

Alain ABARNOU

Février 2008 – Rapport Final DCN/BE

**IFREMER**

Rapport Final Etude AESN-IFREMER  
Contrat n° 05/1215652/BF du 27 juillet 2005

# **Distribution et Devenir de Contaminants Persistants dans les Ecosystèmes Littoraux.**

**Comparaison Manche Ouest  
Manche Est**



**eau  
seine  
NORMANDIE**

Agence de l'eau

IFREMER - Centre de Brest - BP 70 - 29280 PLOUZANE

**DISTRIBUTION ET DEVENIR DE CONTAMINANTS PERSISTANTS  
DANS LES ECOSYSTEMES LITTORAUX.  
COMPARAISON MANCHE OUEST-MANCHE EST**

**Rapport final**

**ETUDE AESN-IFREMER**  
**Contrat N° 05/1215652/BF du 27 juillet 2005**

**Alain ABARNOU**  
IFREMER Centre de Brest  
DEPARTEMENT BIOGEOCHIMIE ET  
ECOTOXICOLOGIE  
BP70 - 29280 Plouzané

Avec la contribution de  
**Jean DUCHEMIN**  
AESN-Eau et Santé  
21 Rue de l'Homme de bois  
14600 - Honfleur

## SOMMAIRE

<b>Liste des tableaux</b>	<b>p 3</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>p 5</b>
<b>Résumé</b>	<b>p 7</b>
<b>I. – INTRODUCTION</b>	<b>p 12</b>
I.1. Le choix des contaminants : les POP et les HAP.	p 13
I.2. Le littoral bas normand, une zone très contrastée du point de vue de la contamination	p 14
I..3. Le choix des espèces.	p 15
<b>II. - MATERIEL ET METHODE</b>	<b>p 16</b>
II.1.- Les prélèvements	p16
II.2 - Méthodes analytiques	p 20
II.2.1. - Analyse des métaux	p 20
II.2.2. - Analyse des polluants organiques persistants	p 21
II.2.3. - Analyse des phtalates et des alkyls-phénols	p 22
<b>III. - RESULTATS ET DISCUSSION</b>	<b>p 23</b>
III.1.- Contamination des organismes du littoral Bas Normand par les métaux.	p 23
III.1.1. - Contamination des moules par les métaux	p 23
III.1.2. - Contamination des poissons par les métaux	p 28
III.1.3. - Comparaison de la contamination par les métaux entre moules et poissons	p 29
III.1.4. - Evaluation de l'exposition aux métaux par la consommation de produits de la mer.	p 33
III.2.- Les contaminants organiques dans les organismes du littoral Bas Normand	p 38
III.2.1. - Les POP et les HAP dans les moules et les poissons : niveaux empreintes et exposition du consommateur	p 38
les PCB	p 42
- les dioxines, PCDD et PCDF	p 47
- les PCB de type dioxine	p 50
- Exposition aux PCB et dioxines	p 53
- les PBDE	p 58
- les HAP	p 65
III.2.2. - Les alkyls phénols et les phtalates	p 68
III.2.3. – Exposition du consommateur aux contaminants	p.78
III.2.4. - Devenir des contaminants organiques dans les réseaux trophiques	p 81

**IV - CONCLUSION**

**p 85**

**ANNEXES** liste des annexes 1 à 20

**p 89**

## LISTE DES TABLEAUX

Tab. 1 : Identification des prélèvements de moules	page 16
Tab. 2 : Caractéristiques des prélèvements de moules	p.17
Tab. 3 : Identification des prélèvements de crustacés et de poissons.	p.18
Tab. 4 : Performances analytiques pour les métaux dans les organismes	p.21
Tab. 5 : Concentrations des métaux dans les moules du littoral Normand	p.23
Tab. 6 : Concentrations des métaux dans les moules en mg.kg <sup>-1</sup> de matière sèche. Données RNO 2002-2004	p.24
Tab. 7 : Concentrations des métaux dans les moules en mg.kg <sup>-1</sup> de chair humide. Données RNO 2002-2004	p.24
Tab. 8 : Contaminants métalliques dans les mollusques du littoral français	p.27
Tab. 9 : Synthèse des mesures de concentrations (mg.kg <sup>-1</sup> de chair humide) en métaux dans les poissons.	p.28
Tab. 10 : Synthèse des mesures de concentrations (mg.kg <sup>-1</sup> p.h.) en métaux dans les poissons après exclusion de « valeurs aberrantes »	p.28
Tab. 11 : Evaluation de l'exposition aux métaux par la consommation de produits de la mer.	p.34
Tab. 12 : Contamination des moules par les POP et les HAP.	p.39
Tab.13 : Contamination des poissons par les POP et les HAP.	p.39
Tab.14 : Synthèse des mesures de PCB dans les moules et les poissons.	p.53
Tab.15 : Synthèse des mesures de PCB-DL dans les moules et les poissons.	p.53
Tab.16 : Evaluation des apports en PCB indicateurs par la consommation de poissons et mollusques.	p.54
Tab.17 : Synthèse des données de PCB-DL et dioxines exprimées en quantité toxique équivalente dans les moules	p.55
Tab.18 : Synthèse des données de PCB-DL et dioxines exprimées en quantité toxique équivalente dans les poissons.	p.55

Tab. 19 : Evaluation des apports en PCB et dioxines indicateurs par la consommation de poissons et mollusques selon l'approche TEQ.	p.56
Tab. 20 : Concentrations en PBDE mesurés dans les organismes côtiers	p.61
Tab. 21 : Concentrations en PBDE dans les organismes du littoral bas normand.	p.62
Tab. 22 : Concentrations en phtalates dans les organismes du littoral bas normand.	p.76
Tab.23 : Estimation de l'exposition aux phtalates	p.78
Tab.24 : Evaluation des expositions mensuelles aux contaminants dans le cas de forts consommateurs.	p.79

## LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Contamination en Cd, Hg et Pb dans les moules du littoral normand	p.25
Figure 2 : Contamination en Ag, Ni, Hg et Zn dans les moules du littoral normand.	p.26
Figure 3 : Contamination des organismes du littoral bas normand par l'argent	p. 29
Figure 4 : Contamination des organismes du littoral bas normand par le cadmium	p. 30
Figure 5 : Contamination des organismes du littoral bas normand par le cuivre	p. 30
Figure 6 : Contamination des organismes du littoral bas normand par le mercure	p. 31
Figure 7 : Contamination des organismes du littoral bas normand par le nickel	p. 31
Figure 8 : Contamination des organismes du littoral bas normand par le plomb	p. 32
Figure 9 : Contamination des organismes du littoral bas normand par le zinc	p. 32
Figure 10 : Comparaison des niveaux de PCB dans les moules. Etude AESN et RNO	p. 42
Figure 11 : Contamination des organismes du littoral bas normand par les PCB.	p. 42
Figure 12 : Empreintes des PCB: comparaison moules – poissons	p. 43
Figure 13 : Corrélations entre les concentrations des CB individuels dans les organismes du littoral Bas Normand	p. 43
Figure 14 : Concentrations en PCDD et PCDF (en ng.kg <sup>-1</sup> p.h.) dans les organismes du littoral bas normand.	p. 47
Figure 15 : Quantité toxique équivalente dans les organismes du littoral bas normand.	p. 48
Figure 16 : Corrélation entre les deux valeurs des TEQ	p. 48
Figure17 : Distribution des PCDD et des PCDF dans les organismes	p. 49
Figure18 : Contribution relative au TEQ des PCDD et des PCDF	p. 49
Figure 19 : Concentrations en PCB de type dioxine (PCB-DL) dans les organismes	p. 50
Figure 20 : PCB-DL exprimés en Quantité toxique équivalente (TEQ <sub>1998</sub> PCB-DL)	p. 50
Figure 21 : Corrélation entre les deux valeurs des TEQ calculées selon les TEF <sub>1998</sub> ou selon les TEF <sub>2006</sub> . 21 a- TEQ des PCB-DL, 21b- TEQ totale.	p. 51
Figure 22 : Distribution des PCB de type dioxine dans les moules et les poissons.	p. 51

Figure 23 : Contribution relative au TEQ des PCB-DL (normalisation par rapport au TEQ1998 PCB-DL)	p. 52
Figure 24 : Comparaison de l'évaluation de la consommation maximale selon les deux approches, (approche AFSSA par la somme des 6 CB indicateurs et l'approche TEQ).	p. 57
Figure 25 : Concentrations des PBDE ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.h.) dans les organismes du littoral bas normand. (S.PDE = Somme des BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183)	p. 60
Figure 26 : Distribution relative des PBDE dans les organismes du littoral bas normand.	p. 63
Figure 27 : Concentrations en HAP dans les moules du littoral normand	p. 67
Figure 28 : Concentrations en HAP dans les moules et les poissons du littoral normand	p. 67
Figure 29 : Distribution des phtalates dans les moules.	p. 77
Figure 30 : Distribution des phtalates dans les poissons.	p. 77
Figure 31 : Indice de métabolisation pour les PCB marqueurs.	p. 82
Figure 32 : Indice de métabolisation pour les HAP.	p. 82
Figure 33 : Indice de métabolisation pour les PCB-DL.	p. 82
Figure 34 : Indice de métabolisation pour les PCCD.	p. 83
Figure 35 : Indice de métabolisation pour les PCDF.	p. 83
Figure 36 : Indice de métabolisation pour les PBDE.	p. 83

## RESUME

Cette étude a pour objet de préciser la distribution de contaminants prioritaires dans les moules et dans quelques espèces de poissons du littoral de Basse Normandie.

Les prélèvements (40), répartis entre moules (17) et poissons (23), ont été réalisés pour la plupart en mars et en octobre 2006 en différentes zones du littoral Normand : estuaire de la Seine, zone 1 ; ouest baie de Seine, zone 2 et Ouest Cotentin, zone 3. Les paramètres qui ont été déterminés sont : les métaux toxiques (Cd, Hg, et Pb) l'argent et les oligo-éléments (Ag, Cu, Ni, Zn), des Polluants Organiques Persistants parmi lesquels les PCB « indicateurs », (PCB28, 52, 101,118, 138,153, et180) et les PCB de type dioxine (PCB77, 81, 126, 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, et 189), les dioxines (PCDD, polychloro dibenzo para dioxines, les 7 congénères substitués en position 2378 et les PCDF polychloro di benzo furannes, 10 congénères substitués en 2378), les retardateurs de flamme du groupe des Poly Bromo Diphényles Ethers (PBDE 28, 47, 99, 100, 153, 154, et 183), les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (quinze composés individuels) connus pour leur caractère cancérigène, et des substances reprotoxiques (perturbateurs endocriniens) comme les phtalates (7 molécules différemment substituées incluant le DEHP, diethyl hexyl phtalate), et certains alkyl-phénols : octyl et nonyl phénols, qui sont les métabolites finaux et persistants de détergents non ioniques du groupe des APE (alkyl-phénols poly éthoxylés).

**Pour les métaux toxiques** les concentrations mesurées dans les moules sont toujours bien en dessous des teneurs maximales admissibles fixées par la réglementation. Ces niveaux dans les moules sont en très bon accord avec ceux mesurés dans le cadre du RNO. Dans les moules provenant du voisinage immédiat de l'estuaire, les teneurs en argent sont particulièrement élevées (déjà mis en évidence par le RNO). La contamination par l'argent et dans une moindre mesure celle par le cadmium sont caractéristiques des apports de la Seine. Dans la chair de poisson, les teneurs en métaux sont généralement bien inférieures à celles mesurées dans les bivalves. Le mercure est une exception bien connue, les niveaux peuvent atteindre le maximum autorisé de  $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$  (poids humide) dans la chair des prédateurs comme les bars. En termes d'exposition, la consommation de produits de la mer ne contribue pas de façon importante à l'exposition humaine aux métaux. Le mercure constitue l'exception : les doses maximales admissibles peuvent être dépassées dans le cas de très gros consommateurs de poisson

Pour cette raison, de futures investigations devraient être encouragées pour préciser la présence de mercure dans les espèces estuariennes les plus consommées, avec une priorité aux espèces prédatrices de rang élevé. Enfin la présence d'argent dans les crustacés

devrait être précisée compte tenu de la contamination caractéristique de l'estuaire par l'argent et de la forte présence de cet élément dans les étrilles, mesuré dans un seul échantillon.

**Concernant les contaminants organiques**, les niveaux sont, à l'exception des PCB, bien en dessous des concentrations maximales admissibles en vigueur tant dans les mollusques que dans les poissons. Pour toutes ces substances, on observe systématiquement une décroissance des niveaux au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'embouchure de la Seine, et cela pour toutes les familles d'espèces considérées.

Les PCB (dont 7 PCB «indicateurs», majoritaires), contaminants caractéristiques de l'estuaire et de la Baie de Seine, présentent des teneurs élevées dans les moules, en accord avec celles mesurées dans le RNO : somme 7 PCB<sub>i</sub> = 480-1000 µg.kg<sup>-1</sup> p.h. en zone 1 ; 30-85 en zone 2 ; 9-18 en zone 3. Les niveaux sont plus variables dans les poissons, mais avec un gradient similaire par rapport à la distance à l'estuaire (zone 1 : 100-540, zone 2 : 10-25, zone 3 : 2-5 µg.kg<sup>-1</sup> p.h.). La distribution des PCB dans les moules et celle observée dans les poissons sont constantes et semblables ; le PCB 153, toujours largement prédominant, représente environ 40 % de la somme des 7 PCB indicateurs.

La contamination de l'estuaire par les PCB entraîne un dépassement de la TEQ totale (PCB-DL, PCDD/F et PCB-DL) admissible dans les produits de la mer (TEQ totale = 8 ng.kg<sup>-1</sup> p.h.) : soit entre 6,4 et 12,4 dans les moules de l'estuaire. Des valeurs élevées sont relevées dans un nombre limité de prélèvements de poissons.

Comme pour les PCB indicateurs les empreintes des PCB DL sont très semblables dans les moules et dans les poissons. Cette grande similarité des empreintes de PCB explique les corrélations entre différents congénères majoritaires et les valeurs du TEQ,

$$\begin{aligned} \text{TEQ estimée (ng.kg}^{-1}\text{)} &= 0,114 \times \text{CB153 (}\mu\text{g.kg}^{-1}\text{)} + 0,252 & R^2 &= 0,935 \\ \text{TEQ estimée (ng.kg}^{-1}\text{)} &= 0,238 \times \text{CB138 (}\mu\text{g.kg}^{-1}\text{)} + 0,166 & R^2 &= 0,928 \\ \text{TEQ estimée (ng.kg}^{-1}\text{)} &= 0,329 \times \text{CB118 (}\mu\text{g.kg}^{-1}\text{)} + 0,543 & R^2 &= 0,947 \end{aligned}$$

Ces corrélations permettraient l'estimation des Quantités Toxiques Equivalentes à partir des concentrations des congénères plus facilement mesurés.

Les dioxines, PCDD et PCDF, décelées dans les moules et les poissons restent toujours à des concentrations inférieures aux seuils admissibles (TEQ PCDD et PCDF = 4 ng.kg<sup>-1</sup> p.h.) soit dans les moules entre 1 et 2,2 pour la zone 1, entre 0,3 et 0,7 pour la zone 2 et entre 0,1 et 0,2 pour la zone 3. Dans les poissons les TEQ PCDD et PCDF (Quantités en Equivalent toxicité dioxine) les plus élevées sont mesurées dans les bars de la zone 1 (1,4 – 2,1 ng.kg<sup>-1</sup> p.h.) et sont à des niveaux insignifiants (< 0,1 ng.kg<sup>-1</sup> p.h.) dans la chair de poissons plats du Golfe Normano-breton. Les empreintes des dioxines, PCDD et PCDF, dans les moules diffèrent de

celles observées dans la chair de poisson. Les PCDF contribuent pour 60 à 90% dans les moules et pour 50 à 80% dans les poissons aux TEQ (PCDD-PCDF). Les composés les plus présents sont : OCDD > 2378-TCDF > 1234678-HpCDD dans les moules et 2378-TCDF > OCDD dans les poissons ce qui indique une métabolisation des PCDD plus efficace que celle des PCDF.

Les moules présentent des niveaux de contamination par les PBDE qui sont de près de deux ordres de grandeurs inférieurs à ceux des PCB : PBDE dans les moules de la zone 1 : 0,7 à 1,1  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h. et environ 0,1 - 0,2 pour dans les zones 2 et 3. Le PBDE47, composé largement dominant dans tous les échantillons, représente plus de la moitié de la somme des congénères de PBDE quantifiés.

Les HAP, très présents dans les moules de l'estuaire (somme des 15 HAP entre 40 et 55  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h., TEQ BaP (Benzo-a-pyrène, le plus mutagène-cancérogène) entre 5,4 et 9,3 , proche du maximum admissible de 10  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h) et à un niveau bien inférieur dans la baie et à l'ouest du Cotentin (somme des 15 HAP environ 5  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h., TEQ BaP < 1) sont, le plus souvent, à des niveaux indétectables dans la chair de poisson (TEQ max. admissible 2  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), ce qui est bien en accord avec le caractère métabolisable des HAP dans les organismes supérieurs.

Cette étude apporte quelques tout premiers résultats sur la présence de phtalates et d'alkyl-phénols dans les produits de la mer. Le DEHP (di ethyl hexyl phtalate) retenu comme contaminant prioritaire selon la DCE n'est pas systématiquement trouvé dans nos prélèvements (seuil 2  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h.; 16 résultats quantifiés sur 30 ; DEHP entre 2 et 120  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h.). La présence d'un autre phtalate, le di-iso-butyl phtalate, est rapportée dans 22 échantillons sur 30, à des concentrations très variables et parfois élevées, entre 10 et 1000  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h. En général les alkyls phénols ne sont pas quantifiables dans les produits analysés (5/ 30 le sont pour l'octyl phenol, et 2/30 pour les nonyl phénols). Ces constats corroborent des mesures effectuées récemment par l'AESN sur divers produits de la mer .

