicity. *Biochem.*, **17**(9) : 5216-5220.
- Bock, K.W., Lilienblum, W., Fischer, G., Schirmer, G. And Bock-Henning, B.S. (1987). Induction and inhibition of conjugating enzymes with emphasis on UDP-glucuronyltransferases. *Pharmacol. Ther.*, **33** : 23-27.
- Boryslawskyj, M., Garrod, A.C., Pearson, J.T. and Woodhead, H. (1988) Elevation of glutathione S-transferase activity as a stress response to organochlorine compounds in the fresh water mussel *Sphaerium corneum*. *Mar. Environ. Res.*, **24** : 101-104.
- Bradford, M.M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, **72** : 248-254.
- Burke, M.D. and Mayer, R.T. (1974) Ethoxyresorufin : direct assay of a microsomal O-dealkylation which is preferentially inducible by 3-methylcholanthrene. *Drug Met. Disp.*, **2** : 583-588.
- Di Giulio, R.T., Washburn, P.C., Wenning, R.J., Winston, G.W. and Jewels, C.S. (1989) Biochemical response in aquatic animals : a review of determinants of oxidative stress. *Environ. Toxicol. Chem.*, **8** : 1103-1123.
- Di Giulio, R.T., Habig, C. and Gallagher, E.P. (1993) Effects of black Rock Harbor sediments on indices of biotransformation, oxidative stress and DNA integrity in channel fish. *Aquatic Toxicol.*, **26** : 1-22.

- Ellman, G. L., Courtney, K.D., Andres, V. and Featherstone, R. M.** (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem. Pharmacol.*, **7** : 88-95.
- Fouremant, G.L., White Jr, N.B. and Bend, J.R.** (1983) Biochemical evidence that Winter Flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) have induced cytochrome P-450 dependent monooxygenase activities. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, **40** : 854-865.
- Greenwald, R.A.** (1985) Therapeutic benefits of oxygen radicals scavenger treatment remain unproven. *Free Rad. Biol. Med.*, **1** : 173-177.
- Habig, W.H., Pabst, M.J., Jakoby, W.B.** (1974) Glutathione S-transferase : the first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.*, **249**(22) : 7131-7139.
- Huet, M.** (1949) Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.*, **11**(3-4) : 29-41.
- James, M.O., Heard, C.S. and Hawkins, W.E.** (1988) Effect of 3-methylcholanthrene on monooxygenase epoxide hydrolase and glutathione S-transferase activities in small estuarine and freshwater fish. *Aquatic Toxicol.*, **12** : 1-15.
- Labrot, F.** (1996) Le plomb et l'uranium dans l'environnement. Présence, biodisponibilité et toxicité. Thèse, Université Bordeaux, n° 1535.
- Lagadic, L., Caquet, T.** (1996). Marqueurs biologiques de pollution : des outils au service de l'écotoxicologie. *Phytoma - La défense des végétaux*, **480** : 10-13.
- Lindstrom-Seppa, P. and Oikari, A.** (1988) Hepatic xenobiotic biotransformation in fishes exposed to pulp mill effluents. *Wat. Sci. Tech.*, **20**(2) : 167-170.
- Livingstone, D.R.** (1993) Biotechnology and pollution monitoring : use of molecular biomarkers in the aquatic environment. *J. Chem. Tech. Biotechnol.*, **57** : 195-211.
- Narbonne, J.F.** (1991) Mécanismes de biotransformation des polluants organiques chez les animaux marins. *Océanis*, **17** : 449-458.
- Narbonne, J.F., Daubèze, M., Clérandeau, C. and Garrigues, P.** (1999). Scale of classification based on biochemical markers in mussels : application to pollution monitoring in European coasts. *Biomarker*, **4**(6) : 415-424.
- Payne, J.F., Kiceniuk, J., Fancey, L.L., Williams, U., Fletcher, G.L., Rahimtula, A; and Fowler, B.** (1988) What is the a safe level of polycyclic aromatic hydrocarbons for fish : subchronic toxicity study on winter flounder. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **45**(11) : 1983-1993.
- Pellerin-Massicote, J.** (1994) Oxidative processes as indicators of chemical stress in marine bivalves. *J. Aquat. Ecosystem Health.*, **3** : 101-111.
- Philipart, J.C.** (1972) Age de croissance du cheveine *Leuciscus cephalus* (L.) dans l'Ourthe et la Berwine. *Ann. Soc. Royale Zool. Belgique*, **102**(1-2) : 47-81.
- Philipart, J.C.** (1987) Démographie, conservation et restauration du barbeau fluviatile, *Barbus barbus* (L.) dans la Meuse et ses affluents. Quinze années de recherches. *Ann. Soc. Royale Zool. Belgique*, **117**(1) : 49-62.

- Schlenk, D. (1999). Necessity of defining biomarkers for use in ecological risk assessments. *Marine Pollution Bulletin*, **39**(1-12) : 48-53.
- Solbe, J.F. (1987) Environmental effects of chemicals (CFM 9350 SLD) Report on a UK ring test of method for studying the effect of chemicals on the growth rate of fish. *WRc report N° PRD 1388-M/2*.
- Stegeman, J.J. Binder, R. L. and Orren, A.. (1979). Hepatic and extra-hepatic microsomal electron transport components and mixed-function oxygenases in the marine fish *Stenotomus versicolor*. *Biochem. Pharmacol.*, **28** : 3431-3439.
- Stegeman, J.J., Woodlin, B.R. and Goksoyr, A. (1988) Apperent cytochrome P-450 induction as an indication of exposure environmental chemicals in the flounder *Platichthys flesus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **46** : 55-60.

# **ANNEXE 1**

**Parametres physiques des poissons**

Station  
Pareloup La Capelle Viaur

cours d'eau  
Viaur

date  
04/10/2001

espèce prélevée : chevaine (*Leuciscus cephalus*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie					
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau
1	242	151	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
2	264	177	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
3	227	104	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
4	255	160	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
5	235	120	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
6	180	245	F	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
7	235	129	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
8	280	235	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
9	283	226	F	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
10	265	217	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
11	275	206	M	ras						ok				
12	286	217	F	ras						ok				
13	266	171	M	traumatisme				ok		ok				
moyenne	253	181		nombre d'échantillons	10	10	10	5	1	1	1	1	1	1
ET	29	47		quantités unitaires approx.	1g	500 mg	300 mg	150µl	50 g	8g	500 g	50 g	100 g	2,5 l

observations  
ras rien à signaler

Station  
St-André de Lidon

cours d'eau  
Seudre

date  
10/09/2001

espèce prélevée : chevaine (*Leuciscus cephalus*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie						
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest. eau	
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.		
1	215	80	nd	ras	ok	ok	ok	ok	ok	non	ok	ok	ok	ok	
2	248	124	M	Ac.	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
3	236	116	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
4	238	140	F	Ac.	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
5	250	144	M	Mi.	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
6	226	111	M	Ac.	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
7	240	130	F	Tum ov.	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok			ok
8	215	97	M	Ky.	ok	ok	ok	ok	ok	non		ok			ok
9	246	146	nd.	Ac.	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
10	228	109	M	Ac.	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
11	256	172	M	ras				ok		ok					
12	220	111	M	Ac.						ok					
13	209	95	M	Ky. Ovaires						ok					
14	228	102	M	ras						ok					
15	240	124	M	ras						ok					
16	236	124	M	ras						ok					
17	253	155	M	ras						ok					
18	220	104	M	ras						ok					
moyenn	234	124	nombre d'échantillons		10	10	10	5	1	1	1	1	1	1	
ET	14	23	quantités unitaires approx.		1g	500 mg	300 mg	150µl	50 g	12g	500 g	50 g	100 g	2,5 l	

observations	
ras	rien à signaler
pp	présence de parasites
Ac	acanthocephalus
Mi	microsporidie
Tum ov.	tumoration des ovaires
Ky	kystes

Station  
Le Fleix

cours d'eau  
Dordogne

date  
13/06/2001

espèce prélevée : Chevaine (*Leuciscus cephalus*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie					Echantillons chimie					
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques					HAP PCB			metaux		pest.
					muscle	foie	enceph.	branchies	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau
1	220	125	M	spermiant	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
2	215	114	nd	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
3	210	110	nd	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
4	198	91	nd	vesicule vide	ok	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
5	195	78	nd	vésicule vide	ok	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
6	210	99	F	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
7	195	90	nd	vésicule vide	ok	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
8	205	96	nd	vésicule vide	ok	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
9	210	108	nd	Foie décoloré	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
10	210	98	nd	mort	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
11	-	-	-	ras	-	-	-	-	ok	-	ok		-		
12	-	-	-	ras	-	-	-	-	ok	-	ok		-		
13	-	-	-	ras	-	-	-	-	ok	-	ok		-		
14	-	-	-	ras	-	-	-	-	ok	-	ok		-		
moyenne	207	101		nombre d'échantillons	10	10	10	10	10	1	1	1	1	1	1
ET	8	14		quantités unitaires approx.	1g	1g	300 mg	1g	100µl	50 g	20 g	500 g	40 g	40 g	2,5 l

observations

ras rien à signaler

Station  
La Garde

cours d'eau  
Tarn

date  
05/10/2001

espèce prélevée : chevaine (*Leuciscus cephalus*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie						
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.	
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau	
1	206	79	nd	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
2	240	135	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
3	240	145	M	Mi., foie pâle	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
4	305	309	M	pp	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
5	215	100	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
6	250	154	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
7	255	171	M	Mi.	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
8	223	107	M	hém cutanée dors	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
9	180	60	nd	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
10											ok		ok		ok
Attention, peut être une erreur, il devrait y avoir 10 poissons !!															
moyenne	235	140		nombre d'échantillons	10	10	10	5	1	1	1	1	1	1	1
ET	35	73		quantités unitaires approx.	1g	500 mg	300 mg	150µl	50 g	6g	500 g	50 g	100 g	2,5 l	

observations	
ras	rien à signaler
pp	présence de parasites
Ac	acanthocephalus
Mi	microsporidie
hém cutanée dors	hémorragie cutanée dorsale

Station  
Lahontan

cours d'eau  
Gave de Pau

date  
08/10/2001

espèce prélevée : chevaine (*Leuciscus cephalus*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie					
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau
1	238	127	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
2	232	126	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
3	205	82	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
4	206	78	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
5	236	117	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
6	262	183	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
7	277	204	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
8	222	108	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
9	240	119	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
10	207	86	M	ras	ok	ok	ok	non						
11	277	221	M	ras				ok						
12	270	212	M	ras										
13	265	192	M	ras										
moyenne	241	143		nombre d'échantillons	10	10	10	5	1	1	1	1	1	1
ET	27	52		quantités unitaires approx.	1g	500 mg	300 mg	150µl	50 g	16g	500 g	50 g	100 g	2,5 l

observations  
ras rien à signaler

Station  
Tauriac

cours d'eau  
Dordogne

date  
31/08/2001

espèce prélevée : chevaine (*Leuciscus cephalus*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie						
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.	
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau	
1	260	176	M	Ac., stéatose	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	
2	220	96	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	non		ok			ok
3	243	134	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
4	248	143	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
5	220	96	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
6	208	82	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	non		ok			ok
7	220	102	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok			ok
8	245	124	M	AC.	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
9	237	123	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok			ok
10	258	173	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
11	288	251	M	stéatose				ok		ok					
12	264	198	M	ras				non		ok					
13	295	260	M	ras				ok		ok					
moyenne	247	151		nombre d'échantillons	10	10	10	5	1	1	1	1	1	1	
ET	26	58		quantités unitaires approx.	1g	500 mg	300 mg	150µl	50 g	27g	500 g	50 g	100 g	2,5 l	

observations

ras rien à signaler  
Ac acanthocephalus

Station  
Pareloup

cours d'eau  
Viouloux

date  
28/09/2001

espèce prélevée : truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie					
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest. eau
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	
1	245	147	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok				
2	230	87	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	non			ok	
3	254	169	F	foie pâle	ok	ok	ok	non	ok	ok			ok	
4	209	97	F+	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok			ok	
5	272	147	F+++	rate grum.	ok	ok	ok	ok	ok	ok			ok	
6	280	172	F	rate grum.	ok	ok	ok	ok	ok	ok			ok	
7	215	92	F+++	rate grum.	ok	ok	ok	ok	ok	ok			ok	
8	242	134	M+++	rate grum.	ok	ok	ok	ok	ok	ok			ok	
9	217	93	M	rate grum.	ok	ok	ok	non	ok	non			ok	
10	206	82	M+++	rate grum.	ok	ok	ok	ok	ok	non			ok	
11	205	66	nd	rate grum. Mi				ok		non			ok	
12	280	218	M+++	rate grum.				non		ok				
13	207	79	M+++	rate grum.				non		ok				
14	190	66	F	rate grum.				non		ok				
15	205	77	M	rate grum.				non		ok				
moyenne	227	110		nombre d'échantillons	10	10	10	5	1	1	ok		ok	ok
ET	32	48		quantités unitaires approx.	1g	500 mg	300 mg	150µl	50 g	8g	500 g	50 g	100 g	2,5 l

observations

ras rien à signaler  
rate grum. rate grumeleuse  
Mi microsporidie

Station  
Clarac

cours d'eau  
Garonne

date  
25/07/2001

espèce prélevée : truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie					
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau
1	244	142	F	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
2	232	129	F	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
3	210	96	M	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
4	235	112	F	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
5	230	125	M	foie décoloré	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
6	265	194	F	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
7	238	128	F	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
8	220	104	M	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
9	264	184	M	Foie décoloré	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
10	265	204	F	mort	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
11	250	155	F	mort	-	-	-	ok	-	ok		-		
12	247	151	M	foie très rouge	-	-	-	ok	-	ok		-		
13	217	102	M	ras	-	-	-	ok	-	ok		-		
14	268	176	F	ras	-	-	-	ok	-	ok		-		
moyenne	242	143		nombre d'échantillons	10	10	10	5	1	1	ok	-	ok	ok
ET	19	36		quantités unitaires approx.	1g	1g	300 mg	100µl	50 g	15 g	1	1	1	1
											500 g	50 g	100 g	2,5 l

observations

ras rien à signaler

Station  
Millau

cours d'eau  
Tarn

date  
24/09/2001

espèce prélevée : truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie					
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau
1	252	161	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
2	236	100	F	cachexie	ok	ok	ok	ok	ok	non		ok		
3	245	154	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
4	252	145	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
5	234	109	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	non		ok		
6	247	128	F	ras	ok	ok	ok	ok	ok	non		ok		
7	235	103	F	ras	ok	ok	ok	ok	ok	non		ok		
8	270	164	F	ras	ok	ok	ok	ok	ok	non		ok		
9	232	107	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	non		ok		
10	230	111	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
11	208	75	F	ras				ok		ok				
12	281	190	M	ras				ok		ok				
13	306	245	F	foie friable ?				ok		ok				
14	350	349	F	ras						ok				
15	285	208	M	ras						ok				
moyenne	261	161		nombre d'échantillons	10	10	10	5	1	1	ok	ok	ok	ok
ET	40	77		quantités unitaires approx.	1g	500 mg	300 mg	150µl	50 g	11g	500 g	50 g	100 g	2,5 l

observations

ras rien à signaler

Station  
Montespan

cours d'eau  
Garonne

date  
09/08/2001

espèce prélevée : truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie					
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau
1	279	182	F	nm ; Ky foie ; rr	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
2	275	199	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
3	225	114	nd	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
4	237	120	M	foie pâle	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
5	207	83	F	nm	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
6	273	209	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
7	260	166	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
8	276	174	M	rr	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
9	204	83	F	morte ; foie tacheté	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
10	226	110	F	morte	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
11	216	96	M	ras	-	-	-	-	ok	ok		-		
12	300	278	F	morte	-	-	-	-	ok	ok		-		
13	295	226	F	morte	-	-	-	-	ok	ok		-		
14	290	258	F	morte	-	-	-	-	ok	ok		-		
					-	-	-	-	-	-	ok	-	ok	ok
moyenne	255	164		nombre d'échantillons	10	10	10	7	1	1	1	1	1	1
ET	34	65		quantités unitaires approx.	1g	1g	300 mg	100µl	50g	14g	500g	50g	100g	2,5l

observations	
ras	rien à signaler
nm	non mature
rr	rate rugeuse
Ky	kystes

Station  
Pareloup La Capelle Viaur

cours d'eau  
Viaur

date  
04/10/2001

espèce prélevée : barbeau fluviatile (*Barbus barbus*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie					
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau
1	267	133	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
2	315	222	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
3	298	194	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
4	312	225	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
5	249	115	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
6	265	132	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
7	238	96	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
8	270	152	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
9	278	153	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
10	292	185	M	ras	ok	ok	ok	non	ok	ok		ok		
11	338	263	F	ras						ok				
12	308	200	M	Mi.						ok				
moyenne	286	173		nombre d'échantillons	10	10	10	5	1	1	ok	1	1	1
ET	30	50		quantités unitaires approx.	1g	500 mg	300 mg	150µl	50 g	16g	500 g	50 g	100 g	2,5 l

observations	
ras	rien à signaler
Mi	microsporidie

Station  
Bourret

cours d'eau  
Garonne

date  
05/10/2001

espèce prélevée : barbeau fluviatile (*Barbus barbus*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie						
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.	
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau	
1	295	182	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok, très peu de sédiment vaseux surtout gravier	
2	294	222	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
3	305	212	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
4	274	131	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
5	280	165	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
6	272	188	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
7	278	169	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
8	330	278	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
9	314	259	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
10	265	153	M	ras	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok			ok
11	430	605	M	hém. Faciales			ok	ok	ok	ok		ok			ok
moyenne	303	233		nombre d'échantillons	10	10	10	5	1	1	1	1	1	1	
ET	46	131		quantités unitaires approx.	1g	500 mg	300 mg	150µl	50 g	17g	500 g	50 g	100 g	2,5 l	

observations  
 ras rien à signaler  
 hém faciale hémorragie cutanée dorsale

Station  
Rabastens

cours d'eau  
Tarn

date  
24/07/2001

espèce prélevée : barbeau fluviatile (*Barbus barbus*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie					
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau
1	270	160	M	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
2	236	94	nd	pp. Ac.	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
3	280	170	M	pp. Lernie	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
4	258	116	M	spermiant	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
5	295	188	M	pp. Ac. Mi.	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
6	250	136	M	Foie décoloré, pp. Ac.	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
7	246	109	M	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
8	235	97	M	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
9	204	73	M	Foie décoloré	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
10	215	68	M	pp. Mi.	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
11	170	40	M	mort	-	-	-	Non	-	ok		-		
12	210	67	M	foie très rouge	-	-	-	Non	-	ok		-		
13	205	64	M	pp. Mi.	-	-	-	Non	-	ok		-		
14	165	36	M	ras	-	-	-	Non	-	ok		-		
15	164	41	M	ras				Non		ok	ok		ok	ok
moyenne	227	97		nombre d'échantillons	10	10	10	1	1	1	1	1	1	1
ET	41	49		quantités unitaires approx.	1g	1g	300 mg	100µl	50 g	15 g	500 g	50 g	100 g	2,5 l

observations	
ras	rien à signaler
pp	présence de parasites
Ac	acanthocephalus
Mi	microsporidie
Ky	kystes

Station  
Rabastens

cours d'eau  
Tarn

date  
24/07/2001

espèce prélevée : barbeau fluviatile (*Barbus barbus*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie					
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau
1	270	160	M	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
2	236	94	nd	pp. Ac.	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
3	280	170	M	pp. Lernie	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
4	258	116	M	spermiant	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
5	295	188	M	pp. Ac. Mi.	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
6	250	136	M	Foie décoloré, pp. Ac.	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
7	246	109	M	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
8	235	97	M	ras	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
9	204	73	M	Foie décoloré	ok	ok	ok	Non	ok	ok		ok		
10	215	68	M	pp. Mi.	ok	ok	ok	ok	ok	ok		ok		
11	170	40	M	mort	-	-	-	Non	-	ok		-		
12	210	67	M	foie très rouge	-	-	-	Non	-	ok		-		
13	205	64	M	pp. Mi.	-	-	-	Non	-	ok		-		
14	165	36	M	ras	-	-	-	Non	-	ok		-		
15	164	41	M	ras				Non		ok	ok		ok	ok
moyenne	227	97		nombre d'échantillons	10	10	10	1	1	1	1	1	1	1
ET	41	49		quantités unitaires approx.	1g	1g	300 mg	100µl	50 g	15 g	500 g	50 g	100 g	2,5 l

observations

ras rien à signaler  
pp présence de parasites  
Ac acanthocephalus  
Mi microsporidie  
Ky kystes

Station	cours d'eau	date
Muret	Garonne	09/08/2001

espèce prélevée : Truite fario (*Salmo trutta fario*)

Description des poissons prélevés					Echantillons biochimie				Echantillons chimie					
Ind.	Taille (mm)	Poids (g)	Sexe	observations	6 marqueurs biochimiques				HAP PCB			metaux		pest.
					muscle	foie	enceph.	bile	muscle	foie	sedim.	muscle	sedim.	eau
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
n.échantillons											OK		OK	OK
quantités unitaires approx.											1		1	1
											500g		100g	2,5l

**pêche infructueuse**

nomenclature couleur stock	
Foie	
Muscle	
enceph.	

# **ANNEXE 2**

**Tableaux des paramètres chimiques**

Dosage des pesticides dans l'eau des sites de prélèvements  
en ng/litre

ECHANTILLON	RABASTENS	CLARAC	MONTESPAN	MURET	TAURIAC	ST ANDRE	MILLAU	PARELOUP
DATE DE PRELEVEMENT	23/07/1997	24/07/1997	08/08/1997	08/08/1997	30/08/1997	09/09/1997	23/09/1997	27/09/1997
	Tarn	Garonne	Garonne	Garonne	Dordogne	Seudre	Tarn	Viouloux
	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
DESETHYLSIMAZINE (173)	1,0	<0,5	<0,5	2,7	5,2	44,4	<0,5	<0,5
DESETHYLATRAZINE (172)	9,5	2,3	3,4	11,5	5,0	195,3	1,4	5,6
SIMAZINE (201)	4,7	1,1	2,8	24,7	1,8	50,5	2,0	<0,5
CARBOFURAN (164)	1,0	1,2	<0,5	1,6	1,0	2,6	1,7	<0,5
ATRAZINE (200)	19,7	2,6	6,4	40,5	8,9	68,7	1,6	12,2
CARBARYL (144)	<0,5	4,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,7	<0,5
<b>Somme</b>	<b>35,9</b>	<b>11,8</b>	<b>12,6</b>	<b>81,0</b>	<b>21,9</b>	<b>361,4</b>	<b>7,3</b>	<b>17,7</b>

ECHANTILLON	PARELOUP	BOURRET	LAHONTAN	CAPELLE V	LA GARDE
DATE DE PRELEVEMENT	27/09/1997	04/10/1997	07/10/1997	03/10/1997	04/10/1997
	Viouloux	Garonne		Viaur	Tarn
	ng/L - manip 2	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
DESETHYLSIMAZINE (173)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
DESETHYLATRAZINE (172)	6,1	36,1	16,3	5,3	17,4
SIMAZINE (201)	<0,5	11,2	7,3	1,7	6,4
CARBOFURAN (164)	0,6	2,1	3,7	1,0	2,6
ATRAZINE (200)	9,8	39,1	27,7	8,4	23,6
CARBARYL (144)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
<b>Somme</b>	<b>16,5</b>	<b>88,4</b>	<b>55,0</b>	<b>16,4</b>	<b>50,0</b>

Dosage des polychlorobiphényles dans les sédiments des sites de prélèvements  
en ng/ g de matière sèche

Conc. ng/g PCB	La Garde	Lahontan	Rabastens	Montespan	Pareloup	Le Fleix	St André	Tauriac	Bourret	Capelle V	Clarac	Millau	Muret
28	0,33	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,21	0,61	<0,1	0,13	<0,1	<0,1	<0,1
52	0,28	0,29	2,75	1,37	0,98	0,30	1,64	0,71	0,89	1,46	0,40	0,55	2,00
101	6,59	0,61	4,86	2,97	2,53	0,71	2,42	0,52	1,29	7,45	0,83	0,75	4,99
118	0,46	2,89	0,63	0,58	0,32	0,19	0,54	0,09	1,36	3,75	0,64	0,62	0,92
153	0,86	6,18	1,06	0,67	0,25	0,66	2,00	0,19	0,81	16,45	0,88	0,55	0,96
138	0,45	5,78	0,53	0,35	0,89	0,40	1,59	0,06	0,85	20,83	0,91	0,57	0,79
180	0,60	3,42	1,27	0,81	0,62	0,38	1,83	0,13	0,18	13,98	0,44	0,14	0,78
<b>Somme</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>64</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>10</b>

**Dosage des polychlorobiphényles dans les foies des poissons**  
en ng/ g de matière sèche

PCBs	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan	Pareloup	Bourret	Rabastens
28	0,94	0,10	0,14	0,40	0,00	0,16	0,00	0,38	0,00	0,36	0,85	1,86	0,14
52	2,20	1,73	2,30	2,13	4,18	1,32	1,02	5,44	0,80	13,00	2,19	5,78	2,73
101	4,50	5,83	5,60	3,86	17,12	3,62	6,28	26,61	2,92	26,63	3,24	23,35	6,81
118	5,84	7,12	4,42	4,35	14,30	4,53	6,14	26,12	3,32	30,00	3,85	21,89	5,46
153	11,00	3,56	13,41	6,85	41,08	30,47	8,05	33,30	8,35	36,15	2,10	57,59	10,59
138	9,06	12,19	10,71	5,91	29,93	16,97	7,32	35,15	6,63	41,47	7,31	52,64	9,24
180	2,94	9,80	4,42	2,45	18,79	18,14	1,09	11,43	3,68	11,89	0,00	22,76	2,93
<b>Somme</b>	<b>36</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>26</b>	<b>125</b>	<b>75</b>	<b>30</b>	<b>138</b>	<b>26</b>	<b>160</b>	<b>20</b>	<b>186</b>	<b>38</b>

Dosage des polychlorobiphényles dans les muscles des poissons  
en ng/ g

PCBs	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan	Pareloup	Bourret	Rabastens
28	2,16	0,37	1,30	5,13	2,67	0,69	0,29	1,31	0,33	3,21	0,79	11,20	2,81
52	3,04	2,46	10,46	15,22	10,72	2,73	2,94	4,88	8,27	5,50	4,04	24,27	20,53
101	9,40	14,45	18,58	34,79	28,50	10,67	10,03	14,25	13,91	9,78	23,29	4,05	36,60
118	10,18	6,11	15,68	37,38	30,15	11,83	7,84	12,83	15,21	23,88	26,98	0,99	28,72
153	21,14	43,69	57,32	61,01	91,31	60,70	11,94	0,15	20,43	42,29	57,84	0,84	49,39
138	16,76	30,20	41,87	53,26	65,55	37,59	9,59	22,12	18,71	8,50	49,89	0,90	46,29
180	7,00	25,63	18,00	24,37	48,77	34,98	2,27	9,56	8,67	2,16	0,82	0,49	16,96
<b>Somme</b>	<b>70</b>	<b>123</b>	<b>163</b>	<b>231</b>	<b>278</b>	<b>159</b>	<b>45</b>	<b>65</b>	<b>86</b>	<b>95</b>	<b>164</b>	<b>43</b>	<b>201</b>

**Dosage des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques dans les sédiments**  
en ng/ g de matière sèche

HAP	Le Fleix	La Garde	Montespan	Rabastens	Bourret	CapelleV	Millau	Tauriac	St André	Clarac	Lahontan	Pareloup	Muret
Phénanthrène	14,9	6,9	31,6	28,1	4,1	23,2	21,2	7,3	13,3	176,8	97,5	4,4	9,3
Anthracène	4,0	3,0	2,1	20,8	<0,5	10,8	<0,5	0,8	2,6	72,0	13,9	0,5	1,3
Fluoranthène	52,2	19,5	50,6	108,9	4,4	76,2	39,5	18,8	42,4	285,2	193,7	8,8	20,0
Pyrène	40,3	16,6	37,8	81,5	3,5	58,6	30,6	14,3	34,5	200,0	306,6	6,3	15,9
Benz(a)Anthracène	29,9	39,7	15,3	66,1	1,7	58,3	19,0	9,2	20,7	157,8	21,6	2,0	8,2
Chrysène(+ triphénylène)	31,4	84,5	28,7	64,3	2,8	62,0	24,6	10,2	28,6	163,3	35,1	5,6	15,4
Benzo(b+k+j)Fluoranthènes	57,2	110,7	49,2	78,0	2,6	96,1	39,8	21,0	51,2	201,3	72,9	11,4	28,2
Benzo(e)Pyrène	21,4	40,5	17,9	31,6	1,6	41,4	18,1	7,8	24,2	81,6	48,9	4,3	13,9
Pérylène	8,5	13,4	5,5	14,5	<0,2	14,8	4,8	2,4	37,7	30,9	10,5	4,7	4,1
Benzo(a)Pyrène	28,2	51,6	21,9	51,8	0,2	57,6	21,3	10,3	26,0	123,6	58,5	5,5	16,2
Indéno(123-cd)Pyrène	22,3	34,0	18,8	27,9	1,4	42,7	17,4	7,6	58,4	87,4	70,4	4,5	14,4
Benzo(ghi)Pérylène	19,3	32,0	17,8	24,7	0,7	33,6	18,8	7,0	19,1	65,2	19,7	4,4	14,8
Dibenz(ah)anthracène	4,7	8,2	2,8	7,0	0,05	11,0	3,2	1,3	7,1	22,9	3,7	0,7	2,1
<b>Somme</b>	<b>334</b>	<b>461</b>	<b>300</b>	<b>605</b>	<b>23</b>	<b>586</b>	<b>258</b>	<b>118</b>	<b>366</b>	<b>1668</b>	<b>953</b>	<b>63</b>	<b>164</b>

Dosage des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques dans les foies des poissons  
en ng/ g

HAP	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan	Pareloup	Bourret	Rabastens
Phénanthrène	4,7	8,0	13,2	15,1	55,5	14,4	9,1	4,8	7,2	6,4	10,5	9,6	16,1
Anthracène	0,4	0,0	0,0	1,2	0,0	1,1	1,2	0,7	0,3	0,0	1,2	0,0	0,0
Fluoranthène	1,0	0,7	9,1	3,2	38,1	2,7	1,6	1,9	1,3	1,4	1,1	1,6	5,1
Pyrène	1,0	1,9	5,3	3,7	33,7	2,0	3,2	1,0	0,9	2,7	3,3	0,3	2,6
Benz(a)Anthracène	0,2	0,9	0,3	0,1	0,2	0,1	0,6	0,1	0,3	0,2	0,7	1,0	0,0
Chrysène(+ triphénylène)	0,4	0,2	0,3	0,5	0,2	0,2	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,0
Benzo(b+k+j)Fluoranthènes	0,3	3,3	1,9	5,1	4,9	0,2	11,2	3,3	0,7	9,8	2,9	3,2	3,5
Benzo(e)Pyrène	0,4	1,8	1,2	2,4	0,1	0,0	2,3	0,4	0,2	2,5	1,7	1,4	2,8
Pérylène	0,0	0,9	0,3	0,6	0,2	0,1	0,4	0,0	0,2	0,6	1,0	0,5	0,0
Benzo(a)Pyrène	0,1	0,9	0,5	0,9	0,2	0,0	3,3	0,1	0,1	1,7	0,5	0,7	1,5
Indéno(123-cd)Pyrène	0,5	1,1	0,4	0,9	1,0	0,0	1,0	0,3	1,1	0,8	1,4	1,1	0,8
Benzo(ghi)Pérylène	1,4	2,0	1,2	2,3	0,7	1,0	1,3	0,9	1,4	1,1	1,5	2,0	2,2
Dibenz(ah)anthracène	0,1	0,4	0,3	3,1	0,0	0,1	0,6	0,3	0,5	0,5	0,2	0,8	0,6
<b>Somme</b>	<b>11</b>	<b>22</b>	<b>34</b>	<b>39</b>	<b>135</b>	<b>22</b>	<b>36</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>35</b>

Dosage des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques dans les muscles des poissons  
en ng/ g

HAP	Capelle V	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan	Capelle V	Bourret	Rabastens
Phénanthrène	2,69	1,90	3,82	3,42	25,87	2,11	2,24	13,10	3,45	8,53	2,95	7,15	4,57
Anthracène	0,14	0,08	<0,05	0,77	1,43	0,05	0,17	<0,02	<0,05	0,93	<0,05	0,30	0,78
Fluoranthène	0,58	0,35	1,93	1,65	10,70	0,50	0,53	2,42	0,66	1,67	0,98	1,76	1,23
Pyrène	1,33	0,50	4,74	2,44	12,68	0,89	1,49	1,57	0,42	1,59	2,03	1,78	1,24
Benz(a)Anthracène	<0,05	0,06	0,24	0,28	0,02	0,11	<0,05	0,26	0,22	0,24	0,22	0,06	0,24
Chrysène(+ triphénylène)	0,15	0,12	0,56	0,51	0,03	0,14	0,14	0,32	0,12	0,11	0,58	0,18	0,54
Benzo(b+k+j)Fluoranthènes	<0,05	0,12	0,17	<0,05	0,02	0,24	0,15	0,08	0,22	0,23	0,31	0,28	0,25
Benzo(e)Pyrène	<0,05	0,06	0,33	<0,05	0,09	<0,05	0,05	<0,05	0,09	0,30	0,61	0,11	0,84
Pérylène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,18	<0,05	<0,05	0,32	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	<0,05
Benzo(a)Pyrène	<0,05	<0,05	0,31	<0,05	0,05	<0,05	0,05	0,09	0,11	0,10	0,16	0,09	<0,05
Indéno(123-cd)Pyrène	0,17	<0,05	<0,05	0,09	0,18	0,22	<0,05	0,13	0,05	0,29	0,87	0,15	<0,05
Benzo(ghi)Pérylène	0,19	0,13	0,14	0,12	0,21	0,41	0,10	0,45	0,08	0,43	0,53	0,15	0,39
Dibenz(ah)anthracène	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,19	<0,05	0,06	0,08	<0,05	<0,05
<b>Somme</b>	<b>5,27</b>	<b>3,31</b>	<b>12,24</b>	<b>9,30</b>	<b>51,47</b>	<b>4,66</b>	<b>4,92</b>	<b>18,93</b>	<b>5,42</b>	<b>14,47</b>	<b>9,33</b>	<b>12,15</b>	<b>10,07</b>

# Dosage des métabolites de HAP en fluorescence

Echantillon dilué au 1/500

## CHEVAINES

échantillon	UF(380/430) /DO660	Moyenne ± Ecart-type	échantillon	UF(380/430) /DO410	Moyenne ± Ecart-type	échantillon	UF(380/430) /DO380	Moyenne ± Ecart-type
<i>Pareloup</i>			<i>Pareloup</i>			<i>Pareloup</i>		
k10	118,75	<b>79,58</b>	k10	5,57	<b>4,03</b>	k10	4,77	<b>3,37</b>
k2	38,58	±	k2	1,84	±	k2	1,58	±
k4	28,84	<b>38,35</b>	k4	2,32	<b>1,90</b>	k4	2,14	<b>1,51</b>
k5	60,79		k5	2,65		k5	2,20	
k7	77,84		k7	3,56		k7	2,92	
k8	117,61		k8	5,64		k8	4,68	
k9	114,65		k9	6,64		k9	5,31	
<i>St-André de Lidon</i>			<i>St-André de Lidon</i>			<i>St-André de Lidon</i>		
a1	201,28	<b>356,78</b>	a1	3,05	<b>10,42</b>	a1	3,67	<b>8,72</b>
a10	48,09	±	a10	4,65	±	a10	3,75	±
a11	197,37	<b>486,57</b>	a11	8,13	<b>8,18</b>	a11	6,40	<b>6,04</b>
a2	1543,86		a2	9,17		a2	9,48	
a4	168,16		a4	7,64		a4	6,27	
a5	326,09		a5	29,48		a5	22,55	
a6	245,95		a6	9,50		a6	7,81	
a8	123,46		a8	11,78		a8	9,81	
<i>Le Fleix</i>			<i>Le Fleix</i>			<i>Le Fleix</i>		
f10	-	<b>58,85</b>	f10	18,29	<b>9,31</b>	f10	-	<b>2,50</b>
f11	18,80	±	f11	1,76	±	f11	1,35	±
f12	-	<b>70,94</b>	f12	24,67	<b>9,73</b>	f12	-	<b>1,24</b>
f13	30,77		f13	3,36		f13	2,69	
f3	20,87		f3	2,24		f3	1,79	
f6	164,97		f6	5,52		f6	4,15	
<i>La Garde</i>			<i>La Garde</i>			<i>La Garde</i>		
g1	242,42	<b>79,72</b>	g1	11,56	<b>4,82</b>	g1	9,50	<b>4,01</b>
g10	55,85	±	g10	2,93	±	g10	2,47	±
g3	50,71	<b>76,35</b>	g3	5,06	<b>3,23</b>	g3	4,33	<b>2,64</b>
g6	37,66		g6	3,73		g6	3,12	
g7	40,74		g7	4,08		g7	3,41	
g8	24,15		g8	1,37		g8	1,18	
g9	106,48		g9	5,03		g9	4,09	
<i>Lahontan</i>			<i>Lahontan</i>			<i>Lahontan</i>		
m1	26,95	<b>151,66</b>	m1	1,75	<b>8,27</b>	m1	1,52	<b>6,66</b>
m11	432,10	±	m11	14,70	±	m11	10,84	±
m2	101,55	<b>153,20</b>	m2	3,74	<b>7,87</b>	m2	3,27	<b>6,39</b>
m3	132,06		m3	6,63		m3	5,05	
m4	10,46		m4	0,50		m4	0,45	
m5	49,62		m5	1,77		m5	1,62	
m7	340,91		m7	21,13		m7	18,04	
m9	119,61		m9	15,93		m9	12,49	
<i>Tauriac</i>			<i>Tauriac</i>			<i>Tauriac</i>		
t1	437,16	<b>147,47</b>	t1	10,75	<b>5,42</b>	t1	8,97	<b>4,52</b>
t11	285,71	±	t11	5,89	±	t11	5,13	±
t12	16,13	<b>137,90</b>	t12	0,63	<b>3,17</b>	t12	0,53	<b>2,64</b>
t2	115,47		t2	4,93		t2	4,16	
t3	83,95		t3	7,02		t3	6,05	
t4	184,34		t4	7,52		t4	6,10	
t5	18,52		t5	0,81		t5	0,72	
t6	130,84		t6	5,82		t6	4,39	
t8	55,10		t8	5,46		t8	4,64	

Dosage des métabolites de HAP en fluorescence

Echantillon dilué au 1/500

TRUITES

échantillon	UF(380/430) /DO660	Moyenne ± Ecart-type	échantillon	UF(380/430) /DO410	Moyenne ± Ecart-type	échantillon	UF(380/430) /DO380	Moyenne ± Ecart-type
<i>Pareloup</i>			<i>Pareloup</i>			<i>Pareloup</i>		
h2	98,04	<b>412,43</b>	h2	7,07	<b>17,52</b>	h2	6,93	<b>15,77</b>
h4	815,79	±	h4	31,86	±	h4	25,85	±
h5	472,73	<b>309,55</b>	h5	17,32	<b>10,46</b>	h5	16,60	<b>7,85</b>
h6	263,16		h6	13,82		h6	13,69	
<i>Clarac</i>			<i>Clarac</i>			<i>Clarac</i>		
c1	98,18	<b>144,06</b>	c1	3,35	<b>8,85</b>	c1	3,44	<b>8,73</b>
c10	-	±	c10	10,85	±	c10	11,63	±
c11	147,68	<b>31,68</b>	c11	12,16	<b>3,95</b>	c11	10,81	<b>4,18</b>
c13	165,20		c13	13,09		c13	12,71	
c4	165,18		c4	5,02		c4	5,08	
c8	-		c8	8,65		c8	-	
<i>Millau</i>			<i>Millau</i>			<i>Millau</i>		
i1	130,68	<b>482,78</b>	i1	4,83	<b>14,85</b>	i1	4,35	<b>17,72</b>
i12	248,18	±	i12	13,14	±	i12	14,85	±
i13	-	<b>547,19</b>	i13	2,72	<b>17,82</b>	i13	-	<b>17,53</b>
i2	-		i2	9,20		i2	-	
i3	1424,66		i3	54,36		i3	48,22	
i5	490,20		i5	12,16		i5	12,93	
i8	120,17		i8	7,53		i8	8,24	
<i>Montespan</i>			<i>Montespan</i>			<i>Montespan</i>		
o1	64,14	<b>138,78</b>	o1	2,88	<b>4,97</b>	o1	2,85	<b>5,05</b>
o10	28,34	±	o10	1,11	±	o10	1,04	±
o13	24,42	<b>127,22</b>	o13	0,94	<b>4,17</b>	o13	0,93	<b>4,21</b>
o14	109,29		o14	6,73		o14	7,07	
o2	298,70		o2	10,81		o2	10,46	
o4	23,94		o4	0,86		o4	0,86	
o6	316,29		o6	10,55		o6	10,82	
o7	245,10		o7	5,89		o7	6,38	