**En termes de processus agissant sur le transport trophique** des contaminants, la comparaison des empreintes de contamination entre moules qui accumulent les substances hydrophobes à partir des particules en suspension, et des poissons capables de les métaboliser, fait apparaître les différentes classes de substances :

- les composés fortement bioaccumulables sans dégradation notable parmi lesquels les PCB très substitués (PCB153, composé modèle)
- les composés biotransformables comme les HAP qui à l'image de BaP sont assez rapidement biotransformés par les organismes supérieurs.
- et ceux au comportement intermédiaire comme les dioxines (PCDD et PCDF)
- le cas des PBDE est assez particulier dans la mesure où la prépondérance du congénère tétrabromé PBDE47, bioaccumulé, s'explique

par la bio-transformation de composés possédant bien davantage d'atomes de brome.

**Concernant l'exposition aux contaminants**, la consommation de produits de la mer provenant de l'estuaire et de la baie de Seine entrainerait pour les gros consommateurs un dépassement des doses maximales admissibles pour les PCBi et PCB-DL mais pas pour les dioxines ni les HAP. Actuellement il n'existe pas de normes pour les PBDE, (sauf au Canada) mais compte tenu de leurs faibles niveaux de présence la consommation de produits de la mer n'entrainerait pas de risque pour la santé du consommateur du aux PBDE, en comparaison des autres sources d'exposition. Le tableau récapitulatif souligne le risque sanitaire du aux PCB en estuaire de Seine et dans une moindre mesure celui du mercure.

	VTR	dose mensuelle tolérable/	Baie de Seine		Ouest-Cotentin	
			apport mensuel en masse	en dose	apport mensuel en masse	en dose
Hg (Methyl-Hg)	DHT = 1,6 µg/kg p.c./semaine	411 µg	1238 µg	3,0	375 µg	0,9
Cd	DHT = 7 µg/kg p.c./semaine	1800 µg	169 µg	0,09	82 µg	0,05
Pb	DHT = 25 µg/kg p.c./semaine	6428 µg	1800 µg	0,28	810 µg	0,1
Dioxines	DMT = 70pg TEQ /kg p.c./mois	4200 pg TEQ	1987 pg	0,47	195 pg	0,05
Dioxines+PCB-DL	DMT = 70pg TEQ /kg p.c./mois	4200 pg TEQ	34987 pg TEQ	8,3	1320 pg TEQ	0,3
PCB-NDL (7CB)	DJA = 10 ng/kg p.c./jour	18000 ng	1020000 ng	56,7	19500 ng	1,1
PBDE	DJA = 0,8 mg/kg p.c./vie (Canada)	80000 ng	9750 ng	0,012	600 ng	0,0008
HAP	DVS = 5ng BaP/kg p.c./jour	9000 ng	6022 ng eq.BaP	0,67	795 ng eq. BaP	0,044

- dose mensuelle = (VTR) mensuelle X 60 , (poids adulte moyen)

*Dans ce tableau récapitulatif des expositions aux contaminants, les apports mensuels par la consommation de moules et de poissons ont été calculés pour de gros consommateurs qui s'approvisionneraient en produits de la mer provenant de l'estuaire de Seine ou de l'Ouest Cotentin, zones considérées comme représentatives de zones les plus et les moins contaminées du littoral normand. Ces apports exprimés en masse de contaminants correspondent à une forte consommation de 25 g de moules et 150 g de poissons tous les jours. Ces apports sont comparés aux doses maximales admissibles correspondant aux VTR couramment prises en compte (AFSSA). Ces doses mensuelles maximales ont été calculées à partir des VTR pour un consommateur moyen pesant 60 kg.*

*Les couleurs donnent une indication de la gravité du risque : en vert le risque de dépasser la VTR est très faible comme dans le cas du plomb du cadmium, des PBDE ainsi que des HAP et des dioxines dans la zone ouest Cotentin ; la couleur orange indique un risque de dépasser la VTR, c'est le cas*

*des dioxines et des HAP en zone estuarienne et du mercure, les situations de risque très élevé de dépassement de la VTR notées en rouge, existent pour les PCB et le mercure en consommant des organismes vivant à proximité de l'estuaire de la Seine.*

*Dans le cas des PBDE, pour lesquels l'AFSSA considère les données insuffisantes pour établir une dose toxique de référence, le calcul est réalisé par rapport à une norme canadienne qui montrerait que les PBDE ne représentent pas un risque sanitaire élevé, et même insignifiant si on ne considère que les produits de la mer comme voie d'exposition (la respiration d'air et de poussières contaminés représente une voie de contamination importante par ces substances). Dans le cas des HAP, on considère une dose virtuellement sûre (DVS) qui correspondrait à un excès de cas de cancer de 1 sur un million (AFFSA, avis 2000-SA-0005; juillet 2003).*

---

### **Mots – clés**

Polluants organiques persistants (POP), PCB, dioxines, PBDE, phtalates, HAP, métaux, moules, poissons, environnement littoral, Basse Normandie, transport trophique, bioaccumulation, biotransformation, évaluation des risques chimiques, exposition, sécurité alimentaire

## INTRODUCTION

Les diverses activités humaines comme l'agriculture, la production d'énergie, l'industrie, les transports, le traitement des eaux usées, l'incinération des déchets urbains et industriels, engendrent des nuisances chimiques de toutes sortes décelées à l'état de traces dans l'environnement aquatique et dans les organismes vivants. Bien souvent, ce sont les mesures réalisées sur des organismes sauvages qui ont révélé l'ampleur et l'étendue de la contamination de l'environnement par des résidus de produits chimiques de synthèse. Ce constat est à l'origine, vers les années 60, d'une prise de conscience collective d'une dégradation de la qualité de l'environnement, ainsi que des risques de cette contamination chimique pour la flore et la faune, et finalement pour la santé humaine.

La nécessité de se prémunir contre de tels risques a donné lieu à la mise en place de réglementations restrictives sur la production, l'utilisation et le transport de substances chimiques comme par exemple la récente réglementation REACH (*Règlement sur l'enregistrement, l'évaluation, l'autorisation et les restrictions des substances chimiques*)<sup>1</sup> sur l'évaluation des substances chimiques. Les programmes de Surveillance, permettent d'évaluer les résultats et les besoins de ces politiques de protection du milieu d'abord par le suivi continu des niveaux de présence de contaminants bien identifiés comme les POP (polluants organiques persistants) et ensuite, ce qui est peut être moins connu, par l'incitation à la recherche dans ces mêmes organismes de substances moins systématiquement mesurées, communément appelées «nouveaux polluants» ou «polluants émergents».

Cette étude sur la « Distribution et devenir de contaminants persistants dans les écosystèmes littoraux Comparaison Manche Ouest – Manche Est» y contribue.

---

<sup>1</sup>Le règlement REACH (Registration, Evaluation, Authorization and restrictions of Chemicals) repose sur le principe qu'il incombe aux fabricants, aux importateurs et aux utilisateurs en aval de veiller à ce qu'ils fabriquent, mettent sur le marché, importent ou utilisent des substances non susceptibles d'avoir des effets nocifs pour la santé humaine ou l'environnement. Ses dispositions reposent sur le principe de précaution. [http://www.chemsec.org/reach/reach\\_fr/proposal/titlesindex.php?articleno=37](http://www.chemsec.org/reach/reach_fr/proposal/titlesindex.php?articleno=37)

## ***1.1. -Le choix des contaminants : les POP et les HAP.***

L'étude de substances chimiques dans l'environnement admet implicitement qu'il s'agit de composés qui posent problème pour l'environnement ou pour la santé des consommateurs de produits contaminés. Par ailleurs, l'approche trophique, ici mise en avant exclut l'étude de substances non bio accumulées.

Les **POP, Polluants Organiques Persistants**, incluent diverses substances organiques dont la plupart ont une origine liée aux activités humaines, qui sont persistantes et hydrophobes. Pour ces raisons, elles sont susceptibles d'être transportées sur de grandes distances (circulation atmosphérique), d'être ainsi largement disséminées dans l'environnement global, et finalement d'être bio-concentrées puis ensuite bio-accumulées tout au long des chaînes alimentaires, du fait de leur affinité pour les lipides. Parmi ces substances figurent plusieurs insecticides organochlorés, comme le DDT et le lindane, ainsi que les PCB et les dioxines.

La distribution des **PCB (Polychlorobiphényles)** dans l'écosystème littoral est relativement bien connue : ils sont, depuis maintenant 25 ans, systématiquement suivis dans le cadre du RNO. Même si leur présence décroît, lentement mais de façon continue, ces substances restent des contaminants caractéristiques de la Seine et de l'influence du fleuve sur la bande côtière de la Baie de Seine orientale. Par ailleurs, ces molécules persistantes sont de véritables traceurs des processus biologiques conduisant à la bioaccumulation. Dans cette étude nous comparerons le devenir des diverses substances suivies, à celui des PCB, et plus particulièrement celui du congénère hexa-chloré (PCB153 : 22'44'55' - hexachlorobiphényle) qui sera utilisé comme composé modèle de substance persistante et bio accumulée dans les chaînes trophiques. Dans ce groupe des PCB on s'intéressera aux PCB apparentés aux dioxines (PCB-DL, PCB dioxin-like) ; il s'agit des PCB non-ortho substitués ou mono substitués qui contribuent très significativement à l'**Equivalent Toxicité Dioxine (TEQ)** grandeur qui définit la charge toxique portée par l'ensemble des résidus de ces substances, les PCDD et PCDF substitués en position 2378 et les PCB de type dioxine (PCB-DL) - composés qui présentent les mêmes mécanismes de toxicité que la 2378 TCDD (ou dioxine de Seveso).

A l'opposé, les **HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)** composés cancérigènes sont des représentants caractéristiques de substances biotransformables et toxiques : présents dans l'environnement abiotique et dans le phytoplancton ils sont accumulés dans les bivalves où ils peuvent atteindre des niveaux élevés, notamment en estuaire de Seine, alors qu'ils sont très rarement décelés à des concentrations significatives dans les organismes supérieurs comme les poissons. Les HAP, comme le BaP (benzo a pyrène), seront modèles de substances métabolisables.

Parmi les autres groupes de contaminants suivis, on retiendra de la liste des 33 substances de l'annexe X de la Directive Cadre sur l'Eau les composés persistants et bioaccumulables qui sont donc susceptibles d'être retrouvés dans les bivalves, et dans les poissons pour les plus récalcitrants aux mécanismes de dégradation.

Parmi ceux ci figurent les **Polybromo diphényles éthers (PBDE)** retardateurs de flamme qui présentent de nombreuses analogies de comportement avec les PCB et dont la présence dans l'environnement, souvent signalée à des niveaux en augmentation, est devenue

préoccupante. Les derniers groupes de contaminants organiques étudiés sont **les phtalates** utilisés comme agents plastifiants et **les alkyl-phénols** (nonyl et octyl), produits de dégradation de détergents de type non ioniques ; les phtalates et alkylphénols sont signalés comme perturbateurs endocriniens. Certains membres de ces familles de substances appartiennent à la liste DCE et il n'existe que très peu d'information sur leur présence dans les écosystèmes côtiers.

## ***1.2.- Le littoral bas normand, une zone très contrastée du point de vue de la contamination***

Dès la mise en place du RNO en 1979, les mesures ont révélé des niveaux de contamination très différents au long du littoral normand. En effet, le Cotentin sépare la Manche en deux sous-ensembles bien différenciés : la Manche occidentale sous l'influence de courants d'origine océanique est épargnée par la contamination d'origine terrestre alors qu'au contraire la Manche orientale, et tout particulièrement la Baie de Seine, est affectée par des apports polluants de la Seine qui touchent l'ensemble du secteur, de la pointe de Barfleur au Pays de Caux.

La faible contamination du littoral du Golfe Normano-breton apparaît dans le cas des PCB, suivis dans le cadre du RNO. A titre indicatif, les moules provenant de la côte ouest du cotentin présentent des niveaux en CB153, généralement inférieurs à  $5 \mu\text{g.kg}^{-1}$  (poids de matière sèche) en dessous de la concentration moyenne sur l'ensemble du littoral français. A l'opposé, les moules provenant de la proximité de l'estuaire (Antifer, Le Havre digue Ouest, Villerville) présentent la contamination la plus élevée du littoral, avec des niveaux près de deux ordres de grandeurs au dessus de ceux observés dans celles du Golfe Normano-breton.

Cette caractéristique du littoral normand a aussi été révélée par des mesures de contaminants dans des espèces benthiques. Des scientifiques allemands, Goerke et Weber<sup>2</sup> (1998 - prélèvements réalisés en 1988) ont réalisé ce type d'état des lieux pour les côtes de la Manche et de la Mer du Nord, de Roscoff aux côtes du Danemark, en étudiant la contamination d'un annélide *Lanice conchilega*. Ces mesures font apparaître une très forte contamination par les PCB en Baie de Seine ( $4-5 \mu\text{g.g}^{-1}$  de matière extractible) alors qu'au contraire, à l'échelle du littoral nord européen, les côtes de la Manche occidentale sont épargnées par ce type de contaminants ( $<1 \mu\text{g.g}^{-1}$  de matière extractible dans le ver *Lanice c.*).

Ces observations sont confirmées par des mesures plus récentes (Bodin *et al.*, 2007<sup>3</sup>) réalisées dans la chair de grands crustacés : les résultats de PCB, de dioxines et de PBDE montrent que dans les crustacés du Golfe Normano-breton (criée de Granville, secteur de pêche des Minquiers) comme dans ceux de Bretagne nord (Roscoff, Le Conquet) la contamination est faible, et inférieure d'un facteur 20 environ, à celle mesurée dans les crustacés de la baie de Seine).

---

<sup>2</sup>. Goerke H, Weber K - [The bioaccumulation pattern of organochlorine residues in \*Lanice conchilega\* \(Polychaeta\) and its geographical variation between the English Channel and the German Bight](#), Chemosphere 37 (7): 1283-1298 SEP 1998

<sup>3</sup> Bodin N, Abarnou A, Fraisse D, Defour, S., Loizeau, V., Le Guellec, A.-M., Philippon, X.-[PCB, PCDD/F and PBDE levels and profiles in crustaceans from the coastal waters of Brittany and Normandy \(France\)](#) Marine Pollution Bulletin 54 (6): 657-668

Bodin N, Abarnou A, Le Guellec A-M, Loizeau V., Philippon. [Organochlorinated contaminants in decapod crustaceans from the coasts of Brittany and Normandy \(France\)](#) Chemosphere 67 (9): S36-S47 Sp. Iss. SI APR 2007

### **I.3 - Le choix des espèces.**

Outre les contraintes opérationnelles comme la large disponibilité des espèces choisies et leur représentativité biologique et géographique, le choix des espèces doit bien prendre en compte leur importance dans la consommation de produits de la mer, sans oublier les deux objectifs de l'étude, d'une part l'aspect surveillance et d'autre part celui de transport dans le réseau trophique.

Les bivalves filtreurs comme les moules sont situés à la base du réseau trophique. La moule est, depuis longtemps, utilisée dans les programmes de surveillance de la qualité des eaux marines et il existe ainsi une importante base de données sur les contaminants. Dans une approche du transport trophique, on admet que les bivalves filtreurs accumulent les contaminants associés au phytoplancton et aux particules en suspension dans la colonne et cela sans les métaboliser. S'il s'agit de comparer les empreintes de la contamination de différentes familles de substances, la contamination des bivalves est bien représentative de celle qui parvient à la base du réseau trophique.

Au sommet du réseau trophique, le choix se porte principalement sur les poissons plats. Ces espèces relativement sédentaires (flet, sole, plie) s'alimentent sur un réseau benthique (mollusques, petits crustacés, vers, ophiures) et reflètent davantage une contamination locale. Des poissons « ronds », comme le bar, appartenant à un réseau trophique pélagique et vivant plus au large, surtout pour les spécimens adultes ont aussi été échantillonnés.

La diversification des espèces échantillonnées est essentielle si on considère les conséquences sanitaires de la contamination du milieu marin. A terme, pour l'évaluation de la contribution des produits de la mer à l'exposition humaine aux contaminants, il est important d'obtenir les ordres de grandeur des niveaux de contamination dans les principales espèces consommées.

Ainsi, sur un secteur géographique restreint et pourtant bien différencié du point de vue de la contamination ambiante, l'étude porte sur la distribution de contaminants prioritaires sur un nombre limité d'espèces, moules et poissons plats. Cette étude a pour objectifs de :

- préciser les niveaux de substances potentiellement toxiques dans les espèces représentatives d'espèces exploitées et consommées,
- comparer le comportement de contaminants organiques d'origines et de structures les plus diverses, de façon à mieux appréhender leur bioaccumulation ou au contraire leur biotransformation.
- contribuer à l'évaluation de l'exposition humaine aux contaminants par la consommation de produits de la mer.