BARBEAUX

Echantillon dilué au 1/500

échantillon	UF(380/430) /DO660	Moyenne ± Ecart-type	échantillon	UF(380/430) /DO410	Moyenne ± Ecart-type	échantillon	UF(380/430) /DO380	Moyenne ± Ecart-type
<i>Bourret</i>			<i>Bourret</i>			<i>Bourret</i>		
b10	340,00	<b>120,14</b>	b10	12,11	<b>4,99</b>	b10	14,24	<b>5,26</b>
b11	13,82	±	b11	0,92	±	b11	1,41	±
b2	37,46	<b>107,96</b>	b2	1,95	<b>3,98</b>	b2	1,86	<b>4,42</b>
b3	167,44		b3	4,96		b3	5,86	
b4	180,18		b4	9,76		b4	9,93	
b5	44,17		b5	1,97		b5	2,05	
b6	47,55		b6	3,21		b6	2,49	
b7	36,00		b7	1,50		b7	1,53	
b8	96,65		b8	4,24		b8	4,25	
b9	238,10		b9	9,27		b9	8,94	

Métaux dans les sédiments de 9 sites de prélèvements

	Manganèse	Fer	Cobalt	Nickel	Cuivre	Zinc	Arsenic	Sélénium	Cadmium	Plomb	Total
	en µg par g de poids sec										
<i>Pareloup</i>	299,00	11513	2,66	5,61	9,13	52,63	9,27	2,97	0,45	33,89	<b>11928,61</b>
<i>Le Fleix</i>	561,00	25014	8,14	15,56	12,15	69,10	12,54	4,24	0,79	46,35	<b>25743,87</b>
<i>La Garde</i>	435,00	10651	3,51	7,69	8,63	58,93	11,33	2,55	0,45	33,80	<b>11212,89</b>
<i>Lahontan</i>	1020,00	36302	13,41	31,42	38,20	338,00	21,36	2,96	1,30	86,72	<b>37855,37</b>
<i>Bourret</i>	380,00	10869	3,83	9,92	7,85	42,94	8,33	2,48	0,44	22,02	<b>11346,81</b>
<i>Rabastens</i>	361,00	15538	2,91	5,61	6,73	51,82	7,25	4,00	0,52	37,92	<b>16015,76</b>
<i>Clarac</i>	726,00	51669	15,06	40,21	26,09	191,12	29,13	4,05	0,80	52,14	<b>52753,60</b>
<i>Millau</i>	41,72	327	22721	6,65	19,77	28,21	104,00	18,47	1,24	51,21	<b>23319,27</b>
<i>Montespan</i>	96,57	636	45412	14,08	51,28	20,60	214,00	22,79	1,68	44,28	<b>46513,28</b>

Métaux dans les foies des 3 espèces de poissons

Manganèse	Fer	Cobalt	Nickel	Cuivre	Zinc	Arsenic	Sélénium	Cadmium	Plomb	Total
en µg par g de poids sec										

Chevaine

<i>Pareloup</i>	13,96	665,0	0,30	0,44	40,85	143,77	1,27	14,36	0,10	0,99	<b>881,04</b>
<i>St-André</i>	10,64	652,9	0,30	1,34	60,45	155,73	1,33	17,10	0,09	1,02	<b>900,94</b>
<i>Le Fleix</i>	5,59	293,0	0,34	0,20	42,14	100,90	1,82	15,41	0,10	0,83	<b>460,33</b>
<i>La Garde</i>	15,36	326,5	0,48	0,23	63,86	139,94	2,62	12,12	0,12	1,58	<b>562,80</b>
<i>Lahontan</i>	6,46	557,9	0,71	0,35	449,97	103,18	1,26	35,93	0,10	0,87	<b>1156,76</b>

Barbeau

<i>Pareloup</i>	20,42	1570,0	0,34	0,71	42,79	74,30	1,42	10,90	0,13	0,85	<b>1721,86</b>
<i>Bourret</i>	7,43	632,0	0,34	0,11	64,31	76,82	1,62	15,84	0,12	0,93	<b>799,52</b>
<i>Rabastens</i>	15,01	462,7	0,36	0,77	80,62	87,66	1,73	18,03	0,11	0,99	<b>667,94</b>

Truite

<i>Pareloup</i>	9,49	608,0	0,39	5,30	457,46	107,88	1,57	22,87	0,12	1,09	<b>1214,17</b>
<i>Clarac</i>	6,31	476,0	0,69	0,34	258,37	85,41	1,58	26,36	0,11	0,87	<b>856,04</b>
<i>Millau</i>	6,98	817,7	0,48	0,21	464,95	157,70	1,36	24,42	0,13	0,96	<b>1474,92</b>
<i>Montespan</i>	11,01	293,0	0,29	1,08	63,74	123,31	1,81	26,30	0,10	0,94	<b>521,53</b>

# **ANNEXE 3**

**Tableaux des paramètres biologiques**

## Activités enzymatiques (valeurs individuelles)

sites	GST $\mu\text{mole}/\text{mn}/\text{mg prot}$	Catalase $\mu\text{mol}/\text{mn}/\text{mg prot}$	AChE muscle $\mu\text{mol}/\text{mn}/\text{mg prot}$	AChE cerveau $\mu\text{mol}/\text{mn}/\text{mg prot}$	EROD $\text{pmol}/\text{mn}/\text{mg prot}$
Pareloup	2,01	1469,9	0,1	240,51	12,5
	2,06	1096,7	0,1	178,08	15,4
	1,17	1186,5	0,13	283,88	50,5
	1,22	1039,1	0,15	176,85	13,7
	1,40	873,6	0,12	174,04	34,2
	2,00	723,0	0,09	174,90	17,3
	1,33	982,2	0,12	247,81	22,9
	1,44	755,5	0,14	206,50	26,5
	2,00	717,8	0,09	209,58	11,2
	1,49	1289,9	0,15	205,15	69,1
St-André de Lidon	1,48	2232,3	0,14	228,15	35,3
	1,46	1649,1	0,13	221,18	37,7
	1,81	1552,5	0,15	170,20	48,4
	0,75	717,8	0,14	249,01	36,1
	1,87	2285,6	0,17	231,69	58,7
	1,57	1514,5	0,15	192,60	60,7
	0,92	1681,8	0,09	192,84	26,3
	0,93	1079,6	0,2	220,96	53,5
	1,33	1711,9	0,14	231,00	23,9
	2,22		0,17	202,73	23,2
Le Fleix	1,31	839,9	0,15	125,92	95,7
	1,43	952,1	0,2	231,60	133,6
	1,20	313,6	0,21	218,96	90,8
	1,09	478,0	0,24	204,67	149,7
	1,85	1166,6	0,28	263,48	153,9
	1,00	807,7	0,17	217,30	54,0
	1,80	670,0	0,15	171,55	49,9
	1,10	1042,3	0,21	194,40	52,4
	1,51	594,5	0,18	173,69	106,3
	1,45	1180,1	0,26	193,77	151,5
La Garde	1,79	1121,6	0,17	220,93	216,8
	2,28	945,9	0,11	146,37	173,8
	1,47	1203,9	0,14	219,02	111,0
	1,67	1343,4		161,47	586,6
	2,12	1001,8	0,18	72,35	96,0
	1,49	787,5	0,14	166,89	254,6
	2,05	1072,8	0,14	116,69	117,8
	1,58	1155,8	0,18	170,58	176,5
	1,68	750,6	0,11	88,28	158,9
	1,61	421,8	0,23	190,93	101,8
Lahontan	1,53	1290,4	0,12	194,47	114,9
	2,91	1383,3	0,12	237,49	160,3
	1,71	1412,8	0,13	179,22	183,8
	1,55	751,0	0,19	227,46	205,5
	1,79	1259,8	0,16	187,86	151,1
	1,06	587,6	0,16	71,58	88,4
	1,34	788,1	0,11	184,96	148,8
	2,05	910,7	0,14	121,10	265,4
	2,07	1150,6	0,15	206,43	197,9
	0,80	779,9	0,17	194,32	10,5
Tauriac	0,90	1027,6	0,15	221,78	29,4
	0,98	1109,1	0,17	174,52	53,4
	1,62	1016,7	0,23	239,49	30,8
	1,01	462,2	0,17	164,92	84,8
	0,87	606,4	0,17	200,40	68,2
	2,45	2924,1	0,18	218,73	130,0
	1,66	991,2	0,18	174,53	33,5
	2,26	1651,6	0,2	236,94	123,7
	1,13	1454,2	0,13	222,64	22,4
	1,17	1111,0	0,16	198,25	33,2

## Activités enzymatiques (valeurs individuelles)

sites	GST	Catalase	EROD	AChE muscle	AChE cerveau
	$\mu\text{mole}/\text{mn}/\text{mg prot}$	$\mu\text{mole}/\text{mn}/\text{mg prot}$	$\text{pmol}/\text{mn}/\text{mg prot}$	$\mu\text{mole}/\text{mn}/\text{mg prot}$	$\mu\text{mole}/\text{mn}/\text{mg prot}$
Pareloup	1,20	199,1	46,1	0,16	140,64
	0,81	362,5	71,0	0,12	184,60
	1,87	182,8	108,6	0,22	183,39
	1,10	243,6	91,8	0,16	111,15
	0,72	396,1	72,1	0,21	163,74
	1,41	350,7	67,6	0,15	148,81
	1,19	761,8	139,9	0,23	162,52
	0,57	433,3	55,1	0,16	153,40
	1,31	296,2	25,0	0,16	134,62
	1,00	327,1	43,6	0,17	112,31
Bourret	1,77	656,2	219,0	0,13	98,24
	1,69	450,8	87,0	0,16	170,23
	1,38	426,6	218,5	0,1	195,37
	1,73	412,7	282,6	0,08	187,92
	2,32	450,3	173,1	0,11	176,72
	1,27	299,8	230,4	0,14	157,10
	1,46	604,6	190,3	0,16	157,20
	1,49	686,3	249,0	0,13	177,93
	2,26	298,3	170,2	0,11	151,15
	3,42	304,9	364,7	0,1	127,68
Rabastens	2,09	863,5	236,8	0,23	237,57
	0,94	837,2	12,8	0,18	182,25
	1,48	798,7	410,4	0,12	148,47
	1,12	134,5	194,6	0,20	130,39
	1,02	376,1	130,2	0,23	167,57
	1,88	401,0	91,3	0,17	145,65
	1,00	529,4	124,8	0,23	151,45
	0,81	1035,0	182,1	0,22	156,17
	1,39	601,4	240,4	0,25	170,35
	2,19	436,9	323,0	0,27	136,36

sites	GST	Catalase	EROD	AChE muscle	AChE cerveau
	$\mu\text{mole/mn/mg prot}$	$\mu\text{mol/mn/mg prot}$	$\text{pmol/mn/mg prot}$	$\mu\text{mol/mn/mg prot}$	$\mu\text{mol/mn/mg prot}$
Pareloup	0,67	924,4	156,6	0,10	54,84
	1,29	359,0	132,9	0,26	67,80
	1,20	377,7	441,0	0,14	98,18
	0,48	237,8	9,7	0,16	128,57
	0,65	391,1	28,4	0,15	67,23
	1,69	775,8	175,5	0,13	212,97
	1,47	857,8	10,3	0,2	92,93
	0,97	683,1	179,4	0,13	141,25
			321,5	0,15	90,63
			311,2	0,17	
Clarac	0,70	991,7	30,3	0,15	81,97
	0,74	574,0	113,2	0,21	75,86
	0,76	636,0	267,9	0,11	58,84
	1,30	684,0	112,9	0,1	79,51
	0,82	581,1	448,3	0,15	56,63
	1,62	937,1	101,5	0,15	81,71
	0,67	713,0	141,1	0,14	92,77
	0,76	298,6	109,0	0,11	108,50
	0,79	618,4	261,6	0,19	70,69
	1,24	909,3	28,2	0,15	64,93
Millau	0,82	708,4	101,6	0,1	89,65
	1,45	744,5	179,6	0,21	88,49
	1,48	1119,3	479,8	0,09	78,63
	0,64	583,9	89,5	0,1	59,95
	0,82	631,1	70,5	0,19	93,39
	0,97	1085,4	240,6	0,22	109,51
	0,93	982,6	136,3	0,14	112,32
	2,01	1074,3	152,3	0,13	67,43
	1,03	341,9	72,2	0,15	59,60
	1,10	476,3	65,0	0,18	93,28
Montespan	1,72	633,3		0,1	98,39
	1,36	596,3	603,6	0,12	92,00
	0,70	759,8	127,3	0,13	71,50
	0,76	776,0	950,2	0,14	140,17
	2,40	673,9	983,5	0,15	84,65
			191,9	0,12	81,66
			368,4	0,14	260,73
	1,06	1025,0	336,3		76,83
	2,45	919,8	204,0	0,14	65,05
	1,17	974,7	358,3	0,12	216,24

Activités enzymatiques (moyennes)

Activité catalase hépatique

Chevaine		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	1013	254
St-André de Lidon	1603	494
Le Fleix	804	291
La Garde	981	268
Lahontan	1031	301
Tauriac	1235	687

Barbeau		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	355	165
Bourret	463	154
Rabastens	601	294

Truite		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	576	264
Clarac	694	207
Millau	775	276
Montespan	795	162

Activité glutathion S-transférase hépatique

Chevaine		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	1,61	0,36
St-André de Lidon	1,44	0,47
Le Fleix	1,37	0,29
La Garde	1,77	0,28
Lahontan	1,68	0,59
Tauriac	1,41	0,57

Barbeau		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	1,12	0,38
Bourret	1,88	0,64
Montespan	1,45	0,68

Truite		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	1,05	0,43
Clarac	0,94	0,33
Millau	1,13	0,41
Rabastens	1,39	0,53

Activité éthoxyrésorufine O-dééthylase hépatique

Chevaine		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	27,34	19,03
St-André de Lidon	40,38	14,16
Le Fleix	103,78	42,23
La Garde	199,39	145,59
Lahontan	152,66	70,21
Tauriac	60,93	39,87

Barbeau		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	72,08	33,89
Bourret	218,49	78,28
Rabastens	194,64	122,38

Truite		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	176,64	144,84
Clarac	161,39	129,12
Millau	158,73	126,01
Montespan	458,16	319,58

Activités enzymatiques (moyennes)

Activité catalase hépatique

Chevaine		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	1013	254
St-André de Lidon	1603	494
Le Fleix	804	291
La Garde	981	268
Lahontan	1031	301
Tauriac	1235	687

Barbeau		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	355	165
Bourret	463	154
Rabastens	601	294

Truite		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	576	264
Clarac	694	207
Millau	775	276
Montespan	795	162

Activité glutathion S-transférase hépatique

Chevaine		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	1,61	0,36
St-André de Lidon	1,44	0,47
Le Fleix	1,37	0,29
La Garde	1,77	0,28
Lahontan	1,68	0,59
Tauriac	1,41	0,57

Barbeau		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	1,12	0,38
Bourret	1,88	0,64
Montespan	1,45	0,68

Truite		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	1,05	0,43
Clarac	0,94	0,33
Millau	1,13	0,41
Rabastens	1,39	0,53

Activité éthoxyrésorufine O-dééthylase hépatique

Chevaine		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	27,34	19,03
St-André de Lidon	40,38	14,16
Le Fleix	103,78	42,23
La Garde	199,39	145,59
Lahontan	152,66	70,21
Tauriac	60,93	39,87

Barbeau		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	72,08	33,89
Bourret	218,49	78,28
Rabastens	194,64	122,38

Truite		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	176,64	144,84
Clarac	161,39	129,12
Millau	158,73	126,01
Montespan	458,16	319,58

Activités enzymatiques (moyennes)

Activité glutathion Acétylcholinestérase de muscle

Chevaine		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	0,119	0,023
St-André de Lidon	0,148	0,029
Le Fleix	0,205	0,045
La Garde	0,156	0,038
Lahontan	0,145	0,025
Tauriac	0,174	0,027

Barbeau		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	0,174	0,042
Bourret	0,122	0,027
Rabastens	0,210	0,040

Truite		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	0,159	0,044
Clarac	0,146	0,035
Millau	0,151	0,047
Montespan	0,129	0,015

Activité glutathion Acétylcholinestérase de cerveau

Chevaine		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	209,73	37,27
St-André de Lidon	214,04	23,76
Le Fleix	199,54	37,66
La Garde	155,35	50,54
Lahontan	180,49	49,42
Tauriac	205,22	26,92

Barbeau		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	149,52	25,65
Bourret	159,95	29,23
Rabastens	162,62	30,68

Truite		
Sites	moyennes	écart-type
Pareloup	106,34	48,95
Clarac	77,14	15,73
Millau	84,96	18,57
Montespan	118,72	67,22

Taux de lipides dans les tissus des poissons prélevés sur les différents sites  
en % de poids frais

Stations	%lipides	
	Foie	Muscle
Capelle Viaur	12	8
St-André	11	5
Le Fleix	22	11
La Garde	-	9
Lahontan	15	6
Tauriac	13	5
Pareloup	-	7
Clarac	12	12
Millau	11	9
Montespan	12	12
Capelle Viaur	14	9
Bourret	24	32
Rabastens	29	6



# **ANNEXE 4**

***Analyses statistiques biomarqueurs***

## Glutathion S-Transférase hépatique

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
GST	0,489393204	5	0,097878641	3,210202884	54	0,0594482	1,64645251	0,163540623

*Analyse de la Variance*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
GST	1,359754622	5	0,271950924	10,67241148	54	0,19763725	1,37601047	0,247837791

*Table de Synthèse Moy.*

N=60 (Aucune VM ds Liste Var. Dép.)

	GST		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	1,61070207	0,361375637	0,318
St André	1,43500294	0,467433392	
Le Fleix	1,37440534	0,292013658	
La Garde	1,77449002	0,28141106	
Lahontan	1,68000489	0,587681307	
Tauriac	1,40506995	0,571754922	
Ts Grpes	1,54661253	0,45159165	

*HSD N Différ.(test de Tukey); Variable : GST*Différences significatives marquées à  $p < .05000$ 

	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac
	M=1.6107	M=1.4350	M=1.3744	M=1.7745	M=1.6800	M=1.4051
Pareloup						
St André	0,9489					
Le Fleix	0,8404	0,9997				
La Garde	0,9619	0,5330	0,3491			
Lahontan	0,9993	0,8191	0,6424	0,9969		
Tauriac	0,9043	1,0000	1,0000	0,4386	0,7370	

## Pour le calcul des ICM

## Catalase hépatique

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
Catalase	518806,2922	5	103761,2584	3694846,092	53	69714,0772	1,48838316	0,209256259

*Analyse de la Variance*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
Catalase	3595934,683	5	719186,9367	9001068,37	53	169831,479	4,23470927	0,002594316

*Table de Synthèse Moy.*

Plus petit N de ttes les var.59

	Catalase		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	1013,42989	254,0906643	294,78
St André	1602,77295	493,7058701	
Le Fleix	804,481346	290,8960358	
La Garde	980,509994	267,6392977	
Lahontan	1031,41577	300,9950991	
Tauriac	1235,41401	687,0550492	
Ts Grpes	1103,00791	466,0361658	

*HSD N Différ.(test de Tukey): Variable :CATALASE*Différences significatives marquées à  $p < .05000$ 

	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac
	M=1013.4	M=1602.8	M=804.48	M=980.51	M=1031.4	M=1235.4
Pareloup						
St André	0,0412					
Le Fleix	0,8651	0,0019				
La Garde	1,0000	0,0265	0,9299			
Lahontan	1,0000	0,0520	0,8196	0,9998		
Tauriac	0,8328	0,4190	0,1975	0,7368	0,8764	

## Pour le calcul des ICM

## Ethoxyrésorufine O-dééthylase

## Test de Levene d'Homogénéité des Variances

Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
EROD	43169,22765	5	8633,84553	134519,6219	54	2491,10411	3,46587102	0,008664191

## Analyse de la Variance

Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
EROD	229860,5597	5	45972,11195	270549,8652	54	5010,18269	9,17573566	2,30139E-06

## Table de Synthèse Moy.

N=60 (Aucune VM ds Liste Var. Dép.)