## II. - MATERIEL ET METHODE

### II.1. - PRELEVEMENTS.

Les prélèvements de moules ont été réalisés durant l'année 2006 en différents sites du littoral bas – normand (tab. 1). Les prélèvements ont été regroupés selon leur origine correspondant à des zones différemment exposées aux contaminants chimiques (données RNO) : zone estuarienne-(M1 : Villerville), Baie de Seine (M2 : Ste Honorine des Pertes et Montfarville – Le Moulard), Ouest-Cotentin (M3). Les types d'estran, susceptibles d'influencer les niveaux de contamination sont précisés (tab.2)

**Tableau 1: Identification des prélèvements de moules (M).**

N° prélèvement	code prélt IFREMER	station	date	code date	code geo	code Laberca	code métaux code ech.
<b>1</b>		(14) Villerville	oct-05	1	1	7.31-17	M1
<b>2</b>	M 1/06/8	"	janv-06	2	1	7.31-7	M1
<b>3</b>	M 3/06/15	"	mars-06	3	1	7.31-14	M1
<b>4</b>	M 10/06/1	"	oct-06	4	1	7.31-1 M 10/06/1	M1
<b>5</b>	M 3/06/9	(14) Ste Honorine des Pertes	mars-06	3	2	7.31-13	M2
<b>6</b>	M 10/06/3	"	oct-06	4	2	7.31-2 M 10/06/3	M2
<b>7</b>	M 1/06/10	(50) Montfarville Le Moulard	janv-06	2	3	7.31-8	M2
<b>8</b>	M 10/06/4	"	oct-06	4	3	7.31-3 M 10/06/4	M2
<b>9</b>	M 3/06/16	(50) Pirou Plage	mars-06	3	4	7.31-15 M 3/06/16	M3
<b>10</b>	M 10/06/7	"	oct-06	4	4	7.31-6	M3
<b>11</b>	M 1/06/11	(50) Saint Martin de Bréhal	janv-06	2	6	7.31-9	M3
<b>12</b>	M 1/06/12	(50) Donville les Bains - Plage	janv-06	2	6	7.31-10	M3
<b>13</b>	M 1/06/13	(50) Granville Pointe du Roc	janv-06	2	7	7.31-11	M3
<b>14</b>	M 10/06/5	"	oct-06	4	7	7.31-4 M 10/06/5	M3
<b>15</b>	M 1/06/14	(50) Granville Plage de Hacqueville	janv-06	2	8	7.31-12	M3
<b>16</b>	M 3/06/17	(50) Champeaux Sol Roc	mars-06	3	9	7.31-16 M 3/06/17	M3
<b>17</b>	M 10/06/6	"	oct-06	4	9	7.31-5 M 10/06/6	M3

**Tableau 2 : Caractéristiques des prélèvements de moules.**

<b>Station</b>	<b>Date</b>	<b>N°</b>	
<i><b>Estuaire de la Seine (zone1)</b></i>			
<b>Villerville</b>	Octobre 2005	<b>1</b>	Estran vaseux, influence de la Seine
	Janvier 2006	<b>2</b>	
	Mars 2006	<b>3</b>	
	Octobre 2006	<b>4</b>	
<i><b>Baie de Seine (zone2)</b></i>			
<b>Ste Honorine des Pertes</b>	Mars 2006	<b>5</b>	Platier rocheux
	Octobre 2006	<b>6</b>	
<b>Montfarville– Le Moulard</b>	Janvier 2006	<b>7</b>	Estran rocheux, proximité Pointe de Barfleur
	Octobre 2006	<b>8</b>	
<i><b>Ouest Cotentin (zone3)</b></i>			
<b>Pirou Plage</b>	Mars 2006	<b>9</b>	Estran sableux
	Octobre 2006	<b>10</b>	
<b>St Martin de Bréhal</b>	Janvier 2006	<b>11</b>	Estran sableux
<b>Donville les Bains</b>	Janvier 2006	<b>12</b>	Estran sableux (plage)
<b>Granville – Pointe du Roc</b>	Janvier 2006	<b>13</b>	Estran rocheux, à proximité d'un rejet urbain
	Octobre 2006	<b>14</b>	
<b>Granville-Hacqueville</b>	Janvier 2006	<b>15</b>	Estran sableux-rocheux, sud de Granville
<b>Champeaux Sol Roc</b>	Janvier 2006	<b>16</b>	Estran vaseux (hermelles). Sud ouest Baie du Mont Saint Michel
	Octobre 2006	<b>17</b>	

Les poisons ont été obtenus auprès de pêcheurs professionnels d'Octeville, du Havre pour la zone estuarienne (zone1), de Cherbourg (zone2) et de Granville (zone3). Les analyses ont été réalisées sur des échantillons composites (tab.3) obtenus à partir de chair d'étrilles, une vingtaine d'individus pour l'échantillon N18 et de chair de poissons prélevée sur les filets de plusieurs spécimens (pools), échantillons N°19 à 40.

La teneur en matière sèche est estimée par pesée des échantillons de chair avant et après lyophilisation. Elle varie entre 20,0 et 30,3 % du poids brut (chair humide), teneur moyenne en matière sèche 23,4 % +/- 2,5 (moyenne ±1 écart type).

**Tableau 3 : Identification des prélèvements de crustacés (étrilles, N°18) et de poissons.**

N°	ref. labo	espèces	origine	individus			date	code date	code sta.	code ech.	
				N°	Taille cm	Poids g					% MS
18	E10/ 06/18	étrilles	Octeville				20	oct-06		E1	
19	P10/06/19	soles	Granville	1	39,8	308,0	20,0	oct-06	2	3	S3
				2	36,5	505,0					
20	P10/06/20	soles	Granville	1	28	208,0	23,0	oct-06	2	3	S3
				2	28	216,0					
				3	29	237,5					
21	P10/06/21	soles	Granville		38	672,0	20,5	oct-06	2	3	P3
22	P10/06/22	plies	Granville	1	30	272,6	20,1	oct-06	2	3	P3
				2	32,5	374,6					
23	P10/06/23	plies	Granville	1	32	401,2	24,1	oct-06	2	3	P3
				2	32	402,3					
				3	32	445,5					
				4	32,5	456,0					
24	P10/06/24	plies	Granville	1	29,5	253,2	23,7	oct-06	2	3	P3
				2	32	292,9					
				3	32	381,7					
25	P10/06/25	plies	Octeville	1	37	648,5	22,9	oct-06	2	1	P1
				2	35,5	637,4					
				3	36	604,4					
26	P10/06/26	plies	Octeville	1	34	440,3	21,4	oct-06	2	1	P1
				2	32	635,0					
				3	34	625,6					
				4	30	325,3					
27	P10/06/28	soles	Le Havre	1	25	263,5	23,7	oct-06	2	1	S1

			2	28	230,0					
			3	27	239,6					
28 P10/06/29	soles	Le Havre	1	27	193,0		oct-06	2	1	S1
			2	26	229,0	24,0				
			3	26,5	221,4					
29 P10/06/30	soles	Le Havre	1	26,5	188,4		oct-06	2	1	S1
			2	28,5	210,0	24,5				
			3	27,5	213,7					
			4	27,5	240,4					
30 P3/06/31	soles	Granville	1	32,5	296,4		mars-06	1	3	S3
			2	32,5	313,6					
			3	31	261,7					
			4	30	252,6					
			5	31	259,9					
			6	25,5	120,0	22,1				
			7	28	168,9					
			8	27	185,7					
			9	28,5	192,4					
			10	27	187,3					
			11	28	166,7					
31 P3/06/32	bar	Le Havre	1	57	1730,0		mars-06	1	1	B1
			2	58	1263,0	28,5				
			3	55	1490,0					
			4	51	1552,0					
32 P3/06/33	bar	Le Havre	1	43	977,0	30,3	mars-06	1	2	B1
			2	39,5	866,0					
33 P3/06/34	bar	Cherbourg	1	46	823,0		mars-06	1	2	B2
			2	47,5	871,0	26,2				
			3	41,5	731,0					
			4	43	906,0					
34 P3/06/35	bar	Cherbourg	1	44,5	577,0	23,4	mars-06	1	2	B2
			2	42,5	561,0					
			3	43	1004,0					

			4	44	937,0						
35	P3/06/36	sole	Cherbourg	1	32,5	342,0		mars-06	1	2	S2
				2	31	273,0					
				3	31,5	323,0	22,7				
				4	32	317,0					
				5	34	331,0					
36	P3/06/37	plies	Cherbourg	1	31	251,0		mars-06	1	2	P2
				2	32	291,0					
				3	29	256,0	21,9				
				4	31	270,0					
				5	30	241,0					
37	P3/06/38	plies	Cherbourg	1	31	269,0		mars-06	1	2	P2
				2	28,5	22,9					
				3	30	286,2	23,0				
				4	30	266,1					
				5	30	243,6					
38	P3/06/39	plies	Granville	1	28	308,9		1	3		P3
				2	25,5	177,8					
				3	25,5	183,4	21,3				
				4	30	267,6					
				5	29	302,6					
				6	27,5	268,4					
39		barbue	Le Havre					fev-07			P1
40		carrelet	Le Havre					fev-07			P1

## II.2. - METHODES ANALYTIQUES

### II.2.1. - ANALYSE DES METAUX

Les analyses des métaux ont été réalisées au Laboratoire des Contaminants Métalliques du Département Biogéochimie et Ecotoxicologie d'IFREMER Centre de Nantes selon des modes opératoires parfaitement maîtrisés et validés dans le cadre d'exercices d'inter-comparaison internationaux.

Les analyses sont réalisées sur la chair lyophilisée et les résultats sont donnés en  $\text{mg.kg}^{-1}$  poids sec.

Pour le mercure total, le principe de la méthode repose sur la calcination de l'échantillon en présence d'un catalyseur qui a pour effet de libérer de le mercure élémentaire qui est ensuite piégé sur or et finalement mesuré par spectrophotométrie d'absorption atomique<sup>4</sup>, l'analyse entièrement automatisée est réalisée sur l'appareil AMA254<sup>®</sup> de la firme Altec. Pour des prises d'essai d'environ 20 mg (p.s.) les limites de détection sont inférieures à  $0,01\text{mg.kg}^{-1}$  avec une précision meilleure que 7 %. Des échantillons de référence certifiés sont inclus systématiquement dans les séries d'échantillons analysés.

Pour les autres métaux étudiés (Ag, Cd, Cu, Ni, Pb et Zn) le protocole analytique suivi est décrit par ailleurs<sup>5</sup>. Brièvement, la prise d'essai, d'environ 200 mg, est minéralisée en bombe Teflon<sup>®</sup> à 140-180°C en présence d'acide nitrique. Le résidu minéralisé est dilué dans un volume connu d'eau déionisée avant d'être analysé en spectrométrie d'absorption atomique électrothermique avec four graphite et correction Zeeman pour Ag, Cd, Ni, Pb, Zn et en spectrométrie de flamme pour le Zn selon des conditions opératoires(longueur d'onde,) spécifiques à chacun des éléments recherchés. Les performances de la méthode sont rappelées (tableau 4) dans les conditions de travail habituelles, prise d'essai de 200 mg et reprise du résidu dans 50 ml.

**Tableau 4 : Performances analytiques pour les métaux dans les organismes (sauf Hg).**

	<b>Ag</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
<b>Limite de détection (<math>\text{mg.kg}^{-1}</math>)</b>	0,02	0,02	0,3	0,09	0,2	3
<b>Limite de quantification (<math>\text{mg.kg}^{-1}</math>)</b>	0,05	0,08	1	0,3	0,5	9
<b>Reproductibilité (%)</b>	3 - 6	4 - 5	3 - 4	7 - 15	9 (moules)	2 - 7

## II.2.2. - ANALYSE DES POLLUANTS ORGANIQUES PERSISTANTS.

Les analyses des dioxines (PCDD et PCDF), des PCB (PCB-indicateurs et PCB de type dioxine), les PBDE (polybromo-diphényle éthers) et les PAH (hydrocarbures aromatiques polycycliques) ont été réalisées au Laberca (Laboratoire d'Etude des Résidus et des contaminants dans les aliments - l'Ecole nationale Vétérinaire de Nantes) qui est le Laboratoire de Référence du Ministère de l'Agriculture.

Les analyses sont réalisées sur la chair lyophilisée. Dix grammes de chair sont extraits dans un appareil ASE Dionex (extraction accélérée par solvant), à 120°C et une pression de 100 bars le solvant est un mélange toluène-acétone (70 : 30, v:v). Trois cycles d'extraction de 5 minutes chacun sont réalisés successivement. Le résidu de l'extrait obtenu après évaporation du solvant est pesé pour donner le poids de graisse de l'échantillon. Ces lipides sont éliminés par chromatographie sur colonne de gel de silice imprégné d'acide sulfurique. Les PCB et les PBDE sont isolés de la fraction contenant les dioxines par chromatographie

<sup>4</sup> Cossa D., Coquery M., Naklé K., Claisse D., 2002. - Dosage du mercure total du mono-méthyl mercure dans les organismes et les sédiments marins. Edition IFREMER.

<sup>5</sup> Chiffolleau J.F., Auger D., Boutier B., Rozuel E., Truquet I., 2003. - Dosage de certains métaux dans les organismes marins par absorption atomique. Edition IFREMER

sur Florisil. Cette fraction est ensuite purifiée sur une colonne chromatographique contenant un mélange de Carbopack C et Celite 545. Dans la fraction PCB, les PCB non – ortho et mono ortho substitués (PCB de type dioxine) sont séparés des PCB di-ortho (PCB indicateurs) et des PBDE sur des colonnes comme de Florisil et Carbopack Celite 545. Après addition des étalons internes pour le calcul des rendements de récupération ( $^{13}\text{C}_{12}$ -1234 TCDD pour les PCDD et PCDF,  $^{13}\text{C}_{12}$ -PCB111 pour les PCB,  $^{13}\text{C}_{12}$ -PBDE139 pour les PBDE) les différentes fractions sont reprises dans des volumes connus de toluène. La détermination de ces contaminants est réalisée par chromatographie en phase gazeuse - spectrométrie de masse à haute résolution : Chromatographe HP6890, Colonne DB-5MS (30m de longueur, 0,25 mm de diamètre, 0,25  $\mu\text{m}$  d'épaisseur de phase) couplé à un spectromètre de masse à haute résolution (Jeol JMS-700D).

Pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques, 1 gramme de matière lyophilisée est extrait sélectivement selon une extraction sous haute pression (PLE) et ensuite purifiée par SPE (extraction sur phase solide polystyrène - divinylbenzène). La détermination est réalisée par Chromatographie en phase gazeuse et détection en spectrométrie de masse MS/MS et dilution isotopique en utilisant des molécules de HAP marquées au  $^{13}\text{C}$ . Des échantillons de référence et des blancs de procédure sont inclus systématiquement dans les séries d'échantillons analysés. Pour la recherche des PAH, le choix des échantillons analysés a privilégié les mollusques bivalves alors qu'un nombre plus restreint de poissons ont été mesurés pour vérifier l'absence de HAP dans ces organismes.

### **II.2.3. - ANALYSE DES PHTALATES ET DES ALKYL-PHENOLS.**

Les phtalates, sept molécules dont le DEHP, et les alkyls-phénols (tertio-octyl phénol et nonyl-phénol) ont été analysés au Laboratoire de l'IDHESA Bretagne Océane (Institut Départemental d'analyses de conseil et d'expertise en Hygiène Alimentaire, Eau et environnement et Santé Animale de Brest-Plouzané).

L'échantillon, 5 g de chair en poids sec, auquel sont ajoutés les étalons internes marqués est extrait par un mélange de solvant hexane-acétone (50 : 50; v/v) en milieu acide (pH 2 par  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Cette étape d'extraction et broyage est faite à l'ultra-turrax La phase hexanique récupérée est purifiée sur colonne de Florisil. La fraction contenant les phtalates et les phénols substitués est concentrée par évaporation du solvant et ensuite analysée en Chromatographie en phase gazeuse et détection en spectrométrie de masse en mode SIM (suivi individuel des ions caractéristiques d'une molécule).

### III. - RESULTATS ET DISCUSSION.

#### III.1 - CONTAMINATION DES ORGANISMES DU LITTORAL BAS NORMAND PAR LES METAUX.

##### III. 1. 1. - CONTAMINATION DES MOULES PAR LES METAUX

Les concentrations en métaux mesurées dans les moules (Tab. 5) sont toutes exprimées en poids de matière sèche selon le mode d'expression communément utilisé dans les études à caractère environnemental. La teneur en eau dans les moules est très variable, de l'ordre de 70 à 90 % ; une valeur moyenne de 80 % a été systématiquement prise en compte pour exprimer les concentrations par rapport au poids de chair humide. Les résultats sont donnés site par site et classés par zones selon leur éloignement de l'estuaire.

**Tableau 5 : Concentrations des éléments traces dans les moules en mg.kg<sup>-1</sup> de matière sèche (caractères gras) ou de chair humide (caractères normaux).**

	N° ech.	Ag	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
<b>Estuaire de Seine (zone 1, moules M1)</b>								
Villerville	1							
	2							
	3							
	4	<b>1,1</b> 0,22	<b>1,02</b> 0,204	<b>10,5</b> 2,10	<b>0,144</b> 0,029	<b>1,79</b> 0,358	<b>2,84</b> 0,568	<b>64,5</b> 12,90
<b>Baie de Seine (zone 2, moules M2)</b>								
Ste Honorine les Pertes	5							
	6	<b>0,19</b> 0,038	<b>0,48</b> 0,096	<b>4,89</b> 0,978	<b>0,097</b> 0,019	<b>1,34</b> 0,268	<b>0,93</b> 0,186	<b>57,6</b> 11,52
Montfarville – Le Moulard	7							
	8	<b>0,43</b> 0,086	<b>0,57</b> 0,114	<b>5,7</b> 1,14	<b>0,117</b> 0,0234	<b>3,81</b> 0,762	<b>1,3</b> 0,26	<b>58,1</b> 11,62
<b>Ouest Cotentin (zone 3, moules M3)</b>								
Pirou Plage	9	<b>0,07</b> 0,014	<b>0,5</b> 0,1	<b>35,3</b> 7,06	<b>0,135</b> 0,027	<b>6,06</b> 1,212	<b>3,93</b> 0,786	<b>89,4</b> 17,88
	10							
St Martin de Bréhal Donville les Bains	11							
	12							
Granville Pointe du Roc	13							
	14	<b>0,03</b> 0,006	<b>1,12</b> 0,224	<b>11,4</b> 2,28	<b>0,092</b> 0,0184	<b>3,35</b> 0,67	<b>2,26</b> 0,452	<b>288,3</b> 57,66
Hacqueville Champeaux Sol Roc	15							
	16	<b>0,06</b> 0,012	<b>0,41</b> 0,082	<b>19,3</b> 3,86	<b>0,084</b> 0,0168	<b>3,63</b> 0,726	<b>2,88</b> 0,576	<b>69,3</b> 13,86
	17	<b>0,07</b> 0,014	<b>0,57</b> 0,114	<b>5,4</b> 1,08	<b>0,107</b> 0,0214	<b>2,06</b> 0,412	<b>1,64</b> 0,328	<b>63,7</b> 12,74

Pour les éléments toxiques, (cadmium, mercure et plomb) **les concentrations mesurées sont bien inférieures aux concentrations maximales dans les mollusques bivalves fixées par la réglementation (JOUE, (CE) N° 1881/2006) soit Cd : 1 ; Hg: 0,5 et Pb 1,5 mg.kg<sup>-1</sup> poids frais** (soit respectivement 5 ; 2,5 et 7,5 mg.kg<sup>-1</sup> poids sec). Les concentrations les plus élevées mesurées dans cette étude sont bien inférieures aux que les concentrations maximales admissibles, respectivement 5, 20 et 2 fois moins pour le cadmium, le mercure et le plomb.