	EROD		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	27,3391247	19,02656198	50,631
St André de L.	40,3808536	14,16322184	
Le Fleix	103,783864	42,23049047	
La Garde	199,389016	145,5901003	
Lahontan	152,662081	70,20623275	
Tauriac	60,9316956	39,87082242	
Ts Grpes	97,4144391	92,09523672	

## HSD N Différ.(test de Tukey): Variable : EROD

Différences significatives marquées à  $p < .05000$ 

	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac
	M=27.339	M=40.381	M=103.78	M=199.39	M=152.66	M=60.93
Pareloup						
St André	0,9985					
Le Fleix	0,16947	0,3543				
La Garde	0,00015	0,000210463	0,0424			
Lahontan	0,00300	0,0102	0,6379	0,6807		
Tauriac	0,8944	0,9866	0,7538	0,00088	0,0576	

## Pour le calcul des ICM

## Acétylcholinestérase de muscle

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE muscle	0,002354893	5	0,000470979	0,01829466	53	0,00034518	1,36443437	0,252517115

*Analyse de la Variance*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE muscle	0,042601337	5	0,008520267	0,054612222	53	0,00103042	8,26873829	7,89144E-06

*Table de Synthèse Moy.*

Plus petit N de ttes les var.59

	ACHE muscle		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	0,119	0,023309512	0,0230
St André	0,148	0,028982753	
Le Fleix	0,205	0,044534631	
La Garde	0,15555556	0,038441875	
Lahontan	0,145	0,025495098	
Tauriac	0,174	0,027162065	
Ts Grpes	0,15779661	0,04094015	

*HSD N Différ. (test de Tukey); Variable :ACHE-MUSCLE*Différences significatives marquées à  $p < .05000$ 

	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac
	M=.11900	M=.14800	M=.20500	M=.15556	M=.14500	M=.17400
Pareloup						
St André	0,3451					
Le Fleix	0,00014	0,0029				
La Garde	0,1695	0,9961	0,0223			
Lahontan	0,4677	0,9999	0,0016	0,9815		
Tauriac	0,0045	0,4677	0,2740	0,8258	0,3451	

## Pour le calcul des ICM

## Acétylcholinestérase de cerveau

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE cerveau	2654,696346	5	530,9392691	29881,58968	54	553,362772	0,95947775	0,450798945

*Analyse de la Variance*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE cerveau	24815,98077	5	4963,196154	81828,37477	54	1515,34027	3,27530142	0,011783756

*Table de Synthèse Moy.*

N=60 (Aucune VM ds Liste Var. Dép.)

	ACHE cerveau		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	209,730021	37,26566357	27,845
St André	214,036292	23,75579249	
Le Fleix	199,535064	37,66180728	
La Garde	155,351681	50,53671963	
Lahontan	180,489902	49,41727173	
Tauriac	205,219678	26,9172023	
Ts Grpes	194,06044	42,51507321	

## HSD N Différ.(test de Tukey); Variable :ACHE de cerveau

Différences significatives marquées à  $p < .05000$ 

	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac
	M=209.73	M=214.04	M=199.54	M=155.35	M=180.49	M=205.22
Pareloup						
St André	0,9999					
Le Fleix	0,9916	0,9601				
La Garde	0,0325	0,0167	0,1314			
Lahontan	0,5509	0,3975	0,8817	0,7004		
Tauriac	0,9998	0,9958	0,9995	0,0625	0,7146	

## Pour le calcul des ICM

## Glutathion S-transférase hépatique

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
GST	0,194020816	2	0,097010408	2,547520045	27	0,09435259	1,02816895	0,371243594

*Analyse de la Variance*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
GST	2,974208778	2	1,487104389	7,263430831	27	0,26901596	5,52794119	0,009721126

*Table de Synthèse Moy.*

N=30 (Aucune VM ds Liste Var. Dép.)

	GST		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	1,117891505	0,375684362	0,371
Bourret	1,879374251	0,642373947	
Rabastens	1,392617134	0,503254252	
Ts Grpes	1,463294297	0,594156592	

*HSD N Différ.(test de Tukey); Variable : GST*Différences significatives marquées à  $p < .05000$ 

	Pareloup	Bourret	Rabastens
	M=1.1179	M=1.8794	M=1.3926
Pareloup			
Bourret	0,00783658		
Rabastens	0,472496684	0,109110506	

Pour le calcul des ICM

Catalase hépatique

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*

Effets significatifs marqués à  $p < .05000$

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
CATALASE	89277,26844	2	44638,63422	373289,0346	27	13825,5198	3,22871291	0,055304665

*Analyse de la Variance*

Effets significatifs marqués à  $p < .05000$

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
CATALASE	305217,1547	2	152608,5774	1126379,119	27	41717,7452	3,65812142	0,039279362

*Table de Synthèse Moy.*

N=30 (Aucune VM ds Liste Var. Dép.)

	CATALASE		
	Moyennes	Ec.-Type	ICM
Pareloup	355,305471	164,6577042	
Bourret	459,0431699	145,3035125	146,101
Rabastens	601,3686576	277,3589104	
Ts Grpes	471,9057661	222,1832324	

*HSD N Différ. (test de Tukey): Variable :CATALASE*

Différences significatives marquées à  $p < .05000$

	Pareloup	Bourret	Rabastens
	M=355.31	M=459.04	M=601.37
Pareloup			
Bourret	0,501073691		
Rabastens	0,031295543	0,280822339	

## Pour le calcul des ICM

## Ethoxyrésorufine O-dééthylase hépatique

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
EROD	19128,75058	2	9564,375289	72685,27991	27	2692,0474	3,55282573	0,042683015

*Analyse de la Variance*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
EROD	123422,5465	2	61711,27325	179167,0276	27	6635,81584	9,29972663	0,000846166

*Table de Synthèse Moy.*

N=30 (Aucune VM ds Liste Var. Dép.)

	EROD		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	72,07695476	33,88562396	58,269
Bourret	218,4923682	73,80457367	
Rabastens	194,6331873	115,3780608	
Ts Grpes	161,7341701	102,1475562	

*HSD N Différ(test de Tukey); Variable : EROD*Différences significatives marquées à  $p < .05000$ 

	Pareloup	Bourret	Rabastens
	M=72.077	M=218.49	M=194.63
Pareloup			
Bourret	0,001290567		
Rabastens	0,006422482	0,791288692	

Pour le calcul des ICM

Acétylcholinestérase du muscle

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*

Effets significatifs marqués à  $p < .05000$

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE muscle	0,000721067	2	0,000360533	0,0103824	27	0,00038453	0,93758669	0,403951003

*Analyse de la Variance*

Effets significatifs marqués à  $p < .05000$

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE muscle	0,039146667	2	0,019573333	0,0344	27	0,00127407	15,3627907	3,50702E-05

*Table de Synthèse Moy.*

N=30 (Aucune VM ds Liste Var. Dép.)

	ACHE muscle		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	0,174	0,034705107	0,026
Bourret	0,122	0,026583203	
Rabastens	0,21	0,043716257	
Ts Grpes	0,168666667	0,050359626	

*HSD N Différ(test de Tukey).; Variable : ACHE Muscle*

Différences significatives marquées à  $p < .05000$

	Pareloup	Bourret	Rabastens
	M=.17400	M=.12200	M=.21000
Pareloup			
Bourret	0,00834384		
Rabastens	0,080002558	0,000143863	

Pour le calcul des ICM

Acétylcholinestérase du cerveau

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*

Effets significatifs marqués à  $p < .05000$

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE cerveau	16,30739155	2	8,153695775	8775,014243	27	325,000528	0,02508825	0,975246548

*Analyse de la Variance*

Effets significatifs marqués à  $p < .05000$

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE cerveau	959,2268934	2	479,6134467	22080,10702	27	817,781742	0,58648099	0,563212059

*Table de Synthèse Moy.*

N=30 (Aucune VM ds Liste Var. Dép.)

	ACHE cerveau		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	149,519102	25,65196451	20,456
Bourret	159,9538339	29,22940904	
Rabastens	162,6245166	30,6751298	
Ts Grpes	157,3658175	28,1861631	

*HSD N Différ.(test de Tukey): Variable : ACHE Cerveau*

Différences significatives marquées à  $p < .05000$

	Pareloup	Bourret	Rabastens
	M=149.52	M=159.95	M=162.62
Pareloup			
Bourret	0,696629676		
Rabastens	0,568070562	0,976350771	

## Pour le calcul des ICM

## Glutathion S-transférase hépatique

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
GST	0,397188611	3	0,132396204	1,830902898	32	0,05721572	2,313983184	0,09459748

*Analyse de la Variance*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
GST	1,234410459	3	0,411470153	7,012856979	32	0,21915178	1,877557882	0,15323767

**Table de Synthèse Moy.**

Plus petit N de ttes les var.36

	GST		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	1,053748425	0,43057996	0,335
Clarac	0,940287899	0,328136659	
Millau	1,125653155	0,409857348	
Montespan	1,451678167	0,679721882	
Ts Grpes	1,13063398	0,485423745	

*HSD N Différ.(test de Tukey); Variable : GST*Différences significatives marquées à  $p < .05000$ 

	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan
	M=1.0537	M=.94029	M=1.1257	M=1.4517
Pareloup				
Clarac	0,962003156			
Millau	0,989815678	0,812459602		
Montespan	0,340374914	0,149291091	0,512932776	

## Pour le calcul des ICM

## Catalase hépatique

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
CATALASE	71563,54629	3	23854,51543	381026,3521	32	11907,0735	2,003390289	0,1332675

*Analyse de la Variance*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
CATALASE	245716,7381	3	81905,57935	1743922,11	32	54497,566	1,50292179	0,23253398

*Table de Synthèse Moy.*

Plus petit N de ttes les var.36

	CATALASE		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	575,844597	263,805318	166,99
Clarac	694,3119623	207,3928641	
Millau	774,7643019	276,273749	
Montespan	794,8436064	161,5631366	
Ts Grpes	712,6741186	238,4257206	

*HSD N Différ.(test de Tukey); Variable :CATALASE*Différences significatives marquées à  $p < .05000$ 

	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan
	M=575.84	M=694.31	M=774.76	M=794.84
Pareloup				
Clarac	0,742037587			
Millau	0,338287707	0,867171336		
Montespan	0,258272849	0,824627993	0,998217237	

## Pour le calcul des ICM

## Ethoxyrésorufine O-dééthylase

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
EROD	182025,4082	3	60675,13605	409129,287	35	11689,4082	5,190608029	0,00451314

*Analyse de la Variance*Effets significatifs marqués à  $p < .05000$ 

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
EROD	594476,5577	3	198158,8526	1298799,695	35	37108,5627	5,339976493	0,00389981

*Table de Synthèse Moy.*

Plus petit N de ttes les var.39

	EROD		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	176,6427377	144,8352281	137,79
Clarac	161,3948115	129,1225239	
Millau	158,7319334	126,0123983	
Montespan	458,1629297	319,5776019	
Ts Grpes	233,1066973	223,2107956	

*HSD N Différ. (test de Tukey); Variable : EROD*Différences significatives marquées à  $p < .05000$ 

	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan
	M=176.64	M=161.39	M=158.73	M=458.16
Pareloup				
Clarac	0,998064609			
Millau	0,996829772	0,99999038		
Montespan	0,019108032	0,012500425	0,011596135	

Pour le calcul des ICM

Acétylcholinestérase du muscle

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*

Effets significatifs marqués à p < .05000

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE muscle	0,003612985	3	0,001204328	0,018133947	35	0,00051811	2,324451853	0,09175827

*Analyse de la Variance*

Effets significatifs marqués à p < .05000

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE muscle	0,004557778	3	0,001519259	0,050508889	35	0,00144311	1,052766656	0,38152869

*Table de Synthèse Moy.*

Plus petit N de ttes les var.39

	ACHE muscle		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	0,159	0,044334586	0,027
Clarac	0,146	0,034705107	
Millau	0,151	0,047246399	
Montespan	0,128888889	0,015365907	
Ts Grpes	0,146666667	0,038067346	

*HSD N Différ.(test de Tukey): Variable : ACHE du muscle*

Différences significatives marquées à p < .05000

	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan
	M=.15900	M=.14600	M=.15100	M=.12889
Pareloup				
Clarac	0,869588966			
Millau	0,965026919	0,991045991		
Montespan	0,348557431	0,775267435	0,609561877	

Pour le calcul des ICM

Acétylcholinestérase du cerveau

*Test de Levene d'Homogénéité des Variances*

Effets significatifs marqués à  $p < .05000$

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE cerveau	10814,25321	3	3604,751069	22333,02686	35	638,086482	5,649314275	0,00289165

*Analyse de la Variance*

Effets significatifs marqués à  $p < .05000$

	Effet SC	Effet dl	Effet MC	Erreur SC	Erreur dl	Erreur MC	F	p
ACHE cerveau	10776,49489	3	3592,164963	65275,7677	35	1865,02193	1,926071161	0,14334646

*Table de Synthèse Moy.*

Plus petit N de ttes les var.39

	ACHE cerveau		ICM
	Moyennes	Ec.-Type	
Pareloup	106,0442531	49,04418985	30,9
Clarac	77,14189079	15,72679806	
Millau	85,22651282	18,68322093	
Montespan	118,722657	67,21900603	
Ts Grpes	96,54638164	44,73673358	

*HSD N Différ.; Variable : ACHE du cerveau*

Différences significatives marquées à  $p < .05000$

	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan
	M=106.04	M=77.142	M=85.227	M=118.72
Pareloup				
Clarac	0,495959604			
Millau	0,737538353	0,974987668		
Montespan	0,92416729	0,156762057	0,321857099	

# Analyse statistique

## Pour l'analyse discriminante

*CHEVAINE*

### Coefficients Standardisés des Vars Canoniques

	Racin1	Racin2
GST	-0,14389	-0,46877
CAT	0,47964	0,37003
ACHE muscle	-0,16007	<b>0,94568</b>
ACHE cerveau	0,41022	-0,16678
EROD	<b>-0,87865</b>	-0,07679
Val.Prop	2,31425	0,83033
Prop.Cum	0,63006	0,85611

*BARBEAU*

### Coefficients Standardisés des Vars Canoniques

	Racin1	Racin2
GST	-0,446500093	-0,159825861
CATALASE	-0,029870329	-0,474730015
ACHE muscle	<b>0,864379823</b>	-0,340396613
ACHE cerveau	-0,137851685	-0,127794206
EROD	-0,124402657	<b>-0,70398277</b>
Val.Prop	1,419204235	0,843808413
Prop.Cum	0,627130508	1

*TRUITE*

### Coefficients Standardisés des Vars Canoniques

	Racin1	Racin2
GST	-0,342368484	0,348290056
CATALASE	-0,018219026	-0,799111962
ACHE muscle	0,149789304	0,14734374
ACHE cerveau	-0,274202466	<b>0,777818918</b>
EROD	<b>-0,828442693</b>	-0,235309258
Val.Prop	0,801843286	0,264882565
Prop.Cum	0,724704921	0,964105487

## Test de Tukey pour l'activité CATALASE

### *chevaine*

SITES	Pareloup	St André de Lidon	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac
	M=1013.4	M=1602.8	M=804.48	M=980.51	M=1031.4	M=1235.4
Pareloup						
St André de Lidon	<b>0.0412</b>					
Le Fleix	0.8651	<b>0.0019</b>				
La Garde	1.0000	<b>0.0265</b>	0.9299			
Lahontan	1.0000	<b>0.0520</b>	0.8196	0.9998		
Tauriac	0.8328	0.4190	0.1975	0.7368	0.8764	

Différences significatives marquées à  $p < .05000$

### *barbeau*

	Pareloup	Bourret	Rabastens
	M=355.31	M=459.04	M=601.37
Pareloup			
Bourret	0.5010737		
Rabastens	<b>0.0312955</b>	0.2808223	

### *truite*

	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan
	M=575.84	M=694.31	M=774.76	M=794.84
Pareloup				
Clarac	0.7420376			
Millau	0.3382877	0.86717134		
Montespan	0.2582728	0.82462799	0.99821724	

## Test de Tukey pour l'activité GLUTATHION S-TRANSFERASE

### *chevaine*

	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac
	M=1.6107	M=1.4350	M=1.3744	M=1.7745	M=1.6800	M=1.4051
Pareloup						
St André	0.9489					
Le Fleix	0.8404	0.9997				
La Garde	0.9619	0.5330	0.3491			
Lahontan	0.9993	0.8191	0.6424	0.9969		
Tauriac	0.9043	1.0000	1.0000	0.4386	0.7370	

Différences significatives marquées à  $p < .05000$

### *barbeau*

	Pareloup	Bourret	Rabastens
	M=1.1179	M=1.8794	M=1.3926
Pareloup			
Bourret	0.0078366		
Rabastens	0.4724967	0.1091105	

### *truite*

	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan
	M=1.0537	M=.94029	M=1.1257	M=1.4517
Pareloup				
Clarac	0.9620032			
Millau	0.9898157	0.8124596		
Montespan	0.3403749	0.14929109	0.51293278	

Test de Tukey pour l'activité ACETHYLCHOLINESTERASE de muscle

*chevaine*

	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac
	M=.11900	M=.14800	M=.20500	M=.15556	M=.14500	M=.17400
Pareloup						
St André	0.3451					
Le Fleix	0.00014	0.0029				
La Garde	0.1695	0.9961	0.0223			
Lahontan	0.4677	0.9999	0.0016	0.9815		
Tauriac	0.0045	0.4677	0.2740	0.8258	0.3451	

Différences significatives marquées à  $p < .05000$

*barbeau*

	Pareloup	Bourret	Rabastens
	M=.17400	M=.12200	M=.21000
Pareloup			
Bourret	0.008344		
Rabastens	0.080003	0.0001439	

*truite*

	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan
	M=.15900	M=.14600	M=.15100	M=.12889
Pareloup				
Clarac	0.869589			
Millau	0.9650269	0.99104599		
Montespan	0.3485574	0.77526743	0.60956188	

Test de Tukey pour l'activité ACETHYLCHOLINESTERASE de cerveau

*chevaine*

	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac
	M=209.73	M=214.04	M=199.54	M=155.35	M=180.49	M=205.22
Pareloup						
St André	0.9999					
Le Fleix	0.9916	0.9601				
La Garde	<b>0.0325</b>	<b>0.0167</b>	0.1314			
Lahontan	0.5509	0.3975	0.8817	0.7004		
Tauriac	0.9998	0.9958	0.9995	<b>0.0625</b>	0.7146	

Différences significatives marquées à  $p < .05000$

*barbeau*

	Pareloup	Bourret	Rabastens
	M=149.52	M=159.95	M=162.62
Pareloup			
Bourret	0.69663		
Rabastens	0.568071	0.9763508	

*truite*

	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan
	M=106.04	M=77.142	M=85.227	M=118.72
Pareloup				
Clarac	0.4959596			
Millau	0.7375384	0.97498767		
Montespan	0.9241673	0.15676206	0.3218571	

Test de Tukey pour l'activité ETHOXYRESORUFINE O-dééthylase  
hépatique

*chevaine*

	Pareloup	St André	Le Fleix	La Garde	Lahontan	Tauriac
	M=27.339	M=40.381	M=103.78	M=199.39	M=152.66	M=60.93
Pareloup						
St André	0.9985					
Le Fleix	0.16947	0.3543				
La Garde	0.00015	0.00021046	0.0424			
Lahontan	0.00300	0.0102	0.6379	0.6807		
Tauriac	0.8944	0.9866	0.7538	0.00088	0.0576	

Différences significatives marquées à  $p < .05000$

*barbeau*

	Pareloup	Bourret	Rabastens
	M=72.077	M=218.49	M=194.63
Pareloup			
Bourret	0.001291		
Rabastens	0.006422	0.7912887	

*truite*

	Pareloup	Clarac	Millau	Montespan
	M=176.64	M=161.39	M=158.73	M=458.16
Pareloup				
Clarac	0.9980646			
Millau	0.9968298	0.99999038		
Montespan	0.019108	0.01250042	0.01159614	

# **ANNEXE 5**

**Echelle d'exposition**

Index attribué pour chaque réponse d'un biomarqueur selon leur place dans l'échelle  
et relié au facteur de discrimination

		Facteur de discrimination (seuils)				
		1	2	3	4	5
Index de réponse	si 2 seuils	4	8			
	si 3 seuils	3	6	10		
	si 4 seuils	2	4	7	12	
	si 5 seuils	1	2	4	8	14

*remarque : Inverser l'échelle pour l'ACHé qui est inhibée*

Codes couleurs affectés aux Indices Biomarqueurs Globaux

Indice Biomarqueur Global	Couleur
de 0 à 19	bleu
de 20 à 29	vert
de 30 à 39	jaune
de 40 à 49	orange
> à 50	rouge

# **ANNEXE 6**

**Calculs des corrélations**

**Ccorrélations entre les mesures effectuées à 3 longueurs d'ondes pour les métabolites de type pyrène**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

N=11 (Suppression des Observ. à VM)

	PYRENE		
	660nm	410nm	380nm
Pyrène 660nm	1		
Pyrène 410nm	0,91272	1	
Pyrène 380nm	0,91271	0,99532	1

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

(Suppression des Observ. à VM)

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const.	Pente	Const.	Pente
								Dép. : Y	Dép. : Y	Dép. : X	Dép. : X
Pyrène 660nm	808,43	871,66									
Pyrène 410nm	30,91	39,70	0,9127	0,8331	6,7016	0,00009	11	-2,6926	0,0416	188,9209	20,0412
Pyrène 380nm	26,33	32,61	0,9127	0,8330	6,7009	0,00009	11	-1,2670	0,0341	165,8982	24,3997
Pyrène 410nm	30,91	39,70									
Pyrène 660nm	808,43	871,66	0,9127	0,8331	6,7016	0,00009	11	188,9209	20,0412	-2,6926	0,0416
Pyrène 380nm	26,33	32,61	0,9953	0,9907	30,9027	0,00000	11	1,0628	0,8175	-0,9993	1,2118
Pyrène 380nm	26,33	32,61									
Pyrène 660nm	808,43	871,66	0,9127	0,8330	6,7009	0,00009	11	165,8982	24,3997	-1,2670	0,0341
Pyrène 410nm	30,91	39,70	0,9953	0,9907	30,9027	0,00000	11	-0,9993	1,2118	1,0628	0,8175

**Ccorrélations entre les mesures effectuées à 3 longueurs d'ondes pour les métabolites de type benzo(a)pyrène**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

N=11 (Suppression des Observ. à VM)

**BaP**

	660nm	410nm	380nm
BaP 660nm	1		
BaP 410nm	0,5485	1	
BaP 380nm	0,6498	0,8861	1

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

(Suppression des Observ. à VM)

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const.	Pente	Const.	Pente
								Dép. : Y	Dép. : Y	Dép. : X	Dép. : X
BaP 660nm	259,79	238,91									
BaP 410nm	8,50	4,40	0,5485	0,3009	1,9681	0,0806	11	5,868	0,010	7,019	29,754
BaP 380nm	7,48	5,01	0,6498	0,4222	2,5646	0,0305	11	3,945	0,014	27,784	31,006
BaP 410nm	8,50	4,40									
BaP 660nm	259,79	238,91	0,5485	0,3009	1,9681	0,0806	11	7,019	29,754	5,868	0,010
BaP 380nm	7,48	5,01	0,8861	0,7851	5,7348	0,0003	11	-1,074	1,007	2,663	0,779
BaP 380nm	7,48	5,01									
BaP 660nm	259,79	238,91	0,6498	0,4222	2,5646	0,0305	11	27,784	31,006	3,945	0,014
BaP 410nm	8,50	4,40	0,8861	0,7851	5,7348	0,0003	11	2,663	0,779	-1,074	1,007

**Corrélations entre le pyrène hépatique et musculaire et les métabolites type pyrène dans la bile (660 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

N=11 (Suppression des Observ. à VM)

**PYRENE**

	bile	foie	muscle
Pyrène 660nm	1		
Pyrène foie	0,8697	1	
Pyrène muscle	0,8055	0,9701	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
Pyrène bile	808,43	871,66									
Pyrène foie	5,06	9,61	0,870	0,756	5,287	0,0005	11	-2,688	0,010	408,966	78,889
Pyrène muscle	2,68	3,52	0,805	0,649	4,077	0,0028	11	0,047	0,003	274,647	199,512
<b>Pyrène foie</b>	<b>5,06</b>	<b>9,61</b>									
Pyrène bile	808,43	871,66	0,870	0,756	5,287	0,0005	11	408,966	78,889	-2,688	0,010
Pyrène muscle	2,68	3,52	0,970	0,941	11,986	0,0000008	11	0,877	0,355	-2,024	2,649
<b>Pyrène muscle</b>	<b>2,68</b>	<b>3,52</b>									
Pyrène bile	808,43	871,66	0,805	0,649	4,077	0,00277	11	274,647	199,512	0,047	0,003
Pyrène foie	5,06	9,61	0,970	0,941	11,986	0,0000008	11	-2,024	2,649	0,877	0,355

**Corrélations entre le pyrène hépatique et musculaire et les métabolites type pyrène dans la bile (410 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

N=11 (Suppression des Observ. à VM)

**PYRENE**

	bile	foie	muscle
Pyrène 410nm	1		
Pyrène foie	0,980146	1	
Pyrène muscle	0,930796	0,970074	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
Pyrène bile	30,91	39,70									
Pyrène foie	5,06	9,61	0,9801	0,9607	14,8298	1,24556E-07	11	-2,2707	0,2373	10,4094	4,0490
Pyrène muscle	2,68	3,52	0,9308	0,8664	7,6391	3,19459E-05	11	0,1249	0,0825	2,8191	10,5002
<b>Pyrène foie</b>	<b>5,06</b>	<b>9,61</b>									
Pyrène bile	30,91	39,70	0,9801	0,9607	14,8298	1,24556E-07	11	10,4094	4,0490	-2,2707	0,2373
Pyrène muscle	2,68	3,52	0,9701	0,9410	11,9857	7,77875E-07	11	0,8767	0,3552	-2,0239	2,6491
<b>Pyrène muscle</b>	<b>2,68</b>	<b>3,52</b>									
Pyrène bile	30,91	39,70	0,9308	0,8664	7,6391	3,19459E-05	11	2,8191	10,5002	0,1249	0,0825
Pyrène foie	5,06	9,61	0,9701	0,9410	11,9857	7,77875E-07	11	-2,0239	2,6491	0,8767	0,3552

**Corrélations entre le pyrène hépatique et musculaire et les métabolites type pyrène dans la bile (380 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

N=11 (Suppression des Observ. à VM)

**PYRENE**

	bile	foie	muscle
Pyrène 380nm	1		
Pyrène foie	0,96014	1	
Pyrène muscle	0,89787	0,97007	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
Pyrène bile	26,33	32,61									
Pyrène foie	5,06	9,61	0,9601	0,92186	10,30434	2,78648E-06	11	-2,38815	0,28298	9,83764	3,25774
Pyrène muscle	2,68	3,52	0,8979	0,80616	6,11808	0,000175359	11	0,12364	0,09690	4,07579	8,31928
<b>Pyrène foie</b>	<b>5,06</b>	<b>9,61</b>									
Pyrène bile	26,33	32,61	0,96014	0,92186	10,30434	2,78648E-06	11	9,83764	3,25774	-2,38815	0,28298
Pyrène muscle	2,68	3,52	0,9701	0,94104	11,98565	7,77875E-07	11	0,87668	0,35523	-2,02386	2,64908
<b>Pyrène muscle</b>	<b>2,68</b>	<b>3,52</b>									
Pyrène bile	26,33	32,61	0,89787	0,80616	6,11808	0,000175359	11	4,07579	8,31928	0,12364	0,09690
Pyrène foie	5,06	9,61	0,97007	0,94104	11,98565	7,77875E-07	11	-2,02386	2,64908	0,87668	0,35523

**Corrélations entre le BaP hépatique et musculaire et les métabolites de type BaP dans la bile (660 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$   
 N=11 (Suppression des Observ. à VM)

	BaP		
	bile	foie	muscle
BaP 660nm	1		
BaP foie	0,02753	1	
BaP muscle	-0,04167	-0,0399	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const.	Pente	Const.	Pente
								Dép. : Y	Dép. : Y	Dép. : X	Dép. : X
BaP bile	259,79	238,91									
BaP foie	0,77	0,98	0,02753	0,00076	0,08263	0,93595	11	0,743337	0,000113	254,61616	6,699008
BaP muscle	0,07	0,09	-0,04167	0,00174	-0,12513	0,90317	11	0,076846	-1,6E-05	267,83442	-110,518
BaP foie	0,77	0,98									
BaP bile	259,79	238,91	0,02753	0,00076	0,08263	0,93595	11	254,6162	6,699008	0,7433374	0,000113
BaP muscle	0,07	0,09	-0,03991	0,00159	-0,11984	0,90724	11	0,075593	-0,00366	0,8043917	-0,43504
BaP muscle	0,07	0,09									
BaP bile	259,79	238,91	-0,04167	0,00174	-0,12513	0,90317	11	267,8344	-110,518	0,0768463	-1,6E-05
BaP foie	0,77	0,98	-0,03991	0,00159	-0,11984	0,90724	11	0,804392	-0,43504	0,0755934	-0,00366

**Corrélations entre le BaP hépatique et musculaire et les métabolites de type BaP dans la bile (410 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$   
 N=11 (Suppression des Observ. à VM)

	BaP		
	bile	foie	muscle
BaP 410nm	1		
BaP foie	-0,07002	1	
BaP muscle	0,47041	-0,17340	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const.	Pente	Const.	Pente
								Dép. : Y	Dép. : Y	Dép. : X	Dép. : X
BaP bile	8,50	4,40									
BaP foie	0,77	0,98	0,47041	0,22129	1,59922	0,14424	11	-0,118202	0,104872	6,8649473	2,110043
BaP muscle	0,07	0,09	0,19013	0,03615	0,58098	0,57551	11	0,039726	0,003889	7,8190944	9,295305
BaP foie	0,77	0,98									
BaP 410nm	8,50	4,40	0,47041	0,22129	1,59922	0,14424	11	6,864947	2,110043	-0,118202	0,104872
BaP muscle	0,07	0,09	-0,03991	0,00159	-0,11984	0,90724	11	0,07559	-0,00366	0,80439	-0,43504
BaP muscle	0,07	0,09									
BaP 410nm	8,50	4,40	0,19013	0,03615	0,58098	0,57551	11	7,81909	9,29530	0,03973	0,00389
BaP foie	0,77	0,98	-0,03991	0,00159	-0,11984	0,90724	11	0,80439	-0,43504	0,07559	-0,00366

**Corrélations entre le BaP hépatique et musculaire et les métabolites de type BaP dans la bile (380 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$   
 N=11 (Suppression des Observ. à VM)

	BaP		
	bile	foie	muscle
BaP 380nm	1		
BaP foie	0,36055	1	
BaP muscle	-0,08365	-0,03991	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const.	Pente	Const.	Pente
								Dép. : Y	Dép. : Y	Dép. : X	Dép. : X
BaP bile	7,48	5,01									
BaP foie	0,77	0,98	0,36055	0,12999	1,15963	0,27604	11	0,24364	0,07071	6,06211	1,83843
BaP muscle	0,07	0,09	-0,08365	0,00700	-0,25183	0,80683	11	0,08403	-0,00151	7,82101	-4,64900
BaP foie	0,77	0,98									
BaP bile	7,48	5,01	0,36055	0,12999	1,15963	0,27604	11	6,06211	1,83843	0,24364	0,07071
BaP muscle	0,07	0,09	-0,03991	0,00159	-0,11984	0,90724	11	0,07559	-0,00366	0,80439	-0,43504
BaP muscle	0,07	0,09									
BaP bile	7,48	5,01	-0,08365	0,00700	-0,25183	0,80683	11	7,82101	-4,64900	0,08403	-0,00151
BaP foie	0,77	0,98	-0,03991	0,00159	-0,11984	0,90724	11	0,80439	-0,43504	0,07559	-0,00366

**Corrélations entre les HAP totaux hépatiques et musculaires et les métabolites type pyrène dans la bile (660 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$   
 N=11 (Suppression des Observ. à VM)

	PYRENE bile	HAP foie	HAP muscle
Pyrène 660nm	1		
HAP foie	0,83442	1	
HAP muscle	0,92125	0,90035	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
Pyrène bile	808,43	871,66									
HAP foie	34,45	34,59	0,83442	0,69625	4,54202	0,00140	11	7,6879	0,0331	83,8905	21,0289
HAP muscle	12,73	13,62	0,92125	0,84870	7,10526	0,00006	11	1,0927	0,0144	57,8733	58,9724
HAP foie	34,45	34,59									
Pyrène bile	808,43	871,66	0,83442	0,69625	4,54202	0,00140	11	83,8905	21,0289	7,6879	0,0331
HAP muscle	12,73	13,62	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	0,5144	0,3545	5,3483	2,2869
HAP muscle	12,73	13,62									
Pyrène bile	808,43	871,66	0,92125	0,84870	7,10526	0,00006	11	57,8733	58,9724	1,0927	0,0144
HAP foie	34,45	34,59	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	5,3483	2,2869	0,5144	0,3545

**Corrélations entre les HAP totaux hépatiques et musculaires et les métabolites type pyrène dans la bile (410 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$   
 N=11 (Suppression des Observ. à VM)

	PYRENE bile	HAP foie	HAP muscle
Pyrène 410nm	1		
HAP foie	0,96728	1	
HAP muscle	0,92073	0,90035	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
Pyrène bile	30,91	39,70									
HAP foie	34,45	34,59	0,96728	0,93563	11,43787	1,16E-06	11	8,40318	0,84276	-7,33951	1,11020
HAP muscle	12,73	13,62	0,92073	0,84775	7,07901	5,8E-05	11	2,96453	0,31583	-3,25107	2,68423
HAP foie	34,45	34,59									
Pyrène bile	30,91	39,70	0,96728	0,93563	11,43787	1,16E-06	11	-7,33951	1,11020	8,40318	0,84276
HAP muscle	12,73	13,62	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	0,51436	0,35446	5,34830	2,28692
HAP muscle	12,73	13,62									
Pyrène bile	30,91	39,70	0,92073	0,84775	7,07901	5,8E-05	11	-3,25107	2,68423	2,96453	0,31583
HAP foie	34,45	34,59	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	5,34830	2,28692	0,51436	0,35446

**Corrélations entre les HAP totaux hépatiques et musculaires et les métabolites type pyrène dans la bile (380 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$   
 N=11 (Suppression des Observ. à VM)

	PYRENE bile	HAP foie	HAP muscle
Pyrène 380nm	1		
HAP foie	0,95197	1	
HAP muscle	0,90648	0,90035	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
Pyrène bile	26,33	32,61									
HAP foie	34,45	34,59	0,95197	0,90625	9,32719	6,37E-06	11	7,86228	1,00982	-4,58700	0,89743
HAP muscle	12,73	13,62	0,90648	0,82171	6,44056	0,00012	11	2,75822	0,37857	-1,29207	2,17059
HAP foie	34,45	34,59									
Pyrène bile	26,33	32,61	0,95197	0,90625	9,32719	6,37E-06	11	-4,58700	0,89743	7,86228	1,00982
HAP muscle	12,73	13,62	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	0,51436	0,35446	5,34830	2,28692
HAP muscle	12,73	13,62									
Pyrène bile	26,33	32,61	0,90648	0,82171	6,44056	0,00012	11	-1,29207	2,17059	2,75822	0,37857
HAP foie	34,45	34,59	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	5,34830	2,28692	0,51436	0,35446

**Corrélations entre les HAP totaux hépatiques et musculaires et les métabolites type BaP dans la bile (660 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

N=11 (Suppression des Observ. à VM)

	BaP bile	HAP foie	HAP muscle
BaP 660nm	1		
HAP foie	-0,24878	1	
HAP muscle	-0,04258	0,90035	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
BaP bile	259,79	238,91									
HAP foie	34,45	34,59	-0,24878	0,06189	-0,77056	0,46072	11	43,81130	-0,03602	318,9996	-1,71841
HAP muscle	12,73	13,62	-0,04258	0,00181	-0,12787	0,90106	11	13,35783	-0,00243	269,3018	-0,74714
HAP foie	34,45	34,59									
BaP bile	259,79	238,91	-0,24878	0,06189	-0,77056	0,46072	11	318,99963	-1,71841	43,8113	-0,03602
HAP muscle	12,73	13,62	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	0,51436	0,35446	5,3483	2,28692
HAP muscle	12,73	13,62									
BaP bile	259,79	238,91	-0,04258	0,00181	-0,12787	0,90106	11	269,30177	-0,74714	13,3578	-0,00243
HAP foie	34,45	34,59	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	5,34830	2,28692	0,5144	0,35446

**Corrélations entre les HAP totaux hépatiques et musculaires et les métabolites type BaP dans la bile (410 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

N=11 (Suppression des Observ. à VM)

	BaP bile	HAP foie	HAP muscle
BaP 410nm	1		
HAP foie	0,01661	1	
HAP muscle	-0,12426	0,90035	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
BaP bile	8,50	4,40									
HAP foie	34,45	34,59	0,01661	0,00028	0,04984	0,96134	11	33,34646	0,13043	8,42258	0,00212
HAP muscle	12,73	13,62	-0,12426	0,01544	-0,37569	0,71585	11	15,99088	-0,38416	9,00699	-0,04019
HAP foie	34,45	34,59									
BaP bile	8,50	4,40	0,01661	0,00028	0,04984	0,96134	11	8,42258	0,00212	33,34646	0,13043
HAP muscle	12,73	13,62	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	0,51436	0,35446	5,34830	2,28692
HAP muscle	12,73	13,62									
BaP bile	8,50	4,40	-0,12426	0,01544	-0,37569	0,71585	11	9,00699	-0,04019	15,99088	-0,38416
HAP foie	34,45	34,59	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	5,34830	2,28692	0,51436	0,35446

**Corrélations entre les HAP totaux hépatiques et musculaires et les métabolites type BaP dans la bile (380 nm)**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

N=11 (Suppression des Observ. à VM)