Globalement ces concentrations sont en bon accord avec les mesures réalisées dans le cadre du RNO pour les années 2002, 2003 et 2004, synthétisées dans les tableaux 5 et 6 et les graphes des figures 1 et 2 (Résultats détaillés du RNO en tableau annexe 1).

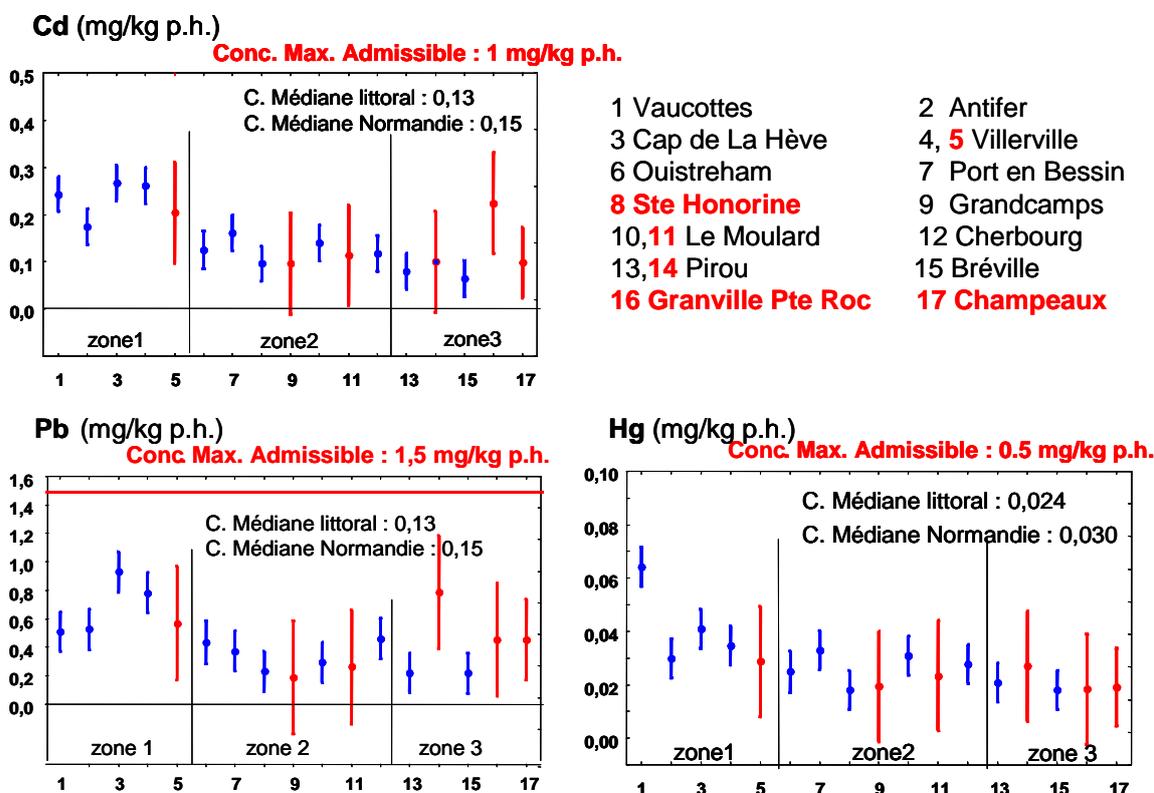
**Tableau 6 : Concentrations des éléments traces dans les moules en mg.kg<sup>-1</sup> de matière sèche. Données RNO 2002-2004.**

	Ag	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
<b>Ensemble du littoral France métropolitaine</b>							
<b>moyenne</b>	0,37	0,74	7,60	0,135	1,70	1,90	127,4
<b>Ecart-type</b>	1,01	0,45	3,61	0,087	0,98	1,62	65,6
<b>médiane</b>	0,07	0,63	7,20	0,120	1,54	1,50	114,0
<b>min</b>	0,01	0,19	2,10	0,020	0,45	0,10	34,0
<b>Max</b>	7,75	4,48	67,00	0,620	8,41	9,90	357,0
<b>Nb val</b>	188	382	382	382	188	382	382
<b>centile-10</b>	0,02	0,31	5,40	0,060	0,73	0,61	54,1
<b>centile-90</b>	0,54	1,23	9,80	0,229	2,83	3,30	222,9
<b>Ensemble du littoral normand</b>							
<b>moyenne</b>	1,24	0,72	7,74	0,148	1,78	2,07	72,6
<b>Ecart-type</b>	1,78	0,44	2,27	0,090	1,02	1,64	27,1
<b>médiane</b>	0,33	0,61	7,30	0,125	1,44	1,60	68,5
<b>min</b>	0,03	0,21	4,20	0,030	0,68	0,50	34,0
<b>Max</b>	7,75	2,16	17,70	0,520	6,00	9,60	193,0
<b>Nb val</b>	46	94	94	94	46	94	94
<b>centile-10</b>	0,05	0,30	5,53	0,060	0,85	0,73	46,3
<b>centile-90</b>	3,63	1,31	10,41	0,260	2,98	3,07	100,0

**Tableau 7 : Concentrations des éléments traces dans les moules en mg.kg<sup>-1</sup> de chair humide.**

	Ag	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
<b>Ensemble du littoral France métropolitaine</b>							
<b>moyenne</b>	0,08	0,15	1,59	0,027	0,34	0,38	25,5
<b>Ecart-type</b>	0,21	0,08	0,61	0,015	0,18	0,27	11,3
<b>médiane</b>	0,01	0,13	1,54	0,024	0,31	0,31	22,8
<b>min</b>	0,00	0,04	0,55	0,004	0,10	0,03	7,7
<b>Max</b>	1,47	0,76	10,05	0,099	1,43	1,98	67,8
<b>Nb val</b>	187	380	380	380	187	380	380
<b>centile-10</b>	0,00	0,08	1,09	0,013	0,17	0,16	13,8
<b>centile-90</b>	0,12	0,25	2,08	0,042	0,51	0,65	42,5
<b>Ensemble du littoral normand</b>							
<b>moyenne</b>	0,28	0,16	1,79	0,033	0,40	0,45	16,4
<b>Ecart-type</b>	0,37	0,09	0,45	0,016	0,19	0,28	4,4
<b>médiane</b>	0,09	0,15	1,73	0,030	0,37	0,39	15,7
<b>min</b>	0,01	0,04	0,72	0,006	0,19	0,15	7,7
<b>Max</b>	1,47	0,41	3,36	0,099	1,20	1,69	36,7
<b>Nb val</b>	46	94	94	94	46	94	94
<b>centile-10</b>	0,01	0,07	1,40	0,017	0,23	0,18	11,8
<b>centile-90</b>	0,74	0,29	2,28	0,058	0,62	0,77	21,8

La contamination par les métaux des moules du littoral Normand prélevés dans le cadre de cette étude ne diffère pas notablement des observations RNO réalisées sur ce secteur pendant la période 2002-2004<sup>6</sup>. (graphes des figures 1 et 2).



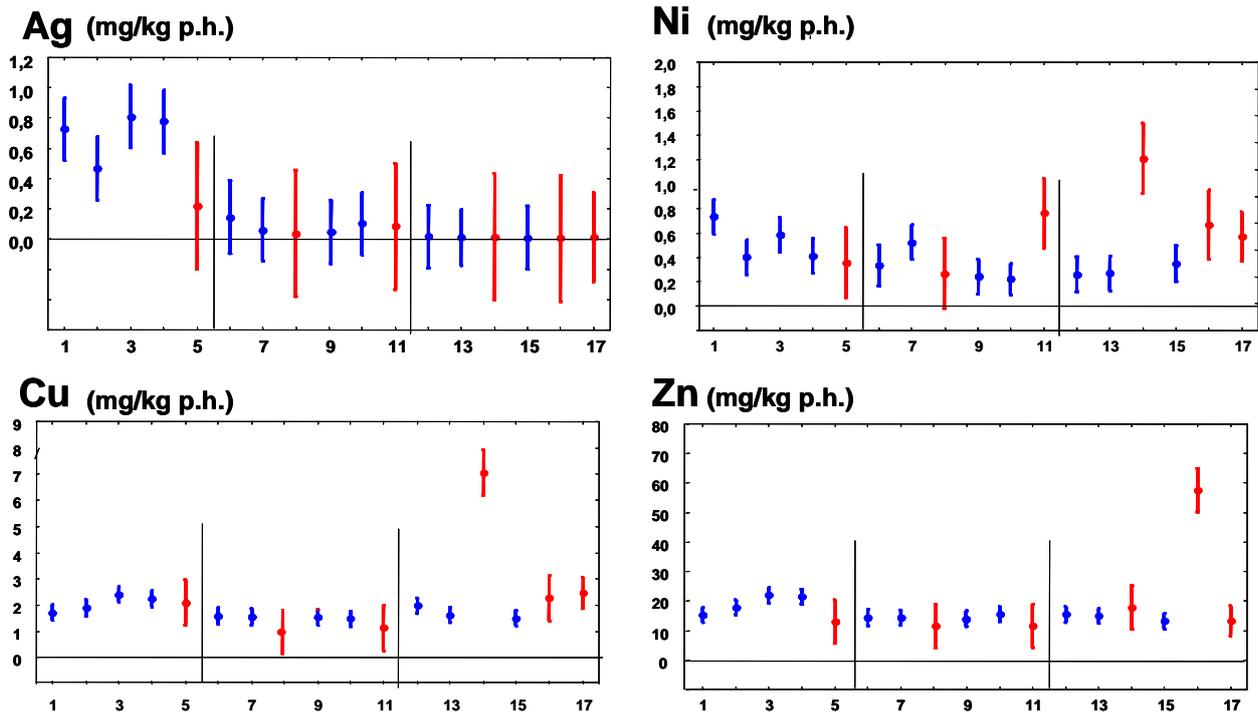
**Figure 1 : Contamination en Cd, Hg et Pb (mg.kg<sup>-1</sup>, poids humide) dans les moules du littoral normand** (En rouge : les sites de prélèvements de cette étude, en bleu les mesures RNO)

- Pour le **cadmium** les niveaux sont conformes à ceux mesurés dans le cadre du RNO, un peu supérieurs à la médiane calculée sur l'ensemble du littoral à Villerville (site noté 5) mais cohérentes avec les mesures réalisées dans les moules de l'estuaire de la Seine (zone 1) Le site de prélèvement noté 16 – Granville Point du Roc, se trouve à proximité d'un rejet d'eaux usées.

- Pour le **mercure** les valeurs obtenues dans les moules prélevées lors de cette étude sont en accord avec les mesures RNO et très inférieures aux concentrations maximales admissibles.

- Pour le **plomb** des valeurs sensiblement plus élevées, tout en restant inférieures aux concentrations maximales admissibles, sont mesurées aux sites notés 11 (Le Moulard, zone2, site rocheux), 14 (Pirou-Plage, sable), 16 (Granville-Pointe du Roc, rejet urbain) et 17 (Champeaux).

<sup>6</sup> D. Claisse, M. Le Moigne, G. Durand et B. Beliaeff (2006).- Ligne de base : les contaminants chimiques dans les huîtres et les moules du littoral français. Bull RNO.  
<http://www.ifremer.fr/envlit/documentation/documents.htm#2>



**Figure 2 : Contamination en Ag, Ni, Hg et Zn (mg.kg<sup>-1</sup>, poids humide) dans les moules du littoral normand.** (Numérotation des stations identique à celle de la figure 1)

- Les teneurs en **argent** dans les moules échantillonnées sont très faibles, sauf dans celles de Villerville (apports estuariens), et dans tous les cas, elles sont en accord avec celles mesurées par le RNO.<sup>7</sup>
- Les mesures du **cuivre** dans les moules varient entre 1 et 2,5 mg.kg<sup>-1</sup> à l'exception de celles provenant de Pirou qui atteignent 7 mg.kg<sup>-1</sup> bien au dessus des valeurs mesurées en moyenne (Constat pour lequel aucune explication n'est proposée). Les mollusques bivalves sont considérées être de piètres indicateurs du cuivre car ces organismes ont la capacité de réguler cet élément.
- Pour le **nickel** les concentrations sont supérieures à celles mesurées en moyenne dans le cadre du RNO, valeur médiane (0,31 mg.kg<sup>-1</sup>p.h.), sauf pour les sites de Pirou (1,21 mg.kg<sup>-1</sup>p.h.) et de Le Moulard (0,76 mg.kg<sup>-1</sup>p.h.)
- Les mesures de **zinc**, sont très cohérentes avec celles de la surveillance RNO, sauf dans les prélèvements de Granville Pointe de Roc.

Ces concentrations peuvent être comparées à celles mesurées dans les mollusques (huîtres et moules) sur l'ensemble du littoral français dans le cadre du RNO (tableau 8).

<sup>7</sup> Roux N., Chiffolleau J.F., Claisse D., L'argent, le cobalt, le nickel et le vanadium dans les mollusques du littoral français. Bull RNO2001, <http://www.ifremer.fr/envlit/documentation/documents.htm#2>

## Tableau 8 : Contaminants métalliques dans les mollusques du littoral français

Tableau 2 : Données statistiques sur les contaminants dans les moules et les huîtres du littoral français de 2000 à 2004, sauf pour Cr (2001-2004), Ag, Ni et V (2003-2004). Résultats exprimés par rapport au poids sec.

Mediane  
Mini - maxi  
(Nb de données)

	Manche - Atlantique		Méditerranée	Arlilles	
	<i>Crassostrea gigas</i>	<i>Mytilus spp.</i>	<i>Mytilus spp.</i>	<i>Isoquomon alatus</i>	<i>Crassostrea rhizophorae</i>
Ag (mg.kg <sup>-1</sup> )	8.71 0.76 - 99 (118)	0.12 0.03 - 7.75 (119)	0.03 0.01 - 0.36 (69)	0.03 0.01 - 27.2 (40)	0.48 0.16 - 0.97 (10)
Cd (mg.kg <sup>-1</sup> )	1.75 0.43 - 56.3 (298)	0.60 0.17 - 3.03 (303)	0.72 0.20 - 10.0 (179)	0.35 0.13 - 1.15 (51)	0.39 0.12 - 0.66 (16)
Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	0.87 0.15 - 14.1 (238)	1.17 0.32 - 9.21 (244)	0.83 0.12 - 3.77 (142)	0.62 0.23 - 19.3 (51)	0.71 0.36 - 7.20 (16)
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	190 6.72 - 2208 (298)	6.7 4.0 - 23 (303)	6.8 3.8 - 67 (179)	9.2 5.4 - 83 (51)	83.9 9.0 - 248 (16)
Hg (mg.kg <sup>-1</sup> )	0.20 0.04 - 0.51 (298)	0.12 0.03 - 0.53 (303)	0.12 0.04 - 0.68 (179)	0.10 0.04 - 0.22 (51)	0.09 0.04 - 0.15 (16)
Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	1.02 0.34 - 4.83 (118)	1.55 0.45 - 6.00 (119)	1.48 0.47 - 8.41 (69)	0.66 0.31 - 7.24 (40)	0.94 0.47 - 1.35 (10)
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	1.4 0.4 - 6.1 (298)	1.4 0.4 - 9.6 (303)	1.8 0.1 - 27.7 (179)	0.2 0.1 - 18.3 (51)	0.2 0.1 - 3.4 (16)
V (mg.kg <sup>-1</sup> )	1.17 0.50 - 6.02 (118)	1.62 0.49 - 5.29 (119)	1.4 0.43 - 15.4 (69)	1.35 0.66 - 6.64 (40)	1.14 0.99 - 2.78 (10)
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	2310 425 - 7030 (298)	85 36 - 409 (303)	152 43 - 357 (179)	4607 973 - 13450 (51)	1652 893 - 3126 (16)

(Concentrations en mg.kg<sup>-1</sup> poids sec) Claisse *et al*<sup>8</sup>;

Le document annexe (Tableau Annexe18, - Base métaux mollusques, 4 pages), donne des niveaux de présence des métaux dans les mollusques bivalves provenant de différents autres sites côtiers.

*En résumé, les teneurs en métaux relevées dans les moules du littoral Bas Normand dans la présente étude et dans celles du RNO sont globalement très comparables. Pour les éléments toxiques (Cd, Pb et Hg), ces niveaux de présence sont toujours bien inférieurs aux concentrations maximales admissibles.*

<sup>8</sup>D Claisse, M. Le Moigne, G. Durand et B. Beliaeff (2006). - Ligne de base : les contaminants chimiques dans les huîtres et les moules du littoral français. Bull RNO  
<http://www.ifremer.fr/envlit/documentation/documents.htm#2>

### III.1. 2 - CONTAMINATION DES POISSONS PAR LES METAUX

L'ensemble des résultats de mesure de métaux dans les poissons (20 analyses), est donné en annexe (tab. A2, concentrations en mg kg<sup>-1</sup> poids sec et tab. A3 en mg kg<sup>-1</sup> poids de chair humide).

Comme prévu, les teneurs en métaux sont très faibles dans la chair de poisson (tableaux 9 et 10). En effet à l'exception du mercure qui est bioaccumulé sous forme de méthyl-mercure, les métaux ne s'accumulent pas dans la chair mais dans le foie sous forme de complexe avec les protéines (métallothionéines). Lorsque, dans le cadre de programme de suivi de la contamination de l'environnement aquatique, on a recours au poisson comme espèce indicatrice, il convient de réaliser les mesures dans le foie (Nakhle K. *et al.*, 2007)<sup>9</sup>. Ici, en lien avec le caractère de l'étude, orientée vers les aspects sécurité sanitaire des produits de la mer, les éléments ont été mesurés uniquement dans la chair.

**Tableau 9 : Synthèse des données de concentrations (mg.kg<sup>-1</sup> de chair humide) des éléments traces dans les poissons**

	Ag	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
20 déterminations (4 bars, 8 plies, 8 soles de zones distinctes)							
<b>moyenne</b>	0,0052	0,0021	17,75	0,177	0,507	0,63	12,78
<b>Médiane</b>	0,004	0,001	6,27	0,082	0,048	0,012	5,266
<b>Min</b>	0,002	0,00023	0,61	0,035	0,011	0,004	3,178
<b>MAX</b>	0,033	0,01	208,2	0,587	7,97	10,12	132,4
<b>Cent. 10</b>	0,0022	0,00024	0,989	0,048	0,02	0,0066	3,92
<b>Cent. 90</b>	0,0074	0,008	21,86	0,491	0,599	0,0807	15,1
<b>Ecart type</b>	0,0068		45,34	0,183	1,77	2,25	28,4

Il y cependant quelques résultats qui s'écartent des niveaux habituellement rencontrés; une fois exclus trois d'entre eux, les statistiques ont été recalculées (Tab. 10).

**Tableau 10 : Synthèse des données de concentrations (mg.kg<sup>-1</sup> p.h.) après exclusion de « valeurs aberrantes »**

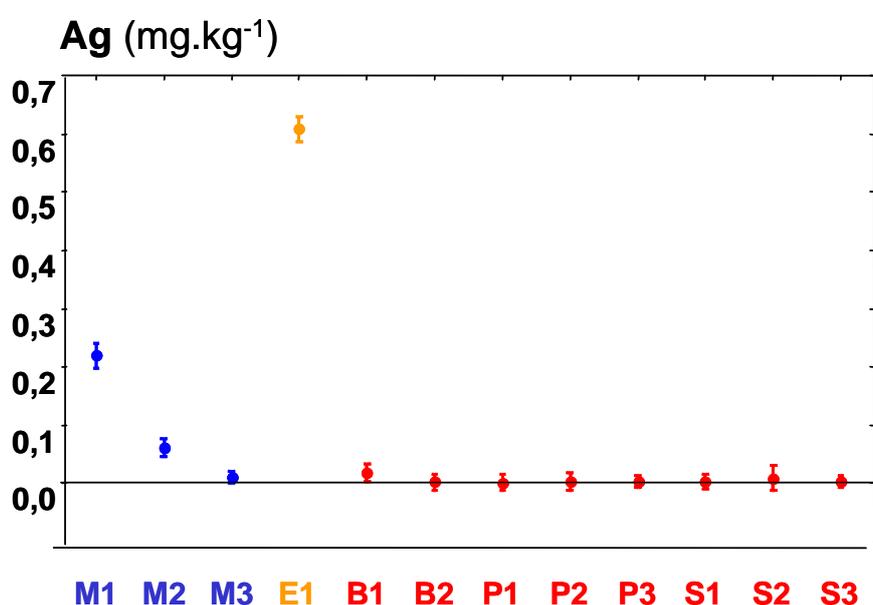
	Ag	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
17 déterminations (2 bars, 8 plies, 7 soles de zones distinctes)							
<b>moyenne</b>	0,0033	0,0016	6,71	0,125	0,072	0,076	5,77
<b>Médiane</b>	0,0026	0,0007	5,78	0,081	0,045	0,010	4,73
<b>Min</b>	0,002	0,0001	0,608	0,035	0,011	0,004	3,18
<b>MAX</b>	0,005	0,01	15,594	0,500	0,305	0,451	10,51
<b>Cent. 10</b>	0,002	0,0002	0,9900	0,048	0,0211	0,0067	3,93
<b>Cent. 90</b>	0,0048	0,0042	14,00	0,274	0,180	0,290	8,71
<b>Ecart type</b>	0,0001	0,0026	5,33	0,140	0,077	0,141	2,15

<sup>9</sup> Nakhle K., Cossa D., Claisse D., Beliaeff B., Simon S., 2007 - ICES Journal of Marine Science. 64 : 929-938  
Cadmium and mercury in Seine estuary flounders and mussels: the results of two decades of monitoring

- Ces mesures sont en accord avec de précédents constats réalisés il y a près d'une vingtaine d'années (Cossa *et al.*, 1990 ; Cossa *et al.*, 1992, )<sup>10</sup>.
- D'autres éléments de comparaison sur la contamination des poissons sont donnés en annexe. (Tableau Annexe 19 - Base métaux-poissons)

### III 1.3.- COMPARAISON DE LA CONTAMINATION PAR LES METAUX DANS LES MOULES ET LES POISSONS

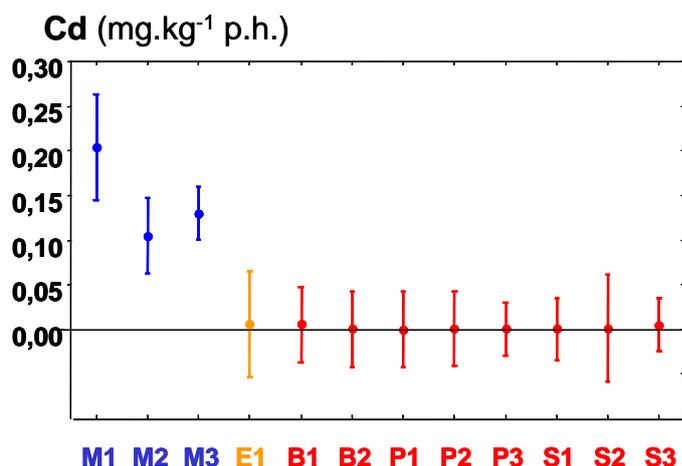
Les résultats de mesures des éléments traces dans la chair des moules et des poissons présentés (Fig. 3 et 4) sont groupés par espèces et par zones classées selon leur proximité avec l'embouchure de la Seine.



**Figure 3 : Contamination des organismes du littoral bas normand par l'argent (mg.kg<sup>-1</sup>, poids humide).** Moules M en bleu, crustacés E-étrilles en orange, et poissons en rouge, B-bars, P- plies, S-soles. Les indices 1,2 3 correspondent aux zones de prélèvements, soit 1 estuaire, 2 baie de Seine, 3 ouest-cotentin.

- Les moules de l'estuaire (zone 1) sont contaminées par l'argent
- Ces niveaux dans les bivalves diminuent rapidement en allant vers la baie (zone 2) et l'ouest du Cotentin (zone3)
- Les poissons n'accablent pas l'argent.
- La contamination des étrilles (1 seule mesure) justifie des compléments d'étude sur le devenir de cet élément dans les crustacés.

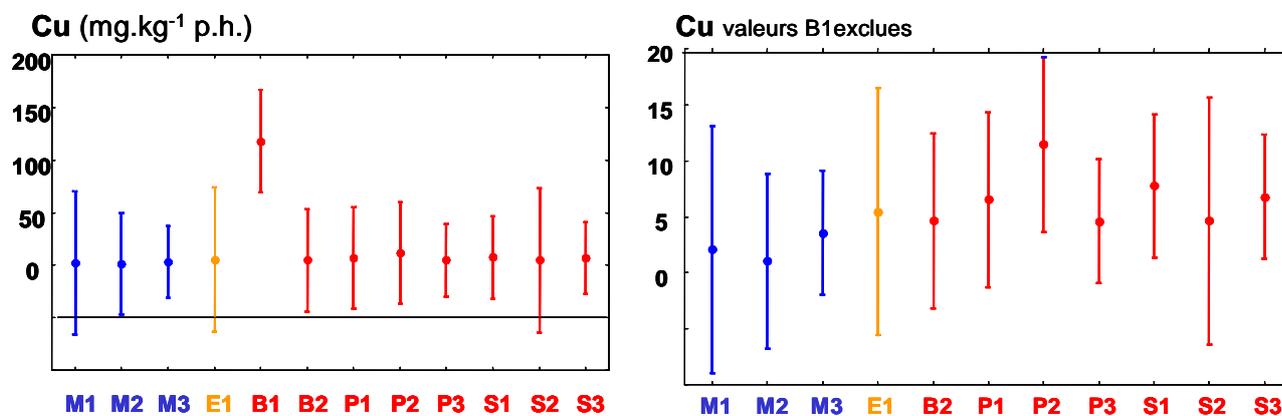
<sup>10</sup> Cossa D., Auger D., Averty B., Luçon M., Masselin P., Noel J.- Niveaux de concentration en métaux, métalloïdes et composés organochlorés dans les produits de la pêche côtière française, IFREMER, 1990  
Cossa D., Auger D., Averty B., Luçon M., Masselin P., Noel J.- Flounder (*Platichthys flesus*) muscle as an indicator of metal and organochlorine contamination of French Atlantic coastal waters. *Ambio*, 21 : 176-182.



**Figure 4 : Contamination (mg.kg<sup>-1</sup>, poids humide) des organismes du littoral bas normand par le cadmium (voir fig. 3 pour les légendes)**

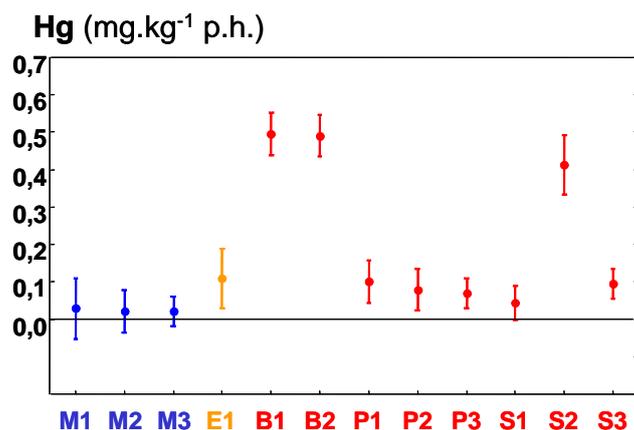
- Les moules reflètent bien la contamination de l'estuaire (M1) par le cadmium.
- Les étrilles et les poissons n'accumulent pas le cadmium.
- Concentrations Maximales Admissibles (mg.kg<sup>-1</sup> p.h.) :

<i>Poissons</i>	0,05 – 0,1
<i>Poissons prédateurs(espadons)</i>	0,3
<i>Crustacés</i>	0,5
<i>Céphalopodes</i>	1
<i>Mollusques bivalves</i>	1



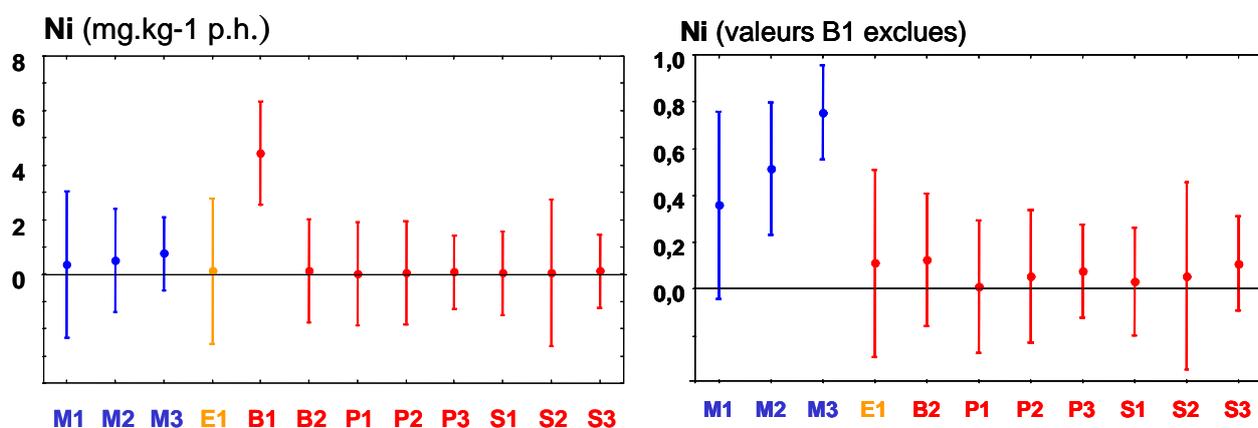
**Figure 5 : Contamination (mg.kg<sup>-1</sup>, poids humide) des organismes du littoral bas normand par le cuivre (voir fig 3 pour les légendes)**

- Les niveaux en cuivre particulièrement élevés dans les bars du Havre (B1) ont été exclus dans le nouveau graphe
- Ces mesures ne mettent pas en évidence « d'effet de zone »
- Les concentrations varient entre 1 et 7 mg kg<sup>-1</sup>(p.h.) dans les moules et entre 0,6 et 16 mg kg<sup>-1</sup>(p.h.) dans les poissons.



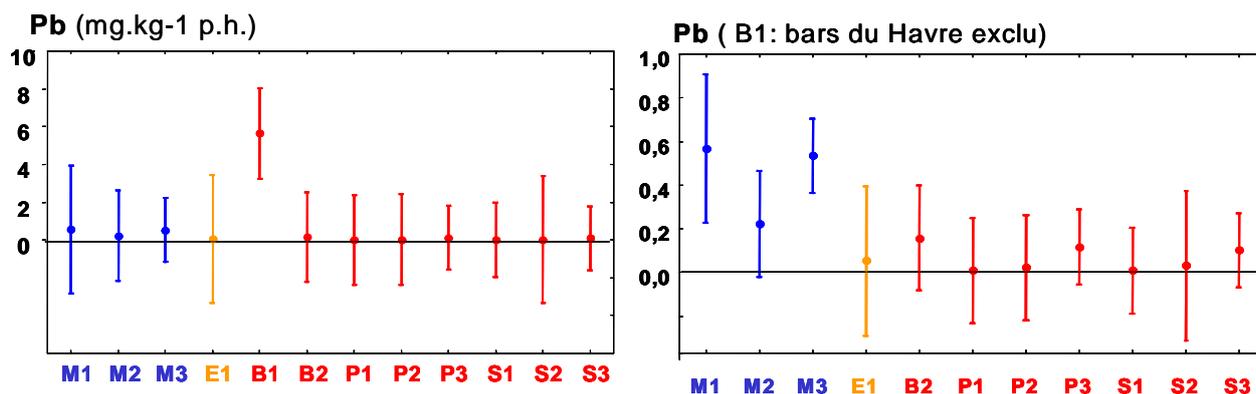
**Figure 6 : Contamination (mg.kg<sup>-1</sup>, poids humide) des organismes du littoral bas normand par le mercure (voir fig 3 pour les légendes)**

- Les poissons accumulent davantage le mercure que les moules et d'autant plus que leur chaîne trophique est longue (bar)
- Concentrations maximales admissibles en mercure (mg.kg<sup>-1</sup> p.h.)  
 Poissons 0,5 (grands prédateurs : 1)  
 Mollusques et autres produits de la mer 0,5



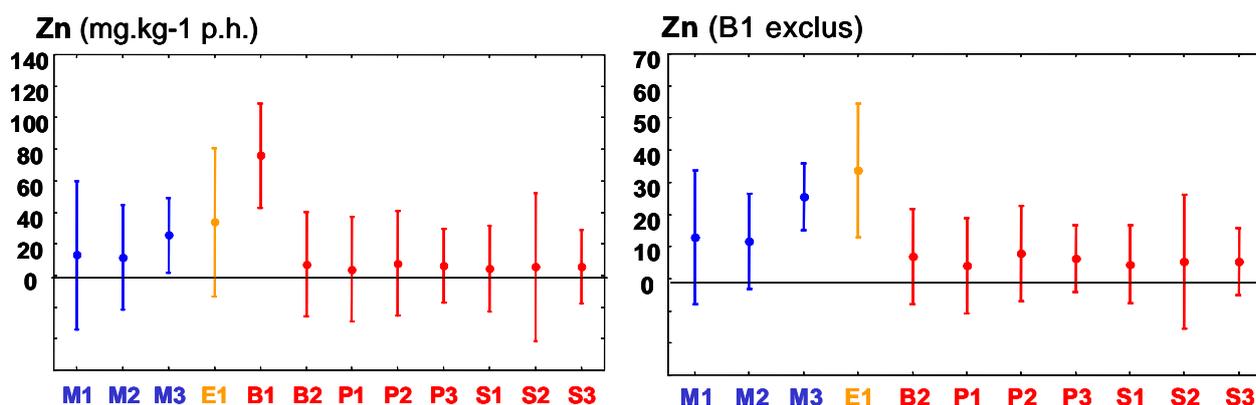
**Figure 7 : Contamination (mg.kg<sup>-1</sup>, poids humide). des organismes du littoral bas normand par le nickel (voir fig 3 pour les légendes)**

- Les concentrations en nickel sont plus élevées dans les moules (0,2-0,8 mg.kg<sup>-1</sup> p.h.) que dans la chair des poissons (<0,3).



**Figure 8 : Contamination (mg.kg<sup>-1</sup>, poids humide) des organismes du littoral bas normand par le plomb (voir fig 3, pour les légendes)**

- Une fois exclus les bars du Havre les concentrations dans la chair des poissons restent inférieures à 0,1mg.kg<sup>-1</sup>
- Dans les moules les concentrations en Pb varient entre 0,2 et 0,6 mg.kg<sup>-1</sup>(p.h.).



**Figure 9 : Contamination (mg.kg<sup>-1</sup>, poids humide) des organismes du littoral bas normand par le zinc (voir fig. 3 pour les légendes)**

- Une fois retirés les mesures correspondant aux bars du Havre les concentrations en Zn dans la chair des poissons restent inférieures à 10 mg.kg<sup>-1</sup>
- Dans les moules les concentrations en Zn varient dans la gamme entre 0,2 et 0,6 mg.kg<sup>-1</sup>(p.h.).

### III 1 4. - EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX METAUX PAR LA CONSOMMATION DE PRODUITS DE LA MER.

#### La démarche

Les apports de contaminants par la voie alimentaire se calculent à partir des quantités ingérées des divers produits pondérées par les concentrations en contaminants mesurées dans ces mêmes produits (apports =  $\sum_i C_i Q_i$ , où  $C_i$  désigne la concentration du contaminant dans le produit consommé en quantité  $Q_i$ ).