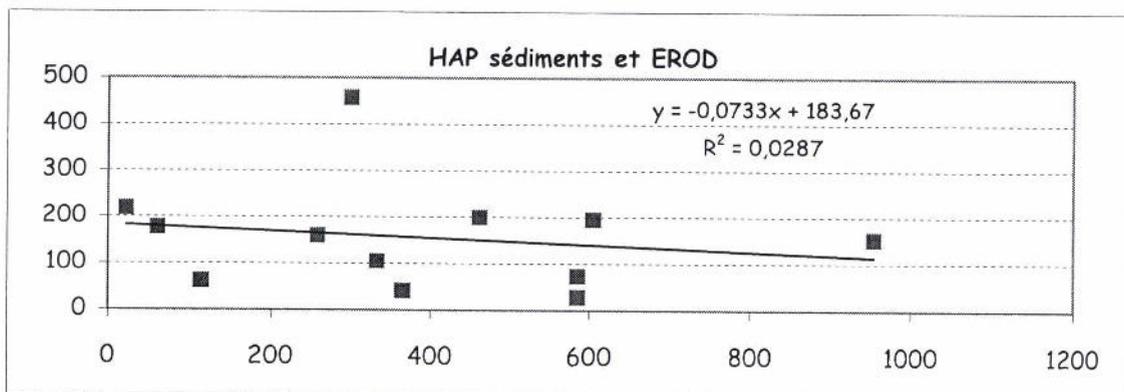
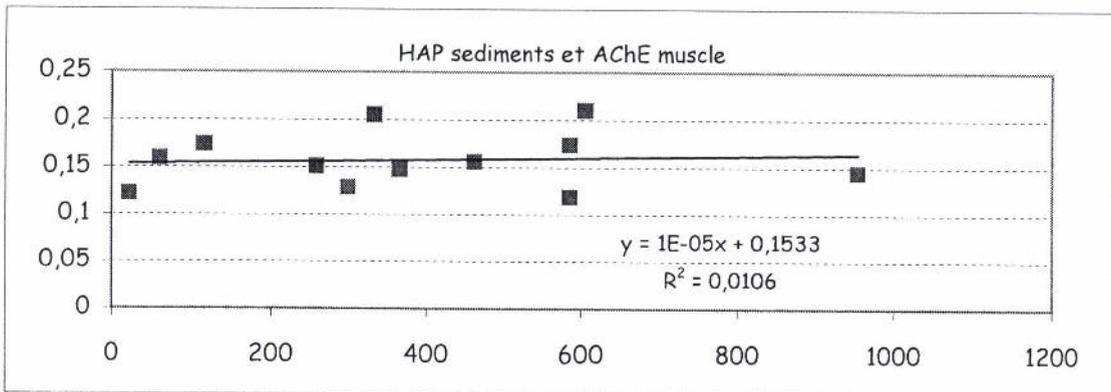
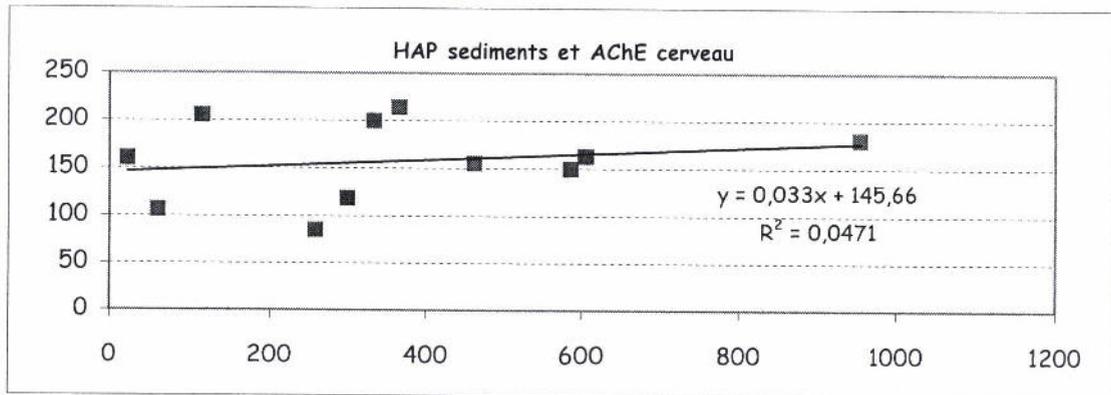
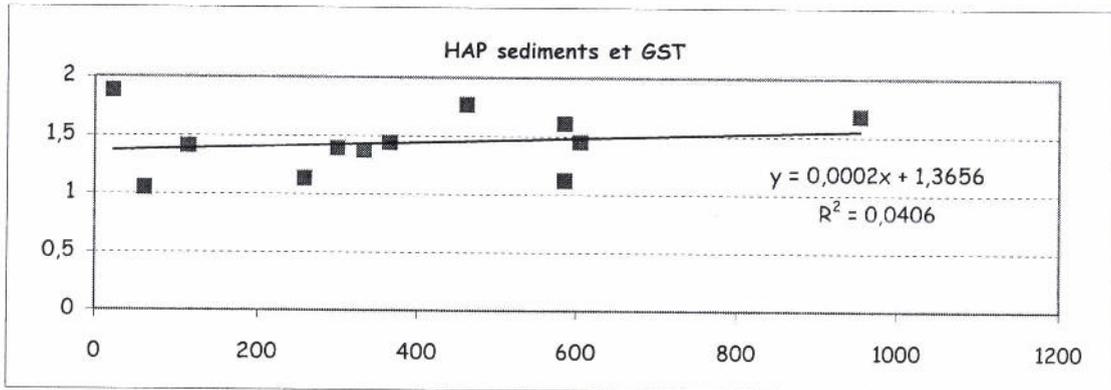
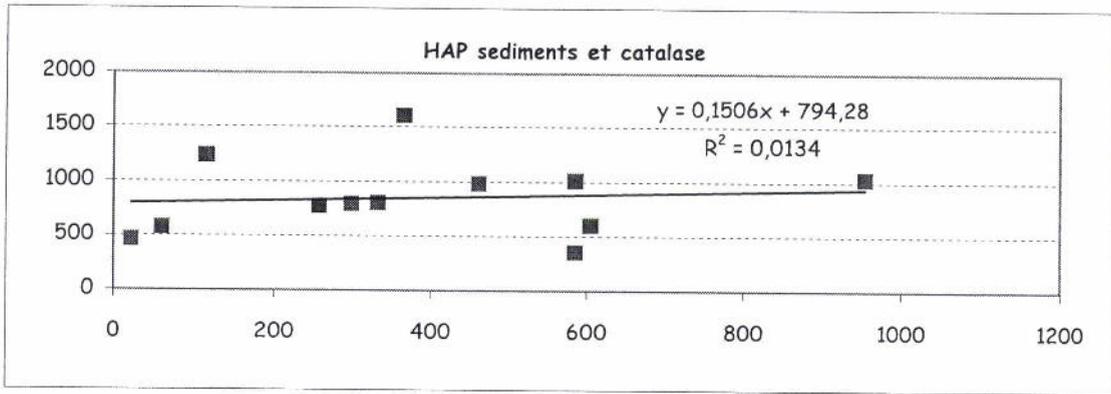
	BaP bile	HAP foie	HAP muscle
BaP 380nm	1		
HAP foie	-0,08604	1	
HAP muscle	-0,16000	0,90035	1

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
BaP bile	7,48	5,01									
HAP foie	34,45	34,59	-0,08604	0,00740	-0,25907	0,80141	11	38,901921	-0,594352	7,9118525	-0,012455
HAP muscle	12,73	13,62	-0,16000	0,02560	-0,48626	0,63841	11	15,98330	-0,43514	8,23147	-0,05883
HAP foie	34,45	34,59									
BaP bile	7,48	5,01	-0,08604	0,00740	-0,25907	0,80141	11	7,91185	-0,01245	38,90192	-0,59435
HAP muscle	12,73	13,62	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	0,5143552	0,354465	5,3483036	2,286919
HAP muscle	12,73	13,62									
BaP bile	7,48	5,01	-0,16000	0,02560	-0,48626	0,63841	11	8,23147	-0,05883	15,98330	-0,43514
HAP foie	34,45	34,59	0,90035	0,81063	6,20697	0,00016	11	5,34830	2,28692	0,51436	0,35446

**HAP et biomarqueurs**

Stations	HAP sédiments	EROD	GST	AChE cerveau	AChE muscle	Catalase
Capelle Viaur	586	27,34	1,61	209,7	0,119	1013
St-André	366	40,38	1,44	214,1	0,148	1603
Le Fleix	334	103,78	1,37	199,5	0,205	804
La Garde	461	199,39	1,77	155,3	0,156	981
Lahontan	953	152,66	1,68	180,5	0,145	1031
Tauriac	118	60,93	1,41	205,2	0,174	1235
Pareloup	63	176,64	1,05	106,3	0,159	576
Clarac		161,39	0,94	77,14	0,146	694
Millau	258	158,73	1,13	84,9	0,151	775
Montespan	300	458,16	1,39	118,7	0,129	795
Capelle Viaur	586	72,08	1,12	149,5	0,174	355
Bourret	23	218,49	1,88	159,9	0,122	463
Rabastens	605	194,64	1,45	162,6	0,21	601

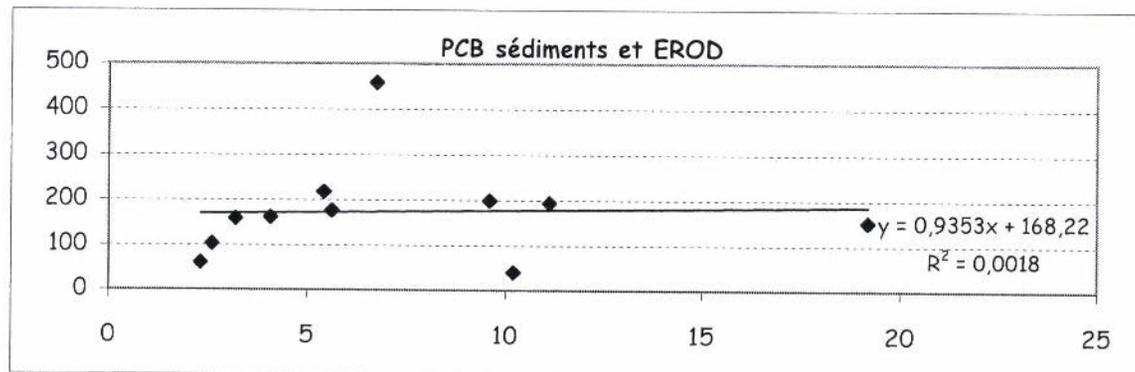
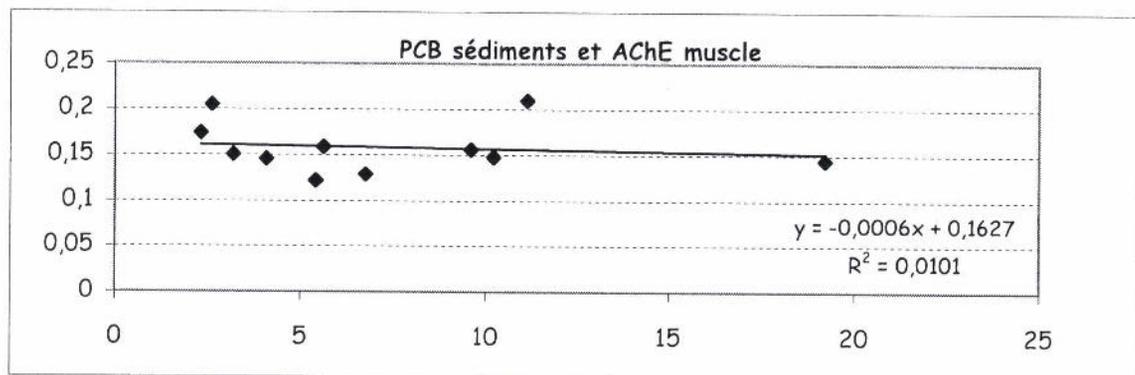
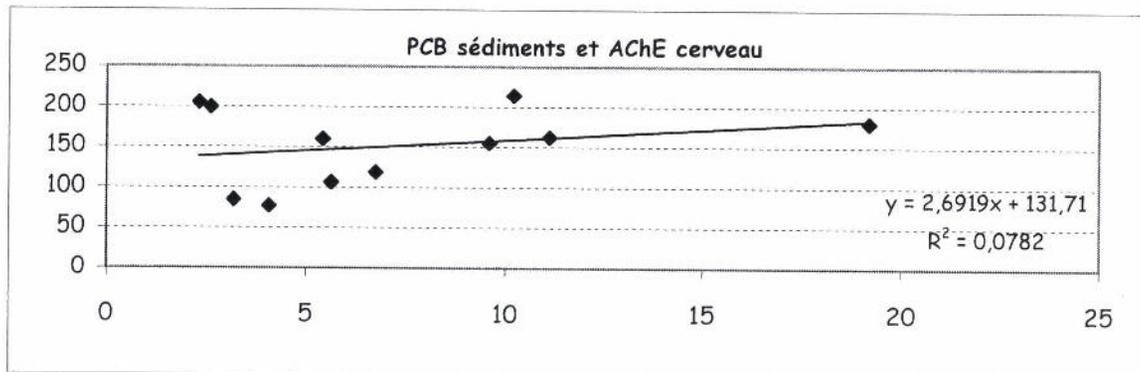
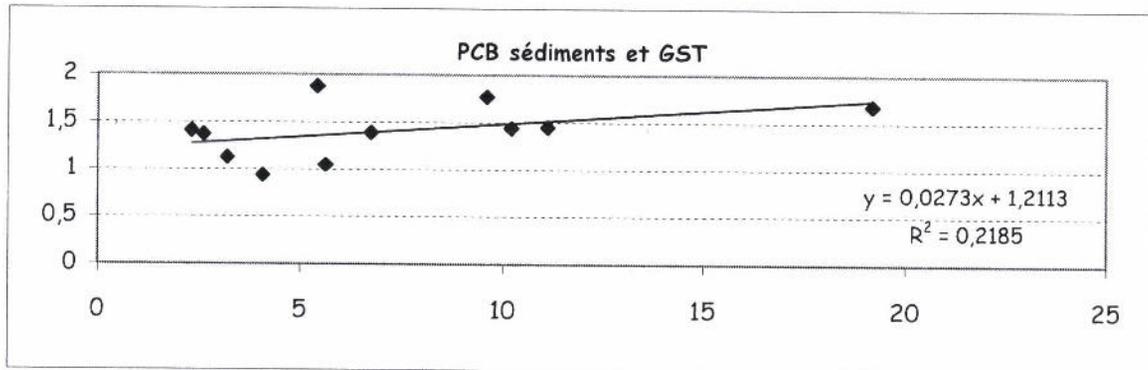
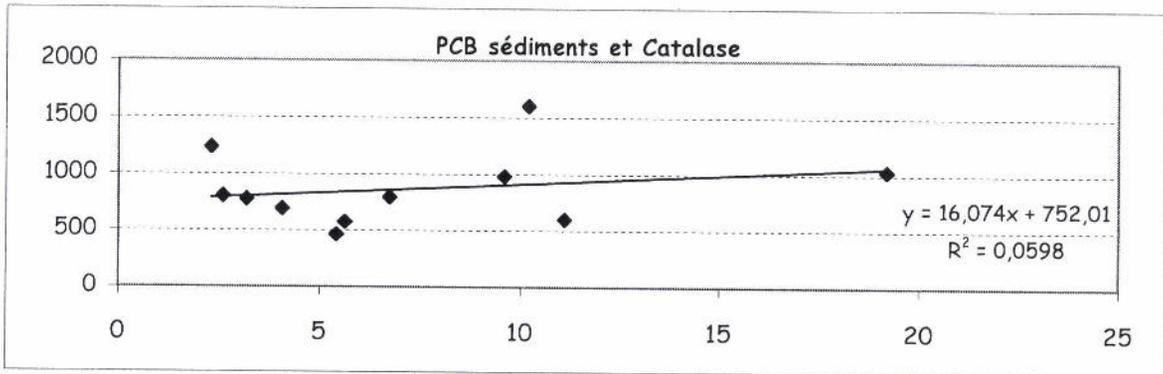
corrélation HAP sédiments et marqueurs biologiques



## PCB et biomarqueurs

Stations	PCB sédiments	EROD	GST	AChE cerveau	AChE muscle	Catalase
Capelle Viaur		27,34	1,61	209,7	0,119	1013
St-André	10,2	40,38	1,44	214,1	0,148	1603
Le Fleix	2,6	103,78	1,37	199,5	0,205	804
La Garde	9,6	199,39	1,77	155,3	0,156	981
Lahontan	19,2	152,66	1,68	180,5	0,145	1031
Tauriac	2,3	60,93	1,41	205,2	0,174	1235
Pareloup	5,6	176,64	1,05	106,3	0,159	576
Clarac	4,1	161,39	0,94	77,14	0,146	694
Millau	3,2	158,73	1,13	84,9	0,151	775
Montespan	6,7	458,16	1,39	118,7	0,129	795
Capelle Viaur		72,08	1,12	149,5	0,174	355
Bourret	5,4	218,49	1,88	159,9	0,122	463
Rabastens	11,1	194,64	1,45	162,6	0,21	601

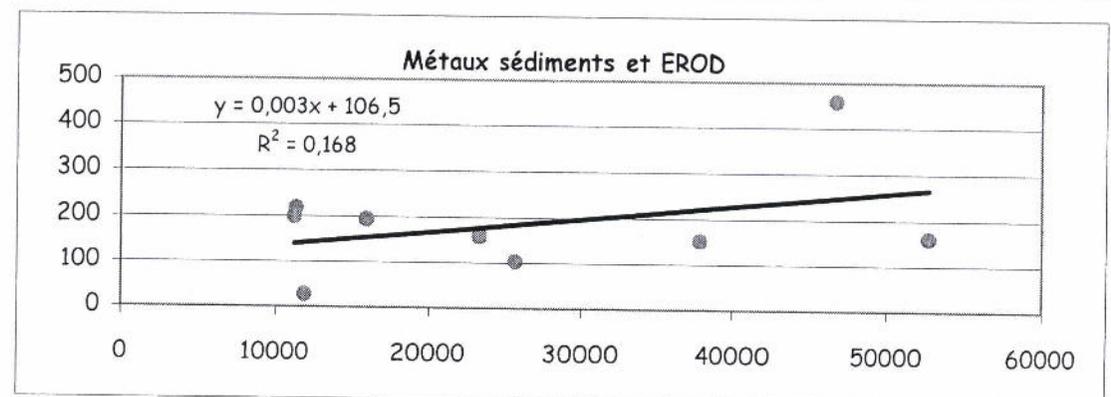
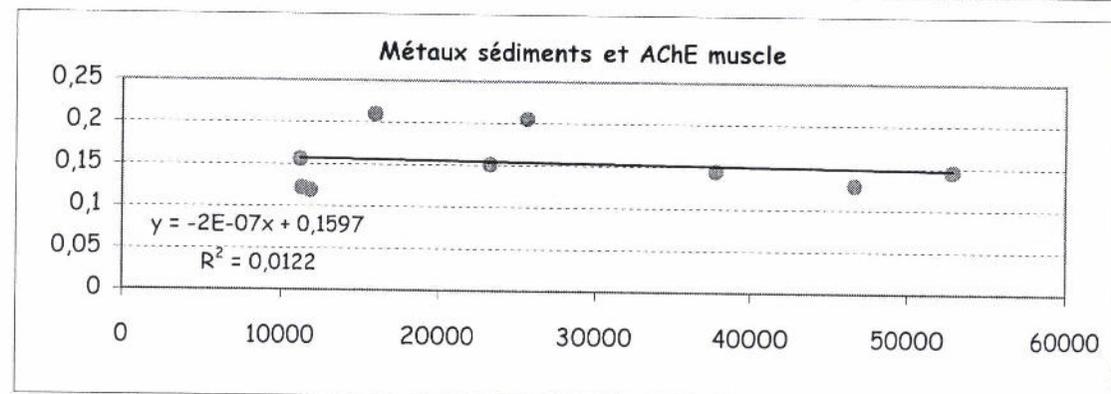
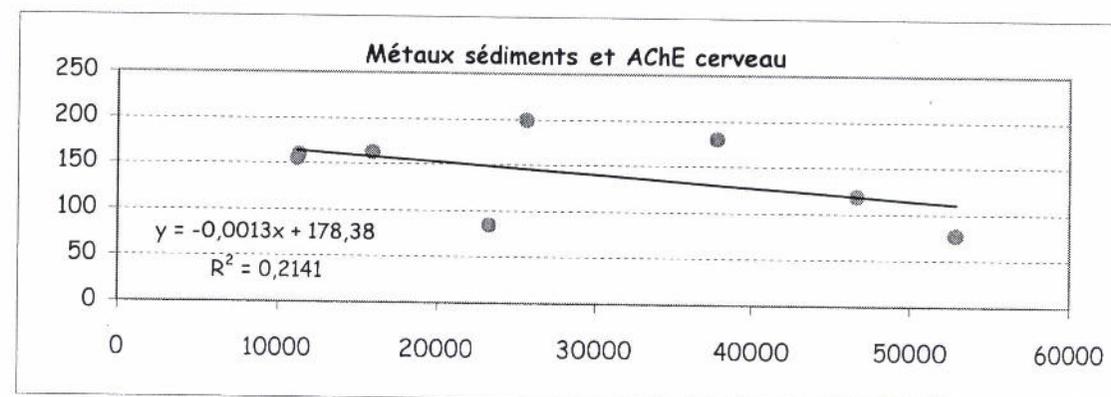
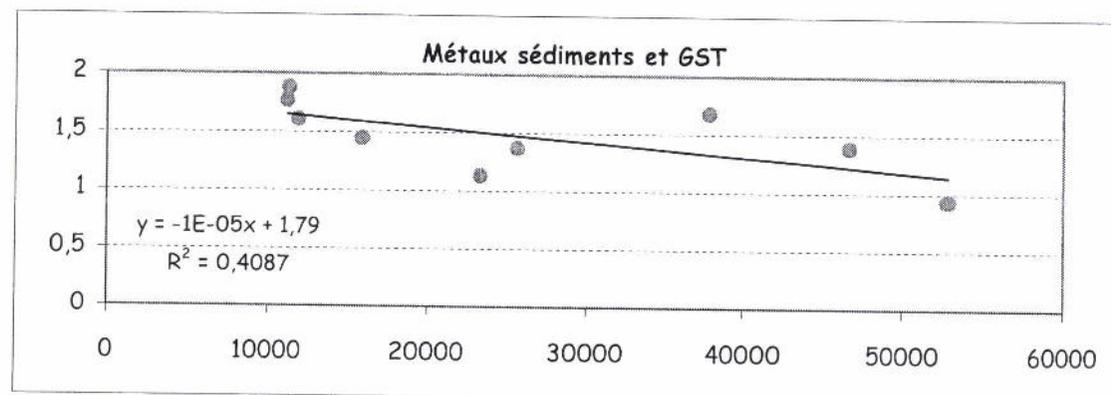
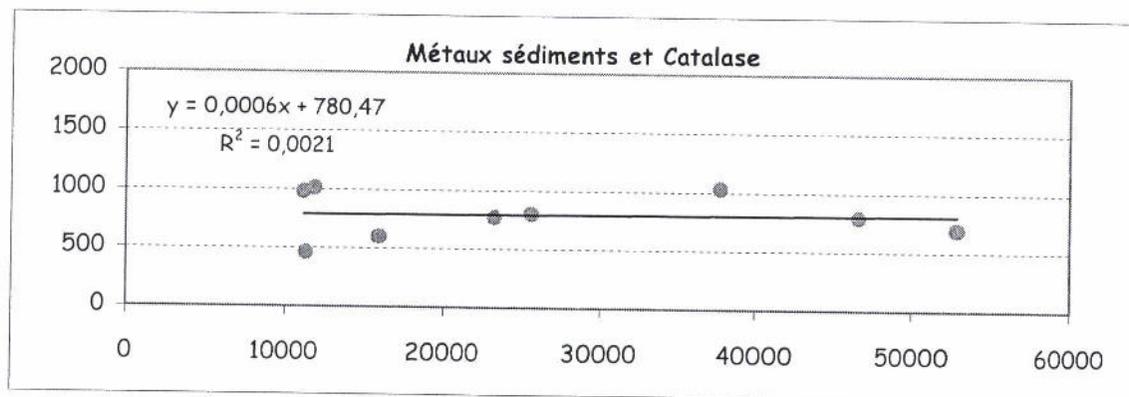
Corrélations PCB dans les sédiments et les marqueurs biologiques