La consommation moyenne journalière de produits de la mer de la population française adulte, est estimée à 30g par jour pour le poisson et à 5 g par jour pour les mollusques et crustacés ensemble. (AFSSA, enquête INCA, 2000<sup>11</sup>). Ce sont ces consommations qui sont retenues pour le calcul de l'exposition moyenne.

Les concentrations prises en compte sont les concentrations médianes obtenues dans cette étude et les concentrations élevées sont celles correspondant au centile 90. Les estimations basse et haute des apports sont calculées sur la base de consommation moyenne et des concentrations médianes et élevées (centile 50 et centile 90) dans les différents produits. La consommation de crustacés n'est pas prise en compte.

Les situations de fortes expositions, considérées comme vraisemblables et réalistes, correspondent à de très gros consommateurs qui mangeraient 5 fois plus de produits de la mer que le consommateur moyen (soit 150 g poissons jours et 25 g de crustacés chaque jour) sachant que ces produits seraient très contaminés (concentrations égales au centile 90).

Ces apports journaliers en contaminants sont calculés en quantité par individu adulte et en quantité par kg de poids corporel sont ensuite comparés aux doses journalières et/ou mensuelles acceptables fixées par les groupes d'experts internationaux (JECFA-OMS-FAO) ou aux apports alimentaires tous aliments confondus.

---

<sup>11</sup>Enquête (INCA) individuelle et nationale sur les consommations alimentaires CREDOC, AFSSA Min. Agriculture et Pêche, (2000) Volatier J.L., Coord., Ed. TEC & DOC, 158 p.

## Résultats et interprétation

**Tableau 11 : Evaluation de l'exposition aux éléments traces par la consommation de produits de la mer.**

	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>Pb</b>	<b>Ag</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>
<b>Conc. dans moules (mg.kg<sup>-1</sup>)(1)</b>							
C médiane	0,15	0,03	0,39	0,09	1,73	0,37	15,7
C-90	0,29	0,06	0,77	0,74	2,28	0,62	21,8
<b>Conc. dans poissons (mg.kg<sup>-1</sup>)</b>							
C médiane	0,0007	0,08	0,01	0,0026	5,78	0,045	4,7
C-90	0,0042	0,27	0,29	0,0048	14,0	0,18	8,7
<b>Doses de références</b>	JECFA, 2003	JECFA, 2003	JECFA, 2000	ASTDR, US-EPA	JECFA, 1982	AFSSA, 2001	CSAH, 2003
DJA µg j <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> p.c (DJA µg. j <sup>-1</sup> individu <sup>-1</sup> )	1 (60)	0,23 (13,7) MeHg	3,6 (214)	5 (300)	500 (30000)	(600)	(25000)
DHT µg j <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> p.c	DHTP 7	1,6 Me Hg	25				25000
			214				
<b>Exposition journalière (2et 3) consommateur moyen (60 kg p.c.) en µg individu<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup></b>							
Apports moyen Niveau inférieur	0,8	2,6	2,3	0,18	20,5	3,2	220
Niveau supérieur	1,6	8,5	12,6	1,28	431,4	8,5	370
Apports situation à risque	7,9	42,6	62,8	6,41	2157	42,5	1851
<b>Exposition en pourcentage de la dose maximale admissible</b>							
Apports moyen Niveau inférieur	1,3	18,7	1		0,07	0,5	0,4
Niveau supérieur	2,6	62,	5,9		1,4	1,4	0,6
Apports situation à risque	13,1	310	29,3		7,2	7,1	3,1

### Notes explicatives

- (1) Ce sont les concentrations (valeur de la médiane et du centile 90) mesurées dans du littoral normand dans cette étude et dans le cadre du RNO pour les moules, dans cette étude pour les poissons.
- (2) Les apports moyens correspondant à l'exposition d'un consommateur moyen adulte (60kg poids corporel) qui consommerait quotidiennement 5 g de mollusques et 30g de poissons, ces produits étant moyennement contaminés pour le niveau bas de l'estimation ou au contraire fortement contaminés pour le niveau supérieur.
- (3) Les situations à risque correspondent à des exposition exceptionnellement élevées : celles de très gros consommateurs qui ingèreraient 5 fois la consommation moyenne, à la fois pour les moules (25 g par jour) et le poisson (150 g par jour) sachant que ces produits seraient systématiquement les plus contaminés (concentration égale au centile 90).

### Les éléments toxiques : cadmium, mercure et plomb.

Pour ces trois métaux toxiques la discussion de ces estimations de l'exposition s'avère relativement plus facile dans la mesure où d'une part des doses de référence ont été fixées par les instances internationales (JECFA, OMS FAO) et où d'autre part les teneurs maximales sont réglementées (Reg CE 1881/2006 de la Commission).

Pour le **cadmium**, les concentrations dans les mollusques (moules uniquement) et dans les poissons sont relativement faibles, les apports moyens par la consommation de produits sont estimés entre 0,8 et 1,6 µg par jour et par individu, soit moins de 3% de la dose maximale admissible. Pour les situations à risques (gros consommateurs de produits contaminés) les apports par les produits de la mer seraient de 7,9 µg.j<sup>-1</sup> par individu soit environ 0,9 µg par kg de poids corporel alors que selon l'étude Calipso<sup>12</sup> ils se situeraient à

<sup>12</sup> Leblanc J. Ch. (coord) (2006). – Etude des consommations Alimentaires de produits de la mer et Imprégnation aux éléments traces Polluants et Omega. AFSSA-INRA-Ministère agriculture et Pêche 160 p

des niveaux 5 à 10 fois supérieurs, entre 3,5 et 7.2 µg par kg de poids corporel pour les gros consommateurs du Havre. Les produits de la mer contribueraient pour environ 25-50 % à la totalité des apports par l'alimentation estimée en moyenne à 2,7 µg par jour dans l'étude INRA (Le Blanc, 2004) <sup>13</sup>. Les calculs intermédiaires conduisant à l'estimation de l'exposition au cadmium (tab 12) montrent une part des moules dans les apports très largement supérieure à celle du poisson, plus de 90% du total, compte tenu de la présence à des niveaux élevés du cadmium dans les bivalves.

La consommation de moules et de mollusques est généralement modeste et ne contribue pas de façon importante à l'exposition. Toutefois, des situations particulières, devraient cependant justifier des compléments d'investigations ; c'est par exemple le cas de la consommation de bulot de Normandie. Dans d'autres secteurs du littoral français, la contamination par le cadmium peut entraîner des cas de surexposition des consommateurs : ainsi la DHTP de 7 µg.kg<sup>-1</sup> p.c. serait atteinte par la consommation hebdomadaire de 420 g d'huîtres contaminées au niveau du mg.kg<sup>-1</sup>(p.h.), comme cela peut être le cas dans les secteurs de l'embouchure de la Gironde.

La **situation du mercure** se présente complètement différemment : c'est en effet la consommation de poisson qui est le principal vecteur de contaminant à l'homme. Sur la base de cette étude sur les espèces des côtes normandes, les apports moyens par les produits de la mer se situent entre 2,6 et 8,6 µg par jour soit entre 20 et 60 % de la dose maximale admissible; cette dose est largement dépassée, plus de 300 % de la DJA avec 42,6 µg par jour et par individu, dans le cas de situations de très fortes expositions. La contribution du poisson représente environ 95 % du total poisson moules. Les DJA prises en compte sont celles établies pour le méthyl-mercure qui est la forme largement prédominante pour le poisson. Les apports en mercure estimés pour les gros consommateurs du Havre dans l'étude CALIPSO sont entre 7,7 et 165 µg par jour (Le Blanc, 2004) <sup>12</sup>, démontrant le caractère exceptionnellement pessimiste de notre évaluation du pire cas réaliste (42,6 µg par ind. et par jour). Les apports alimentaires en mercure, tous aliments confondus sont estimés à 9,7 µg chez l'adulte. L'importance du poisson dans les apports alimentaires en mercure justifie la prudence des autorités sanitaires qui recommandent aux femmes en âge de procréer de restreindre leur consommation de poisson et tout particulièrement celle d'espèces prédatrices qui accumulent (biomagnification) le mercure.

---

<sup>13</sup> **Leblanc J. Ch.** (coord) (2006). – Etude de l'alimentation totale française Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation de la Pêche et des Affaires Rurales et INRA. 67 p

La **situation du plomb** se présente de façon intermédiaire à celle du cadmium et du mercure. Les apports estimés en plomb par les produits de la mer (tab. 11) sont estimés entre 2,3 et 12,6  $\mu\text{g}$  par jour pour les consommateurs moyens (soit entre 1 et 6 % de la dose maximale admissible). Pour les plus exposés (très gros consommateurs et poisson très contaminé) l'apport journalier serait de 62,8  $\mu\text{g}$  par individu soit 29,3 % de la dose maximale admissible. Les fortes teneurs en plomb mesurées dans cet échantillonnage expliqueraient ces apports alimentaires relativement importants. Les estimations de l'étude CALIPSO<sup>12</sup> conduit à des apports de 1 à 2 % de la dose maximale admissible (2 à 5  $\mu\text{g}$  par individu par jour). La totalité des apports alimentaires pour la population française est en moyenne de 18 $\mu\text{g}$  (Le Blanc, 2004)<sup>13</sup> par jour. La consommation des produits de la mer contribue assez peu à ces apports.

### L'argent et les oligo-éléments (Cu, Ni, Zn)

Il y a très peu de données sur la contamination des mollusques et du poisson. **par l'argent**. Toxiques pour les micro-organismes (sels d'argent), cet élément n'est pas réputé très toxique pour l'homme. Le principal effet connu concerne l'argyrie (intoxication à l'argent se traduisant par une coloration grise de la peau). Une DJA a été établie à 5 $\mu\text{g kg}^{-1}$  p.c.<sup>14 15</sup>. Les apports en argent via la consommation des produits de la mer estimés sont toujours inférieurs à 7 % de cette dose maximale, y compris pour les gros consommateurs et cela bien qu'ils soient sur évalués compte tenu de la forte contamination des organismes de cette zone. Ces résultats sont, somme toute, rassurants quant à la présence d'argent dans les produits de la mer.

Compte tenu de la rareté des données sur l'argent dans les produits de consommation, des investigations et de l'exemplarité de ce site, des études complémentaires devraient être encouragées sur la présence d'argent dans les organismes et plus particulièrement dans les crustacés (voir le cas des étrilles fortement contaminées pour lesquelles nous n'avons qu'une seule mesure).

Dans cette étude **les concentrations en cuivre** mesurées dans les poissons de cette étude sont élevées (5,8-14  $\text{mg.kg}^{-1}$  p.h.) en comparaison de celles rapportées par ailleurs qui leur sont inférieures d'un facteur 10 à 20, (voir annexes A19). Ces mesures conduisent à un apport entre 20 et 430  $\mu\text{g}$  par individu et par jour pour le consommateur moyen, et de 2160  $\mu\text{g}$  environ pour les très fortes expositions soit dans ce cas environ 7 % de la dose maximale admissible. Selon l'étude déjà citée<sup>13</sup>, pour la population française les apports alimentaires totaux en cuivre seraient de 1 à 1,5g.

**Le nickel** est aussi un oligo-élément. L'AFSSA a toutefois fixé une limite de sécurité à 600 $\mu\text{g}$  par individu jour pour l'exposition journalière. Sur la base des mesures obtenues au cours de l'étude les apports en nickel varient entre 3 et 8,5  $\mu\text{g}$  par jour soit entre 0,5 et 1,5 % de cette dose, elle serait de 42,5  $\mu\text{g}$  par jour soit environ 7 % dans le cas de très fortes expositions. L'apport journalier en nickel, tous aliments confondus, est estimé entre 94 et 149  $\mu\text{g}$ . La consommation de produits de la mer n'apparaît pas comme un problème pour la santé.

<sup>14</sup> <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp146.html#ASTDR> -Toxicological profile for silver.

<sup>15</sup> <http://www.epa.gov/iris/subst/0099.htm> - Integrated Risk Information System Silver (dernière révision 1996)

Pour le **zinc** les apports estimés sont entre 0,22 et 0,70 mg par jour et par individu soit moins de 0,6 % de la dose maximale admissible (60 mg par jour) les situations d'exposition exceptionnellement élevées conduiraient à des apports de l'ordre de 1,8-2 mg par jour, bien en dessous du maximum. La présence du zinc dans les produits de la mer, aux niveaux rencontrés, ne représente pas un risque sanitaire.

### **III. 2 – LES CONTAMINANTS ORGANIQUES DANS LES ORGANISMES DU LITTORAL BAS NORMAND**

A la différence des éléments métalliques les contaminants organiques suivis dans cette étude ne sont pas naturellement présents dans l'environnement. Ce sont des contaminants dont la présence dans le milieu ambiant est principalement liée aux activités humaines : totalement dans le cas de produits de synthèse comme les PCB ou les retardateurs de flamme du groupe des PBDE, les plastifiants du groupe des phtalates et résidus de détergents comme les alkyls-phénols, ou substances émises lors de processus de combustion lors de la production d'énergie dans le cas des hydrocarbures aromatiques polycycliques ou au cours de l'incinération de déchets dans le cas des dioxines (polychloro dibenzo-para-dioxines et polychloro dibenzo-furannes) et des HAP. Compte tenu de leurs origines, ces diverses substances, sont indicatrices d'activité industrielles et urbaines, et plusieurs d'entre elles ont été signalées, quelque fois à des niveaux particulièrement élevés, dans les organismes vivant en estuaire et en baie de Seine.

Un intérêt de l'étude de ces substances repose sur leur appartenance à de grandes familles de composés aux structures, aux propriétés physico-chimiques et caractéristiques toxicologiques très voisines. Ces substances d'une même famille diffèrent le plus souvent par le nombre de cycles (HAP) ou par le nombre et la position des substitutions des atomes d'halogène (PCB, PBDE, PCDD/F) leur conférant des propriétés différentes et, en résultante, des comportements différents dans l'environnement et dans les réseaux trophiques lié à leur affinité pour les graisses (caractère hydrophobe exprimé par le coefficient de partage octanol-eau,  $K_{ow}$ , et leur capacité de bioaccumulation ou de biotransformation. Leur analyse dans les tissus biologiques, permet d'obtenir pour chacune de ces familles une empreinte qui correspond à la distribution relative de ces différentes substances qui est la traduction des effets des divers processus environnementaux. On dispose donc d'un signal pour "tracer" ces substances.

La dernière caractéristique commune à ces divers groupes de contaminants organiques concerne les effets toxiques. Dans une même famille, les diverses substances possèdent des effets biologiques de différente sévérité mais qui reposent sur les mêmes mécanismes de toxicité. Dès lors il devient compliqué de prendre en compte la toxicité propre à chacune des molécules. La quantité toxique équivalente est une grandeur opérationnelle qui permet de réduire à une seule grandeur l'ensemble des contributions toxiques. On parle ainsi de quantité toxique équivalente en benzo[<sub>a</sub>]pyrène (TEQ-BaP), ou en 2378 TCDD (TEQ - 2378 TCDD) quand on parle de la toxicité présentée par les HAP d'une part, ou de celle des PCDD, PCDF ou PCB de type dioxine d'autre part. Ces quantités toxiques se calculent à partir des concentrations et des facteurs de toxicité. Ces différents concepts, fondamentaux pour l'évaluation du risque sanitaire, seront explicités plus en détail lors de la présentation des résultats faite par groupe de substances.

#### **III. 2.1.- LES POP ET LES HAP DANS LES MOULES ET LES POISSONS, NIVEAUX, EMPREINTES ET EXPOSITION DU CONSOMMATEUR**

Les tableaux présentent une synthèse des résultats de mesures de concentrations rapportées au poids de chair humide, dans les moules (tab. 12) et les poissons (tab. 13). L'ensemble des mesures figurent dans les tableaux donnés en annexe.

Dans les moules les niveaux de présence varient selon la proximité de l'estuaire. Si pour chacune des classes de contaminants on relativise les niveaux moyens mesurés dans chacune des zones par rapport à celui de la zone 3, supposée être la référence propre, on trouve pour les PCB: 5 en zone 2 et 50 en zone 1 alors que pour les dioxines (TEQ PCDD PCDF) ce rapport devient 2,5 et 10 en zone 2 et 3. Pour les PAH et les PBDE, les zones 2 et 3 se différencient peu et sont 5 à 10 fois moins contaminées que la zone à proximité immédiate de l'embouchure de la Seine.

**Tableau 12 : Contamination des moules par les POP et les HAP.** (concentrations rapportées au poids de chair humide).

n° ech	%MES	%MG	PCB 153 µg.kg <sup>-1</sup>	S7 PCB I. µg.kg <sup>-1</sup>	TEQ PCB-DL ng.kg <sup>-1</sup>	TEQ PCDD/F ng.kg <sup>-1</sup>	TEQ Total ng.kg <sup>-1</sup>	PBDE 47 µg.kg <sup>-1</sup>	S. PBDE µg.kg <sup>-1</sup>	BaP µg.kg <sup>-1</sup>	S. 15 HAP µg.kg <sup>-1</sup>	
<b>Zone 1 estuaire de Seine</b>												
Villerville	1	20	11,81	67,5	179,5	8,9	2,1	11,0	0,62	1,06	2,218	43,92
	2	20	9,6	79,3	200,8	9,8	2,6	12,4	0,62	1,08	5,142	54,23
	3	20	6,91	30,6	95,4	5,1	1,3	6,4	0,39	0,76	4,198	42,42
	4	20	8,72	60,5	148,9	7,0	1,7	8,6	0,57	0,96	2,348	39,15
<b>Zone 2 Baie de Seine</b>												
Ste Honorine	5	20	8,03	7,7	16,9	1,4	0,8	2,2	0,11	0,19	0,430	9,03
	6	20	9,49	5,8	12,7	1,2	0,5	1,7	0,10	0,16	0,098	2,20
Le Moulard	7	20	7,41	3,1	6,5	0,8	0,6	1,4	0,08	0,15	0,610	8,75
	8	20	6,43	3,2	7,3	0,7	0,3	1,0	0,11	0,20	0,116	2,56
<b>Zone 3 Ouest Cotentin</b>												
Pirou	9	20	7,82	0,8	1,9	0,3	0,3	0,5	0,07	0,15	0,392	6,93
	10	20	9,57	0,9	1,8	0,3	0,2	0,5	0,09	0,17	0,090	2,10
Bréhal	11	20	8,64	1,0	2,2	0,4	0,2	0,6	0,07	0,12	0,204	5,91
	Donville	12	20	5,05	0,7	2,1	0,2	0,2	0,4	0,11	0,236	4,61
Granville	13	20	4,59	0,7	2,0	0,2	0,2	0,3	0,11	0,22	0,354	6,64
	14	20	7,42	0,9	2,4	0,3	0,2	0,4	0,11	0,22	0,400	6,02
Hacqueville	15	20	6,29	1,2	3,3	0,4	0,2	0,6	0,10	0,20	0,538	7,40
	16	20	7,21	0,8	1,9	0,2	0,2	0,4	0,07	0,14	0,218	4,65
Champeaux	17	20	11,15	1,1	2,5	0,4	0,2	0,6	0,07	0,12	0,180	3,73

Pour les poissons on retrouve cette tendance dans l'évolution géographique de la contamination mais à un degré moindre ce qui s'explique par la multiplicité des facteurs environnementaux (déplacements des espèces) biologiques et chimiques agissant sur la bioaccumulation des diverses substances. Pour les PAH, on observe, ce qui est attendu, leur quasi-absence dans les poissons.

**Tableau 13 : Contamination des poissons par les POP et les HAP.** (concentrations rapportées au poids de chair humide).

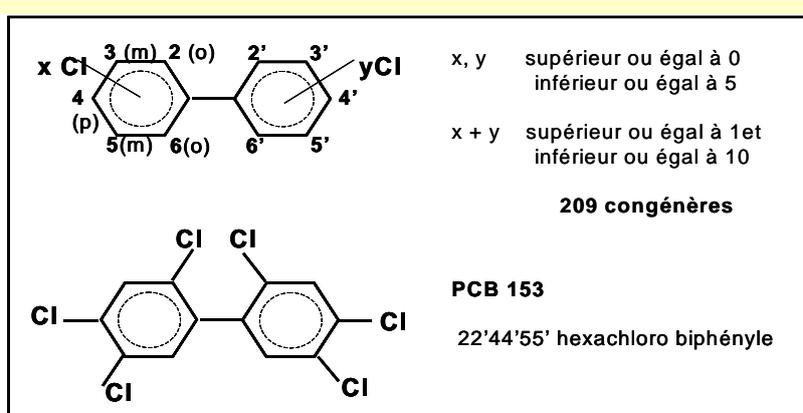
n° ech	%MES	%MG	PCB153 µg.kg <sup>-1</sup>	S7 PCB I. µg.kg <sup>-1</sup>	TEQ PCB-DL ng.kg <sup>-1</sup>	TEQ PCDD/F ng.kg <sup>-1</sup>	TEQ Total ng.kg <sup>-1</sup>	PBDE47 µg.kg <sup>-1</sup>	S. PBDE µg.kg <sup>-1</sup>	BaP µg.kg <sup>-1</sup>	S. 15 HAP µg.kg <sup>-1</sup>	
<b>Zone 1 estuaire de Seine</b>												
étrilles	18	20	4,9	24,7	54,1	4,8	1,1	5,9	0,06	0,10	0,018	0,441
	bars	32	28,5	17,7	54,4	118,7	9,2	1,4	10,6	2,51	3,20	0,024
plies	33	30,3	15,0	179,0	537,0	23,4	2,1	25,4	2,98	3,63	0,000	0,364
	25	22,9	10,6	37,1	91,2	4,6	1,2	5,8	0,26	0,26	0,26	0,26
barbue	26	21,4	6,8	10,9	28,1	1,6	0,6	2,2	0,14	0,14	0,14	0,14
	40	20	11,4	97,4	230,7	10,3	1,2	11,6	0,92	0,92	0,92	0,92
soles	41	20	11,8	88,1	207,4	8,4	0,9	9,3	0,61	0,61	0,61	0,61
	28	23,7	19,5	76,8	185,6	6,4	1,0	7,5	0,207	0,207	0,207	0,207
soles	29	24	18,8	91,2	234,8	8,8	1,0	9,8	0,355	0,355	0,355	0,355
	30	24,5	13,4	73,6	182,6	5,6	0,6	6,3	0,200	0,200	0,200	0,200
<b>Zone 2 Baie de Seine</b>												
bars	34	26,2	8,2	10,0	24,2	2,5	0,5	3,0	1,80	2,29	0,000	0,000
	35	23,4	9,1	49,2	111,1	8,0	0,8	8,8	3,92	5,18	0,014	0,000
plies	37	21,9	6,6	6,2	13,1	0,0	0,6	0,6	0,12	0,18	0,000	0,000
	38	23	7,6	7,4	16,6	0,1	0,8	0,8	0,20	0,30	0,004	0,000
soles	36	22,7	5,5	12,1	26,0	0,9	0,19	1,1	0,038	0,098	0,004	0,000
<b>Zone 3 Ouest Cotentin</b>												
plies	22	20,1	5,7	1,2	2,9	0,3	0,1	0,4	0,04	0,07	0,000	0,053
	23	24,1	12,6	2,1	4,7	0,5	0,2	0,8	0,096	0,143	0,000	0,000
	24	23,7	10,3	0,9	2,1	0,3	0,1	0,4	0,046	0,075	0,000	0,000
	39	21,3	4,7	0,5	1,2	0,2	0,1	0,2	0,035	0,053	0,014	0,000
soles	19	20	12,8	0,8	1,7	0,1	0,03	0,1	0,016	0,004	0,000	0,055
	20	23	3,6	30,2	74,0	1,6	0,05	1,7	0,048	0,007	0,000	0,000
	21	20,5	8,9	1,0	2,3	0,1	0,04	0,1	0,025	0,004	0,000	0,000
	31	22,1	2,7	0,7	1,7	0,1	0,02	0,1	0,024	0,002	0,000	0,000

## LES PCB ET LES DIOXINES DANS LES MOULES ET LES POISSONS : NIVEAUX ET EMPREINTES

Compte tenu de la similitude de certains de leurs effets toxiques et de l'expression des concentrations de ces deux groupes de substances en équivalent toxicité dioxine (TEQ), les résultats des PCB et des dioxines (PCDD et PCDF) seront discutés en parallèle.

### Les PCB (Polychlorobiphényles)

Les polychlorobiphényles (PCB) sont produits par chloration du biphényle. Cette synthèse conduit à la formation de mélanges techniques (Aroclor, Phénochlor) qui ont été utilisés comme isolants thermiques dans les transformateurs électriques notamment. Leur utilisation a été très réglementée, restreinte aux systèmes clos à partir de 1975 et finalement leur production a été arrêtée, en 1987 en France.



La synthèse des PCB conduit théoriquement à 209 composés distincts, les congénères de PCB, qui se distinguent par le nombre et la position des atomes de chlore sur la molécule. Ces différents constituants sont désignés selon la nomenclature usuelle par un numéro<sup>16,17</sup>, de CB1 (2-mono-chlorobiphényle) à CB209 (décachlorobiphényle). L'analyse détaillée des différents congénères de PCB<sup>18</sup> par chromatographie en phase gazeuse à haute résolution permet l'étude de leur distribution dans les organismes. Le CB153, 2,2',4,4',5,5'-hexachlorobiphényle, est très souvent le composé le plus abondant dans les matrices biologiques. Les concentrations sont le plus souvent rapportées en concentrations de congénère individuel ou en somme de congénères (en précisant lesquels). Les composés dits "PCB indicateurs ou PCB marqueurs" sont ceux qui sont suivis dans le cadre de programmes de surveillance ; ce sont les composés CB28, 52, 101, 118, 138, 153, et 180.

Les PCB, font partie des POP et sont caractéristiques de composés persistants, hydrophobes et bioaccumulables. Ils sont présents à l'état de traces dans l'eau, de l'ordre de la dizaine de pg par m<sup>3</sup> dans les eaux du large<sup>19</sup> et atteignent des concentrations de quelques mg par kg<sup>-1</sup> dans le lard des mammifères marins. Dans le cadre du RNO, les concentrations dans les bivalves, huîtres et moules, varient de quelques µg.kg<sup>-1</sup> à plusieurs centaines de µg.kg<sup>-1</sup> ; les niveaux les plus élevés sur l'ensemble du littoral sont mesurés à proximité de l'estuaire de Seine.

<sup>16</sup> Par commodité on désigne ces substances par PCB dans le sens général alors que selon l'usage très répandu CB désigne le congénère individuel suivi par son numéro dans la liste systématique proposée par Ballschmiter et Zell.

<sup>17</sup> **Ballschmiter K. H., Zell M.**, 1980. - Analysis of PCB by glass capillary gas chromatography. Fresenius J. Anal. Chem.; 302, 20-31.

<sup>18</sup> **Muir D., Sverko S.**, 2006. - Analytical methods for PCBs and organochlorine pesticides in environmental monitoring and surveillance: a critical appraisal. Analytical Bioanalytical Chemistry 386(4) : 769-789

<sup>19</sup> **Schulz-Bull D.E., Petrick G., Duinker J.C.**, 1991. - Polychlorinated biphenyls in North Sea water. Marine Chemistry, 36,365-384

L'exposition chronique aux PCB peut être à l'origine de divers dysfonctionnements observés en laboratoire : hypertrophie hépatique, effets cancérigènes, chloro-acné, altérations des fonctions reproductrices. Certains de leurs mécanismes de toxicité sont semblables à ceux des dioxines et des facteurs de toxicité en équivalent toxicité dioxine (2378 TCDD) ont été attribués aux congénères les plus toxiques, ceux qui ne sont pas substitués en positions ortho et à certains des composés mono-ortho substitués (PCB-DL). L'absence de substitutions en ortho de la liaison entre les deux cycles permet des configurations coplanaires, très comparables à celle de la 2378-TCDD (voir paragraphe consacré aux dioxines PCDD et PCDF). Les PCB non apparentés aux dioxines présentent d'autres mécanismes de toxicité qui sont aussi pris en compte dans la gestion du risque PCB.

Compte tenu de leur caractère toxique et bioaccumulable , **l'OMS<sup>20</sup> a établi pour les PCB une DJT de 0,02 µg/kg poids corporel en équivalent Aroclor soit 0,01µg/kg poids corporel pour la somme des 7 PCB indicateurs. Le dernier avis de AFSSA diffère un peu de cette Décision OMS<sup>21</sup>**

**Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'établissement de teneurs maximales pertinentes en polychlorobiphényles qui ne sont pas de type dioxine – Saisine n° 2006-SA-0305 (23 oct. 2007)**

## **CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS**

, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments émet les conclusions et recommandations suivantes :

- 1. Concernant le nombre de congénères constituant le groupe des PCB indicateurs** L'AFSSA estime que la prise en compte de 6 PCB-NDL (CB 28, 52, 101, 138, 153 et 180) est satisfaisante et suffisante pour la gestion de la contamination des denrées alimentaires par les PCB. Cette approche est en cohérence avec la future réglementation européenne relative aux PCB qui ne sont pas de type dioxine (PCB-NDL).
- 2. Concernant la méthodologie d'évaluation des risques sanitaires liés aux PCB-NDL** Les recommandations émises dans l'avis de l'AFSSA du 8 avril 2003 peuvent être reconduites, à savoir :
  - a. - la dose journalière tolérable (DJT) de 20 ng/kg p.c./j proposée par l'ATSDR (2000) et le RIVM (2001) pour l'ensemble des PCB est retenue comme valeur toxicologique de référence, sur la base d'effets neurologiques observés chez le singe ;
  - b. - l'évaluation des risques** réalisée sur la base de l'estimation de l'exposition alimentaire pour les **6 PCB-NDL doit prendre en compte une DJT de 10 ng/kg p.c./j.**

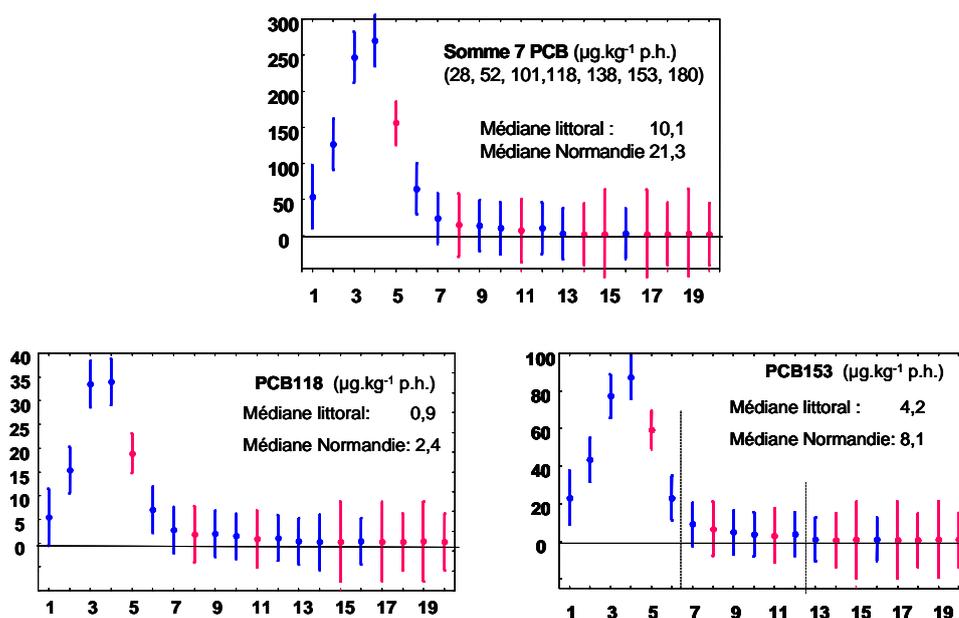
<sup>20</sup> WHO-IPCS 2003. - Polychlorinated biphenyls Human health aspects. Genève

<sup>21</sup> Notons que, dans cet avis de l'AFSSA, ce sont 6 congénères qui sont pris dans la somme des PCB-NDL, le PCB118, près de 15% de cette somme en est exclu.

## LES PCB

Les PCB (voir encart) font partie des contaminants suivis systématiquement dans les programmes de surveillance continue du milieu marin.

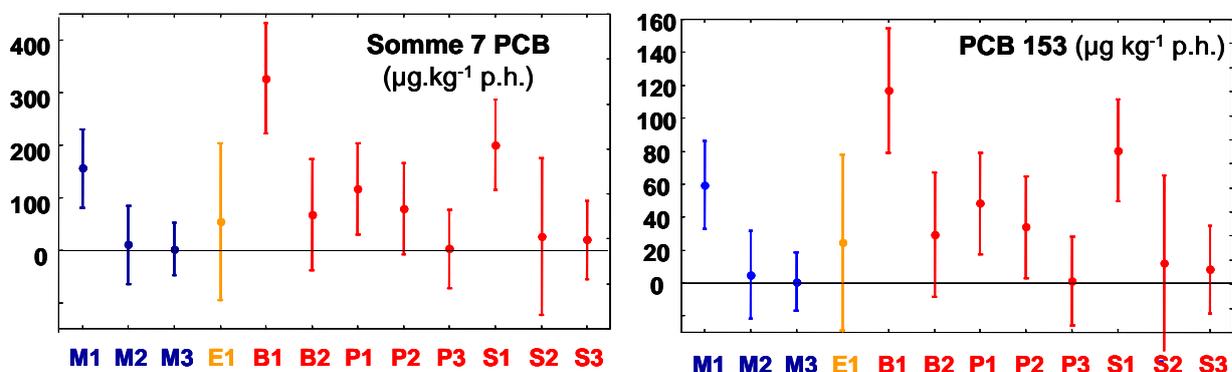
Les graphes (figure 10) situent les niveaux mesurés dans les prélèvements de moules réalisés dans le cadre de cette étude (en rouge) aux résultats du RNO (en bleu). Les deux groupes de résultats sont en accord. Le CB118, congénère mono-ortho substitué (23'44'5 penta-chlorobiphényle), varie comme le CB153 et comme les autres CB. Il appartient aussi au groupe des DL-PCB et contribue de façon importante à la quantité toxique équivalente (voir 51 et suivantes la partie consacrée aux PCB DL)).



**Figure 10 : Comparaison des niveaux de PCB dans les moules. Etude AESN et RNO**

Mesures RNO en bleu, 1-Vaucottes, 2-Antifer, 3-Cap de La Hève, 4-Villerville, 6-Ouistreham, 7-Port en Bessin, 9-Baie des Veys, 10-Le Moulard, 11-Cherbourg-Grande Rade, 13-Pirou Plage, 16-Bréville ; mesures de cette étude en rouge, 5-Villerville, 8-Ste Honorine, 11-Le Moulard, 14-Pirou Plage, 15-St Martin de Bréhal, 17-Donville Plage, 18-Granville-Pointe du Roc, 19-Hacqueville, 20-Champeaux.

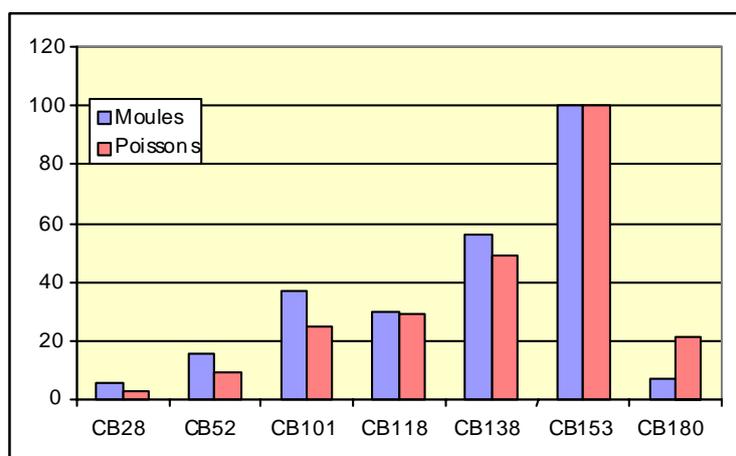
Les graphes suivants (figure 11) comparent la distribution des PCB dans les moules et les poissons.