## Métaux dans les sédiments et biomarqueurs

Stations	Métaux Sed	Catalase	GST	AChE cerveau	AChE muscle	EROD
Capelle Viaur	11928	1013	1,61	209,7	0,119	27,34
St-André		1603	1,44	214,1	0,148	40,38
Le Fleix	25743	804	1,37	199,5	0,205	103,78
La Garde	11212	981	1,77	155,3	0,156	199,39
Lahontan	37855	1031	1,68	180,5	0,145	152,66
Tauriac		1235	1,41	205,2	0,174	60,93
Pareloup		576	1,05	106,3	0,159	176,64
Clarac	52753	694	0,94	77,14	0,146	161,39
Millau	23313	775	1,13	84,9	0,151	158,73
Montespan	46513	795	1,39	118,7	0,129	458,16
Capelle Viaur		355	1,12	149,5	0,174	72,08
Bourret	11346	463	1,88	159,9	0,122	218,49
Rabastens	16015	601	1,45	162,6	0,21	194,64

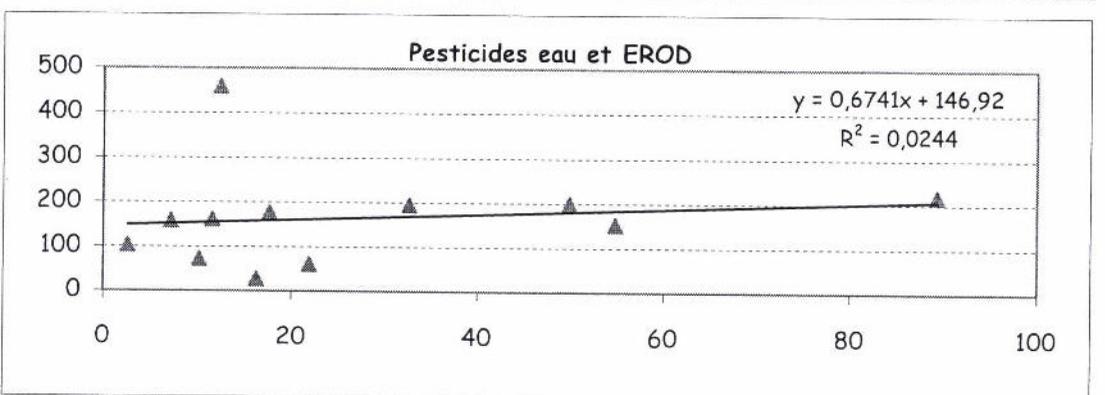
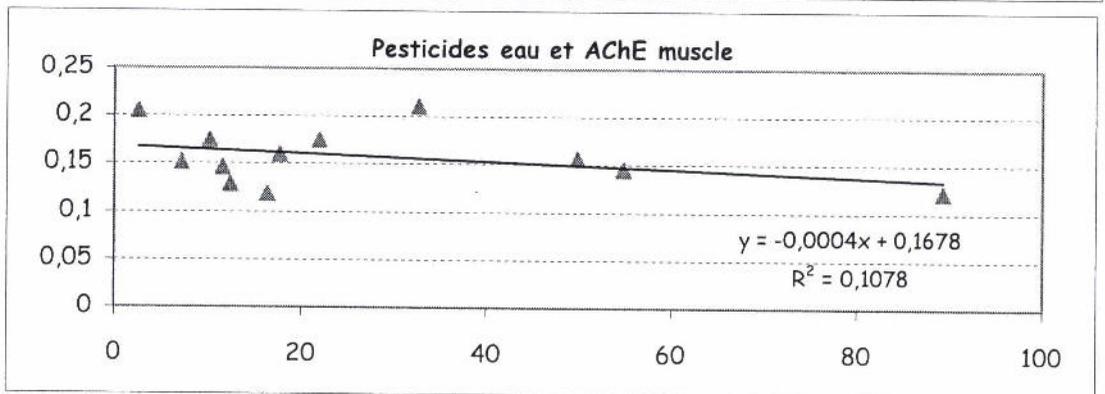
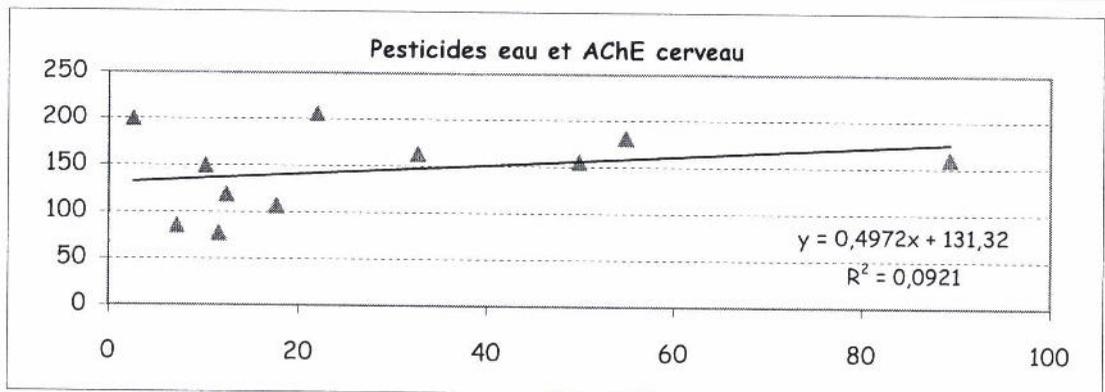
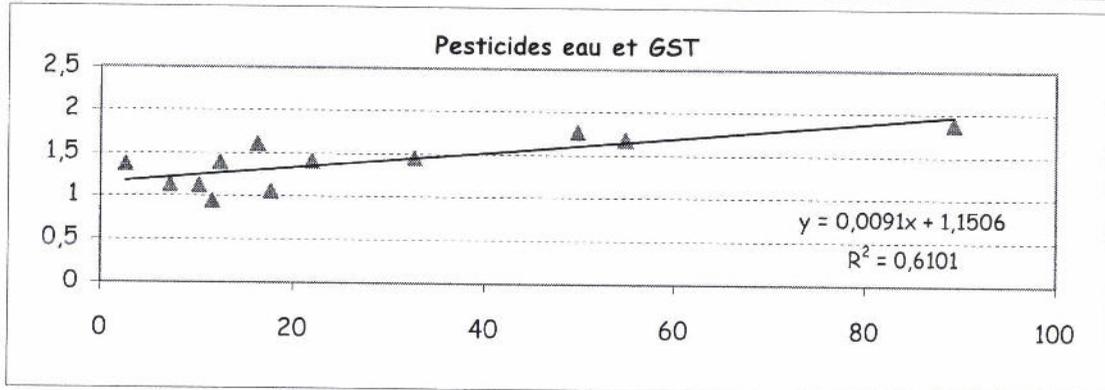
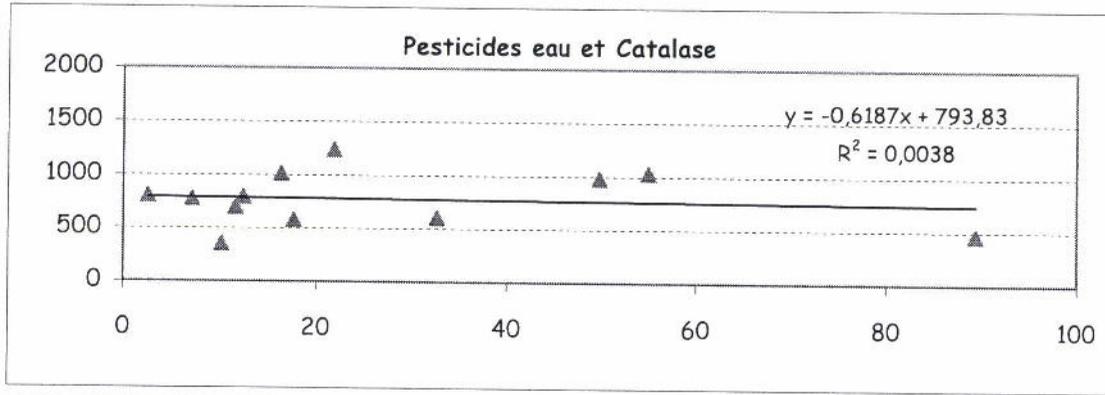
# Corrélations métaux dans les sédiments et marqueurs biochimiques



Pesticides dans l'eau et biomarqueurs

Stations	Pesticides eau	Catalase	GST	AChE cerveau	AChE muscle	EROD
Capelle Viaur	16,4	1013	1,61	209,7	0,119	27,34
St-André		1603	1,44	214,1	0,148	40,38
Le Fleix	2,6	804	1,37	199,5	0,205	103,78
La Garde	50	981	1,77	155,3	0,156	199,39
Lahontan	55	1031	1,68	180,5	0,145	152,66
Tauriac	21,9	1235	1,41	205,2	0,174	60,93
Pareloup	17,7	576	1,05	106,3	0,159	176,64
Clarac	11,8	694	0,94	77,14	0,146	161,39
Millau	7,3	775	1,13	84,9	0,151	158,73
Montespan	12,6	795	1,39	118,7	0,129	458,16
Capelle Viaur	10,4	355	1,12	149,5	0,174	72,08
Bourret	89,5	463	1,88	159,9	0,122	218,49
Rabastens	32,9	601	1,45	162,6	0,21	194,64

corrélations Pesticides dans l'eau et marqueurs biologiques



## Coirrélations entre les polluants de l'eau et des sédiments et les activités enzymatiques

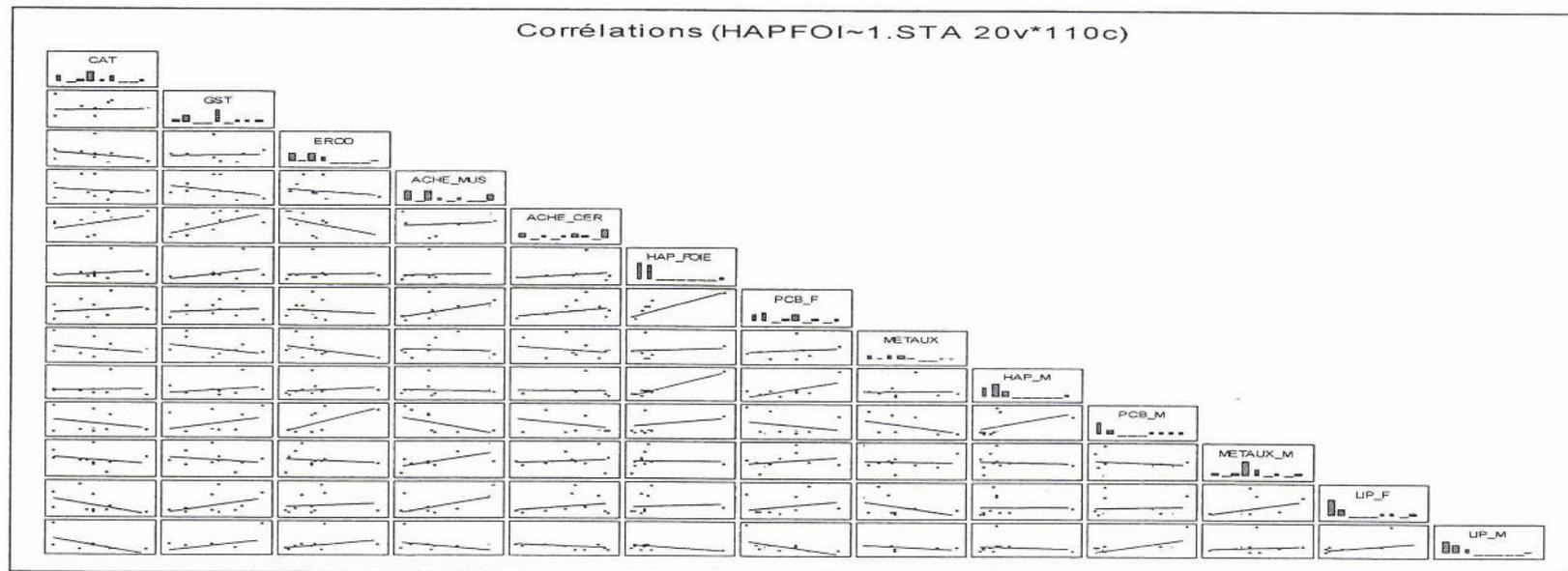
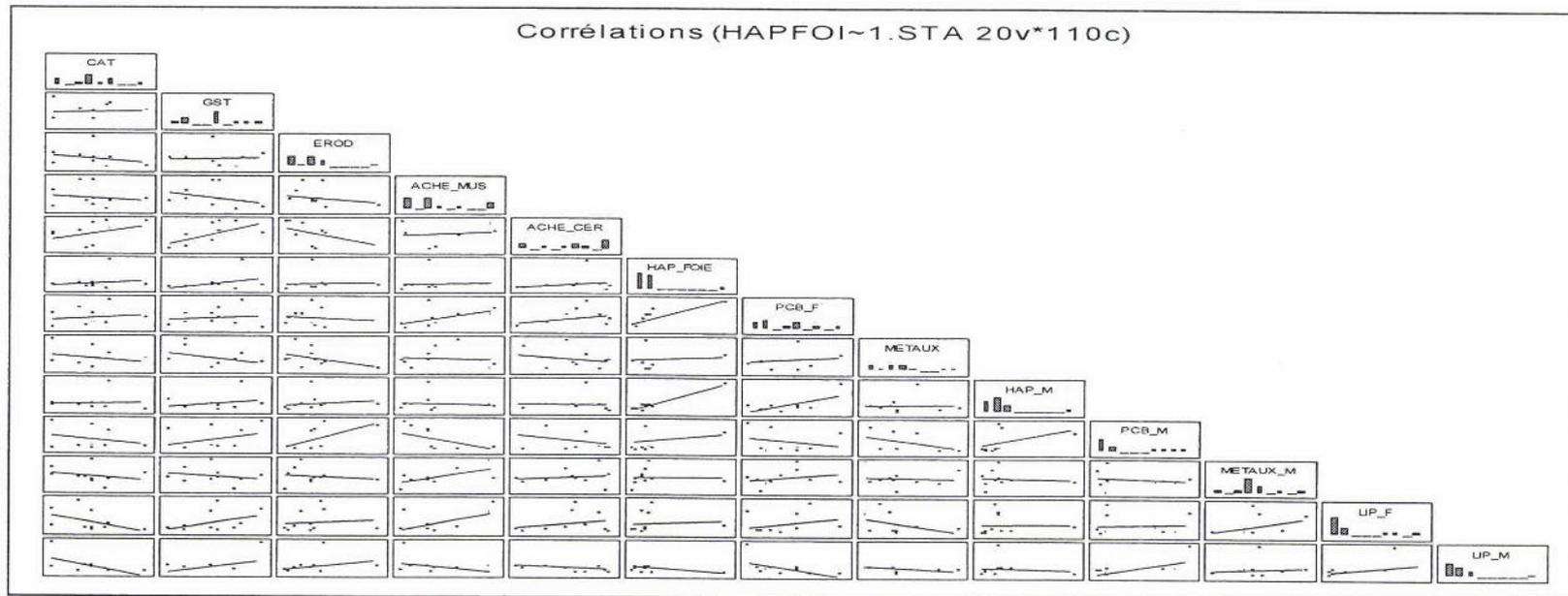
Corrélations (corr sed -enz.sta)

Corrélations significatives marquées à p < .05000

(Suppression des Observ. à VM)

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
<b>Pesticides EAU</b>	29,4875	29,0073									
Catalase foie	715,875	240,5930	-0,1390	0,0193	-0,3438	0,7427	8	749,8665	-1,1527	41,4830	-0,0168
GST foie	<b>1,4000</b>	<b>0,3204</b>	<b>0,8150</b>	<b>0,6642</b>	<b>3,4446</b>	<b>0,0137</b>	8	<b>1,1346</b>	<b>0,0090</b>	<b>-73,8210</b>	<b>73,7918</b>
EROD foie	180,1863	128,7313	0,0712	0,0051	0,1749	0,8669	8	170,8642	0,3161	26,5952	0,0161
ACHE muscle	0,1495	0,0302	-0,2039	0,0416	-0,5103	0,6281	8	0,1558	-0,0002	58,7325	-195,6186
ACHE cerveau	129,1750	39,1680	<b>0,6721</b>	0,4517	2,2234	<b>0,0679</b>	8	102,4140	0,9075	-34,8101	0,4978
Lipides foie	16,1250	6,6641	0,6198	0,3842	1,9347	0,1012	8	11,9261	0,1424	-14,0163	2,6979
Lipides muscles	11,7500	8,4979	0,6971	0,4860	2,3817	0,0546	8	5,7279	0,2042	1,5275	2,3796
<b>PCB Sédiments</b>	22,2125	26,289022									
Catalase foie	715,875	240,59298	-0,00091672	8,4038E-07	-0,0022455	0,99828115	8	716,061356	-0,00838968	22,2842077	-0,00010017
GST foie	1,4	0,32035694	0,02079619	0,00043248	0,05095108	0,96101838	8	1,39437087	0,00025342	19,8233018	1,70657016
EROD foie	180,18625	128,731293	-0,64473555	0,41568393	-2,06601431	0,0843514	8	250,313815	-3,15712166	45,9368085	-0,13166548
ACHE muscle	0,1495	0,03024188	-0,01693558	0,00028681	-0,04148948	0,96825186	8	0,14993274	-1,9482E-05	24,4134333	-14,7219619
ACHE cerveau	129,175	39,1679807	0,0737342	0,00543673	0,18110415	0,86224865	8	126,734813	0,10985649	15,8197063	0,0494894
Lipides foie	16,125	6,66413642	-0,24227275	0,05869609	-0,61166731	0,56320118	8	17,4891793	-0,06141494	37,6236429	-0,95572979
Lipides muscles	11,75	8,4978989	-0,31140289	0,09697176	-0,80268952	0,45276808	8	13,9859249	-0,10066066	33,5318991	-0,96335312
<b>HAP Sédiments</b>	622,375	507,30913									
Catalase foie	715,875	240,59298	0,2225523	0,04952953	0,55916297	0,59628833	8	650,185719	0,10554614	286,437088	0,46926895
GST foie	1,4	0,32035694	-0,50352483	0,25353726	-1,42755369	0,20333112	8	1,59789485	-0,00031797	1738,69182	-797,369154
EROD foie	180,18625	128,731293	-0,27167017	0,07380468	-0,69145876	0,51512667	8	223,091016	-0,06893716	815,283846	-1,07060803
ACHE muscle	0,1495	0,03024188	0,15424063	0,02379017	0,38238675	0,71535285	8	0,14377748	9,1946E-06	235,559513	2587,39456
ACHE cerveau	129,175	39,1679807	-0,26416362	0,06978242	-0,67089779	0,52725329	8	141,868566	-0,02039537	1064,34519	-3,42148392
Lipides foie	16,125	6,66413642	-0,26217027	0,06873325	-0,6654601	0,53049105	8	18,2684175	-0,00344393	944,19421	-19,9577805
Lipides muscles	11,75	8,4978989	-0,41485472	0,17210444	-1,1168218	0,30678732	8	16,0750094	-0,0069492	913,37636	-24,7660732
<b>Métaux Sédiments</b>	24981,035	18739,574									
Catalase foie	715,875	240,59298	0,46344284	0,21477926	1,28107902	0,24745006	8	567,237004	0,00595003	-860,013622	36,0971519
GST foie	1,4	0,32035694	-0,27865211	0,077647	-0,71070503	0,50394289	8	1,51900007	-4,7636E-06	47801,0514	-16300,0117
EROD foie	180,18625	128,731293	0,546308	0,29845243	1,59766095	0,16123303	8	86,4360071	0,00375286	10651,4112	79,5267328
ACHE muscle	0,1495	0,03024188	-0,24640794	0,06071687	-0,62277629	0,55634585	8	0,15943377	-3,9765E-07	47807,9275	-152688,244
ACHE cerveau	129,175	39,1679807	-0,34684692	0,12030279	-0,90583034	0,39993791	8	147,285054	-0,00072495	46417,0893	-165,945844
Lipides foie	16,125	6,66413642	-0,37232838	0,13862842	-0,98266727	0,36372014	8	19,432659	-0,00013241	41863,7269	-1046,98864
Lipides muscles	11,75	8,4978989	-0,14744818	0,02174097	-0,36516413	0,72751559	8	13,4203277	-6,6864E-05	28801,5811	-325,152859

Coirrélations entre les polluants de l'eau et des sédiments et les activités enzymatiques



**Corréations entre les activités enzymatiques et les taux de polluants dans les tissus**

Corréations

Corréations significatives marquées à  $p < .05000$   
13 (Suppression des Observ. à VM)

	PCB Foie	
CAT	0,2676	p=0.377
GST	0,3511	p=0.240
EROD	-0,1053	p=0.732
ACHE muscle	0,4676	p=0.107
ACHE cerveau	0,3951	p=0.182

Corréations (hap foie-enz.sta)

Corréations significatives marquées à  $p < .05000$   
N=13 (Suppression des Observ. à VM)

	HAP foie	
CAT	0,1196	p=0.697
GST	0,3236	p=0.281
EROD	0,0801	p=0.795
ACHE muscle	0,0361	p=0.907
ACHE cerveau	0,1688	p=0.581

Corréations (hap foie-enz.sta)

Corréations significatives marquées à  $p < .05000$   
N=10 (Suppression des Observ. à VM)

	Catalase	HAP Foie	PCB Foie	Métaux Foie	HAP Muscle	PCB Muscle	Métaux Muscle	Lipides Foie	Lipides Muscle
Catalase	1,00								
HAP Foie	0,17	1,00							
PCB Foie	0,16	<b>0,82</b>	1,00						
Métaux Foie	-0,23	0,10	0,14	1,00					
HAP Muscle	0,05	<b>0,93</b>	<b>0,64</b>	0,04	1,00				
PCB Muscle	-0,24	0,22	-0,24	-0,37	0,46	1,00			
Métaux Muscle	-0,25	0,00	0,26	-0,06	-0,07	-0,16	1,00		
Lipides Foie	-0,45	0,09	0,26	-0,41	0,01	0,06	0,35	1,00	
Lipides Muscle	-0,61	-0,23	-0,54	-0,19	-0,08	<b>0,66</b>	0,10	0,35	1,00

Corréations (hap foie-enz.sta)

Corréations significatives marquées à  $p < .05000$   
N=10 (Suppression des Observ. à VM)

	GST	HAP Foie	PCB Foie	Métaux Foie	HAP Muscle	PCB Muscle	Métaux Muscle	Lipides Foie	Lipides Muscle
GST	1,00								
HAP Foie	0,37	1,00							
PCB Foie	0,12	<b>0,82</b>	1,00						
Métaux Foie	-0,33	0,10	0,14	1,00					
HAP Muscle	0,24	<b>0,93</b>	<b>0,64</b>	0,04	1,00				
PCB Muscle	0,34	0,22	-0,24	-0,37	0,46	1,00			
Métaux Muscle	-0,21	0,00	0,26	-0,06	-0,07	-0,16	1,00		
Lipides Foie	0,41	0,09	0,26	-0,41	0,01	0,06	0,35	1,00	
Lipides Muscle	0,41	-0,23	-0,54	-0,19	-0,08	<b>0,66</b>	0,10	0,35	1,00

### Corréations entre les activités enzymatiques et les taux de polluants dans les tissus

Corréations (hap foie-enz.sta)

Corréations significatives marquées à  $p < .05000$

N=10 (Suppression des Observ. à VM)

	HAP Foie	PCB Foie	Métaux Foie	HAP Muscle	PCB Muscle	Métaux Muscle	Lipides Foie	Lipides Muscle
Catalase	0,166	0,159	-0,227	0,052	-0,241	-0,248	-0,447	-0,608
GST	0,369	0,118	-0,332	0,240	0,343	-0,213	0,414	0,413
EROD	0,049	-0,127	-0,391	0,166	<b>0,661</b>	-0,129	0,099	0,311
ACHE Muscle	0,057	0,547	-0,084	-0,082	-0,540	<b>0,653</b>	0,575	-0,372
ACHE Cerveau	0,232	0,340	-0,250	-0,010	-0,303	0,154	0,241	-0,158

Corréations (HAPFOI~1.STA 20v\*110e)



Corréations (hap foie-enz.sta)

Corréations significatives marquées à  $p < .05000$

N=10 (Suppression des Observ. à VM)

	HAP Foie	PCB Foie	Métaux Foie	HAP Muscle	PCB Muscle	Métaux Muscle	Lipides Foie	Lipides Muscle
Catalase	0,1664	0,15949	-0,22749	0,0522362	-0,240755	-0,247751	-0,447403	-0,60769
GST	0,3689	0,11844	-0,33238	0,2398366	0,34346	-0,213408	0,414122866	0,4128127
EROD	0,0489	-0,127	-0,39092	0,1664163	<b>0,6607222</b>	-0,128644	0,098822716	0,3112226
ACHE Muscle	0,0575	0,54733	-0,08411	-0,082092	-0,539862	<b>0,6526353</b>	0,574701296	-0,371811
ACHE Cerveau	0,232	0,33971	-0,24978	-0,009828	-0,30289	0,1538073	0,241481682	-0,158497

### Corrélations entre les activités enzymatiques et les taux de polluants dans les tissus

Corrélations (hap foie-enz.sta)

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

10 (Suppression des Observ. à VM)

	HAP Foie	PCB Foie	Métaux Foie	HAP Muscle	PCB Muscle	Métaux Muscle	Lipides Foie	Lipides Muscle
Catalase	0,1664 p=.646	0,1595 p=.660	-0,2275 p=.527	0,0522 p=.886	-0,2408 p=.503	-0,2478 p=.490	-0,4474 p=.195	-0,6077 p=.062
GST	0,3689 p=.294	0,1184 p=.745	-0,3324 p=.348	0,2398 p=.505	0,3435 p=.331	-0,2134 p=.554	0,4141 p=.234	0,4128 p=.236
EROD	0,0489 p=.893	-0,127 p=.727	-0,3909 p=.264	0,1664 p=.646	<b>0,6607</b> p=.038	-0,1286 p=.723	0,0988 p=.786	0,3112 p=.381
ACHE Muscle	0,0575 p=.875	0,5473 p=.102	-0,0841 p=.817	-0,0821 p=.822	-0,5399 p=.107	<b>0,6526</b> p=.041	0,5747 p=.082	-0,3718 p=.290
ACHE Cerveau	0,232 p=.519	0,3397 p=.337	-0,2498 p=.486	-0,0098 p=.979	-0,3029 p=.395	0,1538 p=.671	0,2415 p=.501	-0,1585 p=.662

Corrélations (corr sed -enz.sta)

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

N=8 (Suppression des Observ. à VM)

	Foie			Muscle	Cerveau	Foie	Muscle
	Catalase	GST	EROD	AChE	AChE	Lipides	lipides
Pesticides EAU	-0,139	<b>0,81496</b>	0,07124	-0,203944	<i>0,67211</i>	0,6198173	0,697113388
PCB Sédiments	-0,0009	0,0208	-0,64474	-0,016936	0,0737342	-0,242273	-0,31140289
HAP Sédiments	0,2226	-0,5035	-0,27167	0,1542406	-0,264164	-0,26217	-0,41485472
Métaux Sédiments	0,4634	-0,2787	0,54631	-0,246408	-0,346847	-0,372328	-0,14744818

Corrélations (corr sed -enz.sta)

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$

8 (Suppression des Observ. à VM)

	Foie			Muscle	Cerveau	Foie	Muscle
	Catalase	GST	EROD	AChE	AChE	Lipides	lipides
Pesticides EAU	-0,139 p=.743	<b>0,815</b> p=.014	0,0712 p=.867	-0,2039 p=.628	<i>0,6721</i> p=.068	<i>0,6198</i> p=.101	<i>0,6971</i> p=.055
PCB Sédiments	-0,0009 p=.998	0,0208 p=.961	-0,6447 p=.084	-0,0169 p=.968	0,0737 p=.862	-0,2423 p=.563	-0,3114 p=.453
HAP Sédiments	0,2226 p=.596	-0,5035 p=.203	-0,2717 p=.515	0,1542 p=.715	-0,2642 p=.527	-0,2622 p=.530	-0,4149 p=.307
Métaux Sédiments	0,4634 p=.247	-0,2787 p=.504	<i>0,5463</i> p=.161	-0,2464 p=.556	-0,3468 p=.400	-0,3723 p=.364	-0,1474 p=.728

## Corrélations entre les Enzymes et les polluants chez les poissons

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$   
(Suppression des Observ. à VM)

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
Catalase	763,5	421,93									
HAP Foie	34,4	36,271	0,166397	0,027688	0,477296	0,645918	10	23,4788	0,0143	696,9133	1,935661
PCB Foie	128,8	72,862	0,159491	0,025437	0,456958	0,659854	10	107,772	0,02754	644,541	0,923595
Métaux Foie	943,9	402,08	-0,22749	0,051753	-0,66077	0,527323	10	1109,42	-0,21679	988,8351	-0,23873
HAP Muscle	14	13,848	0,052236	0,002729	0,147948	0,886045	10	12,691	0,00171	741,2184	1,591541
PCB Muscle	81	63,554	-0,24075	0,057963	-0,70159	0,502828	10	108,687	-0,03626	892,9681	-1,59837
Métaux Muscle	74,37	24,029	-0,24775	0,061381	-0,7233	0,490103	10	85,1424	-0,01411	1087,039	-4,35039
Lipides Foie	16,2	6,4256	-0,4474	0,200169	-1,41496	0,194803	10	21,4021	-0,00681	1239,429	-29,3784
Lipides Muscle	11	7,7889	-0,60769	0,369287	-2,16427	0,062373	10	19,5649	-0,01122	1125,614	-32,9194

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
GST	1,401	0,283									
HAP Foie	34,4	36,271	0,368942	0,136118	1,122732	0,294113	10	-31,844	47,2832	1,30197	0,002879
PCB Foie	128,8	72,862	0,118444	0,014029	0,337384	0,744509	10	86,0795	30,4929	1,341743	0,00046
Métaux Foie	943,9	402,08	-0,33238	0,110476	-0,99678	0,348061	10	1605,46	-472,207	1,621832	-0,00023
HAP Muscle	14	13,848	0,239837	0,057522	0,698755	0,504508	10	-2,4414	11,7355	1,332379	0,004902
PCB Muscle	81	63,554	0,34346	0,117965	1,034375	0,331214	10	-27,055	77,1269	1,277111	0,001529
Métaux Muscle	74,37	24,029	-0,21341	0,045543	-0,61784	0,553856	10	99,7545	-18,1189	1,587935	-0,00251
Lipides Foie	16,2	6,4256	0,414123	0,171498	1,286848	0,234132	10	3,02742	9,40227	1,105511	0,01824
Lipides Muscle	11	7,7889	0,412813	0,170414	1,281939	0,235765	10	-4,9167	11,361	1,236	0,015

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
EROD	158,765	123,09									
HAP Foie	34,4	36,271	0,048885	0,00239	0,138433	0,893319	10	32,113	0,01441	153,0582	0,165896
PCB Foie	128,8	72,862	-0,12696	0,016119	-0,36203	0,726705	10	140,732	-0,07515	186,3906	-0,21448
Métaux Foie	943,9	402,08	-0,39092	0,152819	-1,20128	0,263996	10	1146,64	-1,27696	271,7255	-0,11967
HAP Muscle	14	13,848	0,166416	0,027694	0,477353	0,64588	10	11,0275	0,01872	138,0565	1,479177
PCB Muscle	81	63,554	<b>0,66072</b>	<b>0,43655</b>	<b>2,48965</b>	<b>0,03754</b>	<b>10</b>	<b>26,838</b>	<b>0,34114</b>	<b>55,1114</b>	<b>1,279675</b>
Métaux Muscle	74,37	24,029	-0,12864	0,016549	-0,36691	0,723203	10	78,3571	-0,02511	207,7742	-0,65899
Lipides Foie	16,2	6,4256	0,098823	0,009766	0,280888	0,785924	10	15,381	0,00516	128,0975	1,893057
Lipides Muscle	11	7,7889	0,311223	0,09686	0,926272	0,381399	10	7,87336	0,01969	104,6631	4,918352

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
ACHE Muscle	0,1549	0,032									
HAP Foie	34,4	36,271	0,057452	0,003301	0,162768	0,874737	10	24,3001	65,2025	0,153159	5,06E-05
PCB Foie	128,8	72,862	0,547326	0,299566	1,849727	0,101519	10	-64,483	1247,79	0,123978	0,00024
Métaux Foie	943,9	402,08	-0,08411	0,007074	-0,23873	0,817315	10	1107,8	-1058,11	0,16121	-6,7E-06
HAP Muscle	14	13,848	-0,08209	0,006739	-0,23298	0,821629	10	19,5099	-35,5709	0,157552	-0,00019
PCB Muscle	81	63,554	-0,53986	0,291451	-1,81402	0,107229	10	247,292	-1073,55	0,17689	-0,00027
Métaux Muscle	<b>74,37</b>	<b>24,029</b>	<b>0,65264</b>	<b>0,42593</b>	<b>2,43632</b>	<b>0,0408</b>	<b>10</b>	<b>-1,636</b>	<b>490,68</b>	<b>0,09034</b>	<b>0,00087</b>
Lipides Foie	16,2	6,4256	0,574701	0,330282	1,986283	0,082245	10	-1,698	115,546	0,108593	0,002858
Lipides Muscle	11	7,7889	-0,37181	0,138244	-1,13286	0,290082	10	25,036	-90,6134	0,171682	-0,00153

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
ACHE Cerveau	155,671	48,884									
HAP Foie	34,4	36,271	0,23197	0,05381	0,674508	0,519001	10	7,60618	0,17212	144,9164	0,312634
PCB Foie	128,8	72,862	0,339713	0,115405	1,021609	0,336863	10	49,9769	0,50634	126,3152	0,227918
Métaux Foie	943,9	402,08	-0,24978	0,062392	-0,72962	0,486432	10	1263,73	-2,05452	184,3356	-0,03037
HAP Muscle	14	13,848	-0,00983	9,66E-05	-0,0278	0,978503	10	14,4334	-0,00278	156,1567	-0,03469
PCB Muscle	81	63,554	-0,30289	0,091743	-0,89893	0,39494	10	142,301	-0,39379	174,542	-0,23297
Métaux Muscle	74,37	24,029	0,153807	0,023657	0,440272	0,671394	10	62,6007	0,0756	132,4004	0,312904
Lipides Foie	16,2	6,4256	0,241482	0,058313	0,703843	0,5015	10	11,2587	0,03174	125,9099	1,837104
Lipides Muscle	11	7,7889	-0,1585	0,025121	-0,45404	0,661868	10	14,9313	-0,02525	166,6132	-0,99474

**Corrélations entre les Enzymes et les polluants dans l'eau et les sédiments**

Corrélations significatives marquées à  $p < .05000$   
(Suppression des Observ. à VM)

	Moyenne	Ec-Type	r(X,Y)	r <sup>2</sup>	t	p	N	Const. Dép. : Y	Pente Dép. : Y	Const. Dép. : X	Pente Dép. : X
<b>Pesticides EAU</b>	29,4875	29,007									
Catalase foie	715,875	240,59	-0,1390	0,0193	-0,3438	0,7427	8	750	-1,1527	41,4830	-0,0168
GST foie	<b>1,4</b>	<b>0,3204</b>	<b>0,8150</b>	<b>0,6642</b>	<b>3,4446</b>	<b>0,0137</b>	<b>8</b>	<b>1,1346</b>	<b>0,0090</b>	<b>-73,82</b>	<b>73,7918</b>
EROD foie	180,1863	128,73	0,0712	0,0051	0,1749	0,8669	8	170,86	0,3161	26,5952	0,0161
ACHE muscle	0,1495	0,0302	-0,2039	0,0416	-0,5103	0,6281	8	0,1558	-0,0002	58,7325	-195,62
ACHE cerveau	129,1750	39,17	<b>0,6721</b>	0,4517	2,2234	<b>0,0679</b>	8	102,41	0,9075	-34,8101	0,4978
Lipides foie	16,1250	6,6641	0,6198	0,3842	1,9347	0,1012	8	11,9261	0,1424	-14,0163	2,6979
Lipides muscles	11,7500	8,4979	0,6971	0,4860	2,3817	0,0546	8	5,7279	0,2042	1,5275	2,3796
<b>PCB Sédiments</b>	22,2125	26,289									
Catalase foie	715,875	240,59	-0,00092	8,4E-07	-0,00225	0,998281	8	716,061	-0,00839	22,28421	-0,0001
GST foie	1,4	0,3204	0,020796	0,000432	0,050951	0,961018	8	1,39437	0,00025	19,8233	1,70657
EROD foie	180,1863	128,73	-0,64474	0,415684	-2,06601	0,084351	8	250,314	-3,15712	45,93681	-0,13167
ACHE muscle	0,1495	0,0302	-0,01694	0,000287	-0,04149	0,968252	8	0,14993	-1,9E-05	24,41343	-14,722
ACHE cerveau	129,175	39,168	0,073734	0,005437	0,181104	0,862249	8	126,735	0,10986	15,81971	0,049489
Lipides foie	16,125	6,6641	-0,24227	0,058696	-0,61167	0,563201	8	17,4892	-0,06141	37,62364	-0,95573
Lipides muscles	11,75	8,4979	-0,3114	0,096972	-0,80269	0,452768	8	13,9859	-0,10066	33,5319	-0,96335
<b>HAP Sédiments</b>	622,375	507,31									
Catalase foie	715,875	240,59	0,222552	0,04953	0,559163	0,596288	8	650,186	0,10555	286,4371	0,469269
GST foie	1,4	0,3204	-0,50352	0,253537	-1,42755	0,203331	8	1,59789	-0,00032	1738,692	-797,369
EROD foie	180,1863	128,73	-0,27167	0,073805	-0,69146	0,515127	8	223,091	-0,06894	815,2838	-1,07061
ACHE muscle	0,1495	0,0302	0,154241	0,02379	0,382387	0,715353	8	0,14378	9,2E-06	235,5595	2587,395
ACHE cerveau	129,175	39,168	-0,26416	0,069782	-0,6709	0,527253	8	141,869	-0,0204	1064,345	-3,42148
Lipides foie	16,125	6,6641	-0,26217	0,068733	-0,66546	0,530491	8	18,2684	-0,00344	944,1942	-19,9578
Lipides muscles	11,75	8,4979	-0,41485	0,172104	-1,11682	0,306787	8	16,075	-0,00695	913,3764	-24,7661
<b>Métaux</b>											
<b>Sédiments</b>	24981,04	18740									
Catalase foie	715,875	240,59	0,463443	0,214779	1,281079	0,24745	8	567,237	0,00595	-860,0136	36,09715
GST foie	1,4	0,3204	-0,27865	0,077647	-0,71071	0,503943	8	1,519	-4,8E-06	47801,05	-16300
EROD foie	180,1863	128,73	0,546308	0,298452	1,597661	0,161233	8	86,436	0,00375	10651,41	79,52673
ACHE muscle	0,1495	0,0302	-0,24641	0,060717	-0,62278	0,556346	8	0,15943	-4E-07	47807,93	-152688
ACHE cerveau	129,175	39,168	-0,34685	0,120303	-0,90583	0,399938	8	147,285	-0,00072	46417,09	-165,946
Lipides foie	16,125	6,6641	-0,37233	0,138628	-0,98267	0,36372	8	19,4327	-0,00013	41863,73	-1046,99
Lipides muscles	11,75	8,4979	-0,14745	0,021741	-0,36516	0,727516	8	13,4203	-6,7E-05	28801,58	-325,153