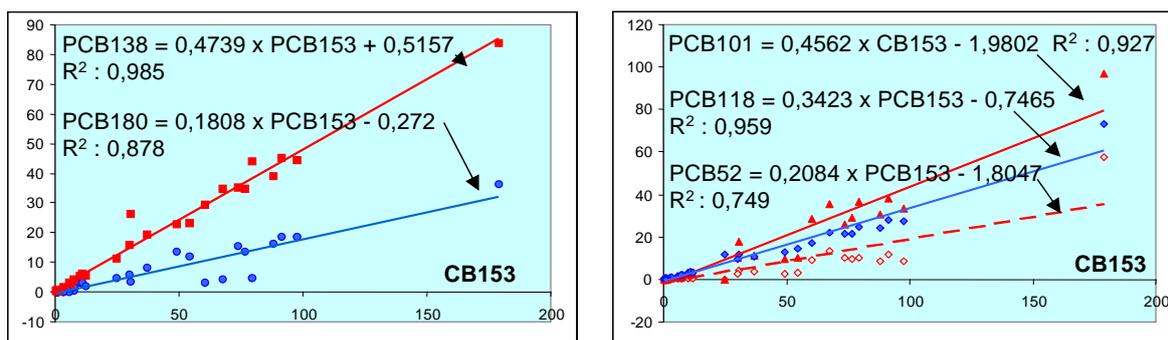
**Figure 11 : Contamination des organismes du littoral bas normand par les PCB.**

Pour les poissons, comme pour les moules, on constate bien le gradient de la contamination estuaire-large (1>2>3). Notons la contamination particulièrement élevée des bars de la zone estuarienne (B1). Un seul prélèvement d'étrilles (échantillon composite de 20 individus) a été analysé.

Les profils de PCB sont très comparables dans les bivalves et dans les poissons : les composés les moins chlorés (CB28, 52 et 101) ou partiellement métabolisables (CB138) sont relativement plus présents dans les moules qui accumulent sans les métaboliser les contaminants à partir de l'eau et des matières en suspension. Les très bonnes corrélations établies entre les différents congénères de PCB démontrent que globalement la bioaccumulation se produit avec conservation de leur empreinte. Ces observations sont classiques à propos des PCB marqueurs.



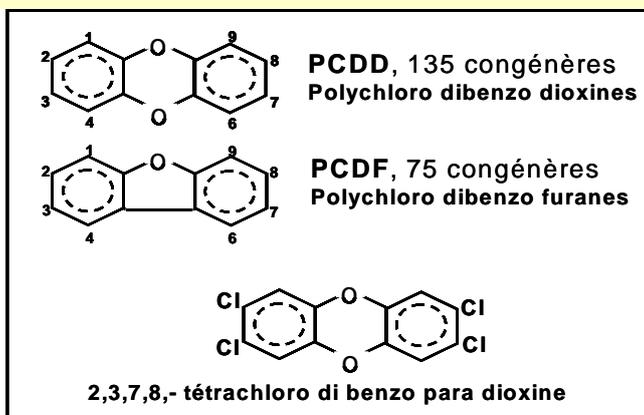
**Figure 12 : Empreintes des PCB : comparaison moules – poissons** (concentrations normalisées par rapport au CB153)



**Figure 13 : Corrélations entre les concentrations des CB individuels dans les organismes du littoral Bas Normand (CBx fonction de CB153).**

## LES DIOXINES ET LES PCB APPARENTES AUX DIOXINES

Le terme dioxines désigne les composés des groupes des PCDD (polychloro dibenzo-para-dioxines) et des PCDF (polychloro-dibenzofuranes). Ce sont des substances organochlorées, constituées de deux cycles benzéniques chlorés et liés par un (furanes) ou deux atomes d'oxygène (dioxines).



Structures chimiques des PCDD et des PCDF

### Origine

Les dioxines sont des sous-produits indésirés de réactions chimiques impliquant le chlore ou de processus de combustion. Parmi les procédés chimiques pouvant donner lieu à la formation de PCDD et de PCDF figurent la production de dérivés chloro-aromatiques (PCB, chlorophénols, acides chloro-phénoxy acétiques), blanchiment au chlore des pâtes à papier, production de PCB, électro-chloration, métallurgie. Actuellement ce sont les processus de combustion comme les échappements de véhicules automobiles, le recyclage des métaux et tout particulièrement **l'incinération des déchets urbains** qui représenteraient la principale source d'émission de dioxines dans l'environnement.

Les divers processus à l'origine des émissions de PCDD et de PCDF dans l'air ou dans l'eau produisent ces composés dans des proportions très différentes. L'analyse détaillée de prélèvements à proximité d'une source d'émission, par exemple près d'un incinérateur de déchets urbains, révèle une distribution relative des différents isomères et congénères de dioxines furanes et chlorées caractéristique de cette source. L'identification de sources n'est ainsi possible que dans le cas de pollution importante et récente dont l'empreinte n'est pas altérée par d'autres contaminations ni par des processus de dégradation physico-chimique dans l'environnement.

Evers *et al.* (1993)<sup>22</sup> (voir tableau annexe A20) ont étudié les sources et la distribution des résidus de PCDD et PCDF dans les sédiments estuariens et côtiers en Mer du Nord. Ils ont ainsi proposé des empreintes caractéristiques des différentes sources de dioxines. Brièvement, ils différencient deux types d'empreintes celles marquées par la présence de l'ensemble des constituants **caractéristiques de combustion** comme les incinérateurs, le trafic automobile, la métallurgie, les cimenteries, la récupération des métaux, (notons le caractère le plus souvent diffus de ces différentes sources de contamination) et celles caractéristiques de processus chimiques, **empreintes de chloration**, marquées elles par des constituants spécifiques. Il peut être important dans cette étude sur la contamination diffuse en estuaire et en baie de Seine, de préciser que des résidus de PCDF sont formés lors de la production industrielle de mélanges techniques de PCB.

<sup>22</sup> Evers E.H.G., Klamer H.J.C., Laane R.W.P.M., Govers H.A.J., (1993) -, PCDD/F residues in estuarine and coastal North Sea sediments and distribution. *Environm. Tox. & Chem.*, 12 : 1583-1598

Dans le matériel biologique, l'interprétation de ces empreintes est rendue encore plus délicate : la distribution relative des divers congénères des groupes PCDD et PCDF se trouve modifiée par des processus de biotransformation qui agissent différemment selon les constituants et selon la capacité des organismes à métaboliser ces substances.

L'interprétation des empreintes de dioxines en tant que signatures de sources potentielles de contamination reste cependant délicate. Concernant les processus de combustion les experts sembleraient actuellement d'accord sur les points suivants :

- la formation de tous les chloro-homologues au cours des processus de combustion,
- la prédominance des furanes chlorés sur les dioxines (S. PCDF >> S. PCDD)
- la formation dans le groupe des furanes dans des proportions TCDF > PeCDF > HxCDF > HpCDDF > OCDF
- la formation des différents groupes de chloro-dioxines dans des proportions variables sans aucune prépondérance de l'un ou l'autre des groupes d'isomères.

### **Devenir et effets des dioxines dans l'environnement**

Leur présence dans l'environnement au niveau du pg/g, est préoccupante en raison de leur persistance, de leur capacité à être bioaccumulées et de leurs propriétés toxiques. Les dioxines, comme les PCB et les POP présentent les caractéristiques physico-chimiques des polluants hydrophobes et persistants, potentiellement bioaccumulables. Leur coefficient de partage octanol-eau varie dans une large gamme ( $\log K_{ow}$  : 6,4 - 8) selon le nombre et la position des atomes de chlore dans la molécule.

### **Toxicité des dioxines et furanes polychlorés <sup>23</sup>**

La toxicité de ces composés se traduit par divers symptômes : effets cutanés, atteintes hépatiques, altération de la fonction immunitaire, atteinte à la fonction de reproduction. Les effets de ces substances vis-à-vis des organismes aquatiques et marins aux concentrations rencontrées dans l'environnement, sont assez mal connus. La plupart des travaux, plus fréquents sur la 2378 TCDD, concerne les petits rongeurs de laboratoire. La dioxine (TCDD) est l'un des composés chimiques les plus toxiques, les doses létales ( $DL_{50}$ ) variant de façon considérable selon les espèces animales. Elles s'échelonnent ainsi de 0,0006 mg/kg (poids corporel) chez le cobaye à 3 mg/kg (p.c.) chez le hamster. D'autre part la 2,3,7,8-TCDD a été reconnue en 1997 comme cancérigène pour l'homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer. Les 17 congénères toxiques qui possèdent, comme la 2,3,7,8-TCDD, un minimum de quatre atomes de chlore aux positions -2,3,7,8 présentent les mêmes mécanismes de toxicité.

### **La toxicité équivalente dioxine ou TEQ**

Afin de pouvoir caractériser la charge toxique liée aux dioxines, un indicateur a été accepté au niveau international, c'est la **toxicité équivalente en dioxine**, (au singulier ici, c'est la 2,3,7,8 -TCDD) ou TEQ basée sur l'activation de systèmes enzymatiques spécifiques du mécanisme de toxicité de la 2,3,7,8 -TCDD et de ses analogues structuraux. A chaque congénère est ainsi attribué un coefficient de toxicité (I-TEF = International Toxic Equivalent Factor) établi par comparaison de l'activité du composé considéré à celle de la 2,3,7,8 -TCDD. Dans un échantillon, la quantité toxique équivalente (TEQ) se calcule simplement en sommant les concentrations

<sup>23</sup> INSERM (2000) Expertise collective. Dioxines dans l'environnement. Quels risques pour la santé ? INSERM Ed. 406p.

des 17 composés les plus toxiques, pondérées par leurs facteurs respectifs de toxicité équivalente (TEQ =  $\sum c_i \times \text{TEF}_i$ ).

Du fait de leurs similarités structurales, molécule plane ou proche du plan du fait de la position des atomes de chlore sur la molécule, certains congénères de PCB qui ne possèdent pas d'atomes de chlore en position ortho et aussi quelques-uns des constituants mono-chloro substitués<sup>24</sup>, présentent les mêmes mécanismes de toxicité que la 2,3,7,8 -TCDD; pour cette raison, il leur a été attribué des facteurs d'équivalence toxicité dioxine.

**Facteurs de toxicité équivalente (TEF : toxicity equivalent factors) pour les dioxines (PCDD et PCDF) et les PCB apparentés aux dioxines** (van den Berg *et al.*, 1998<sup>25</sup> ; van den Berg *et al.*, 2006<sup>26</sup>)

PCDD			PCDF			PCB		
	TEF 1998	TEF2 006		TEF 1998	TEF2 006		TEF 1998	TEF 2006
2378-TCDD	1	1	2378-TCDF	0,1	0,1	<b>PCB non ortho</b>		
12378-PeCDD	1	1	12378-PeCDF	0,05	<b>0,03</b>	CB77	0,0001	0,0001
123478-HxCDD	0,1	0,1	23478-PeCDF	0,5	<b>0,3</b>	CB81	0,0001	<b>0,0003</b>
123789-HxCDD	0,1	0,1	123478-HxCDF	0,1	0,1	CB126	0,1	0,1
123678-HxCDD	0,1	0,1	123789-HxCDF	0,1	0,1	CB169	0,01	<b>0,03</b>
1234678-HpCDD	0,01	0,01	123678-HxCDF	0,1	0,1	<b>PCB non ortho</b>		
OCDD	0,0001	<b>0,0003</b>	234678-HxCDF	0,1	0,1	CB105	0,0001	<b>0,0003</b>
			1234678-HpCDF	0,01	0,01	CB114	0,0005	<b>0,0003</b>
			1234789-HpCDF	0,01	0,01	CB118	0,0001	<b>0,0003</b>
			OCDF	0,0001	<b>0,0003</b>	CB123	0,0001	<b>0,0003</b>
						CB156	0,0005	<b>0,0003</b>
						CB157	0,0005	<b>0,0003</b>
						CB167	0,00001	<b>0,0003</b>
						CB189	0,0001	<b>0,0003</b>

Les facteurs de toxicité équivalente (TEF) ont été réévalués en 2005 ; les nouvelles valeurs (TEF OMS2006) inférieures aux précédentes dans le cas des PCB sont indiquées dans le tableau précédent mais il s'avère que les publications récentes font encore la plupart du temps référence aux TEF définis en 1998.

Notons que les PCB de type dioxine possèdent des facteurs de toxicité nettement inférieurs à ceux des dix-sept dioxines et furanes substituées aux positions 2,3,7,8, mais qu'ils contribuent de façon très importante au TEQ par ce qu'ils sont présents à des niveaux supérieurs de plusieurs ordres de grandeur à ceux des PCDD et PCDF.

### **Les aspects réglementaires**

Les concentrations maximales dans les produits de la mer sont fixées **pour les dioxines (TEQ PCDD+PCDF) et pour les TEQ total (PCDD+PCDF) respectivement à 4 et 8 pg.g<sup>-1</sup> poids frais** dans la chair à l'exception des anguilles (6 et 12 pg.g<sup>-1</sup> poids frais)<sup>27</sup>.

<sup>24</sup> La libre rotation des cycles phényle autour de la liaison carbone-carbone permettant à la molécule d'atteindre une configuration stérique proche du plan, favorable aux réactions enzymatiques et à la formation d'intermédiaires toxiques

<sup>25</sup> Van den Berg *et al.*, 1998 - Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs PCDFs for humans and wildlife. Environ. Health Perspect., **106**, 775-792

<sup>26</sup> Van den Berg *et al.*, 2006 - The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds, Toxicological Sciences, **93**(2) 223-241

<sup>27</sup> Règlement (CE) No 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 fixant les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires

Les experts de la FAO et de l'OMS ont **établi à 70 pg par mois et par kg de poids corporel la limite provisoire de la dose mensuelle tolérable admissible** (PTMI provisional tolerable monthly intake).

## LES DIOXINES, PCDD ET PCDF

Les dioxines (voir l'encart les dioxines et les PCB apparentés aux dioxines) englobent les PCDD (Polychloro benzo para dioxines) et les PCDF (Polychloro-benzo-furanes). Les concentrations en PCDD (somme des sept congénères substitués en 2378) varient entre 1 et 15 ng.kg<sup>-1</sup> de chair humide et aux mêmes niveaux, 0,7-14 pour les PCDF (somme des 10 composés substitués en 2378). Dans les poissons, les furanes présentent des niveaux un peu supérieurs à ceux des dioxines : S. PCDD 0,11-1,0 et S. PCDF : 0,08-8,8 en ng.kg<sup>-1</sup>. Ce constat apporte un indice de la bioaccumulation plus importante des PCDF que celle des PCDD (figure 14).

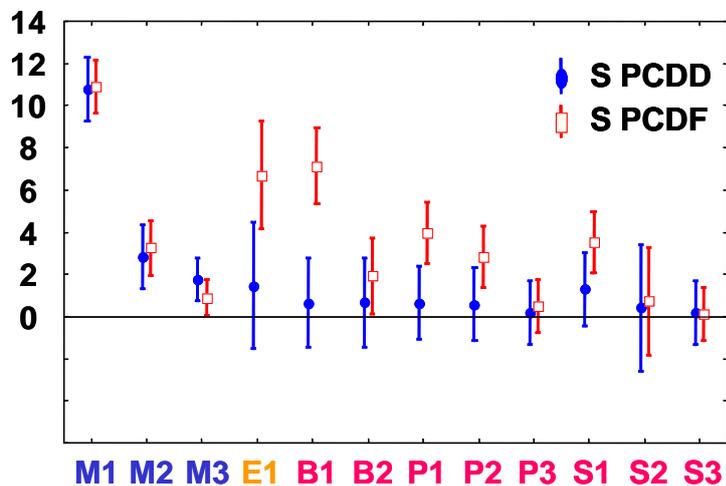


Figure 14 : Concentrations des PCDD et PCDF (en ng.kg<sup>-1</sup>p.h.) dans les organismes du littoral bas normand. (somme des 7 PCDD ou des 10 PCDF substituées en 2378).

Le plus souvent, les concentrations en PCDD et PCDF s'expriment en quantité toxique équivalente (TEQ) calculées ici (figure15) en prenant les facteurs d'équivalence établis en 1998 (figure15).

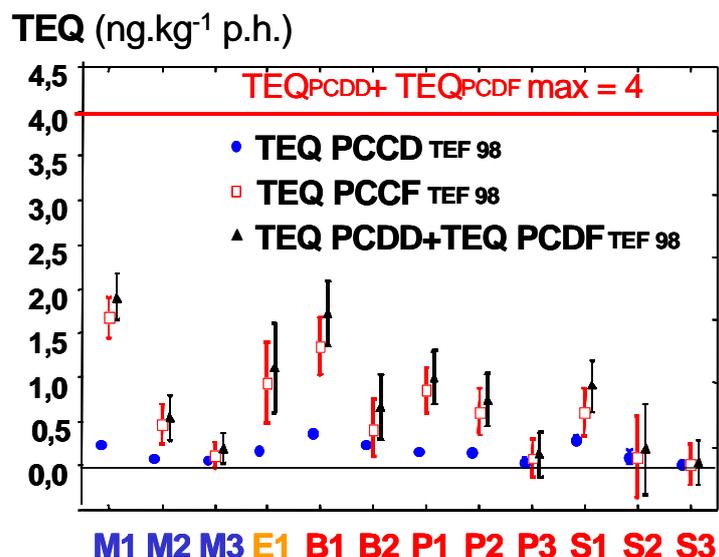


Figure 15 : Quantité toxique équivalente dans les organismes du littoral bas normand.

Les teneurs en dioxines, somme des TEQ PCDD et PCDF, sont toujours très inférieures aux concentrations maximales admissibles fixées à  $4 \text{ ng.kg}^{-1} \text{ p.h.}$  Pour chaque groupe d'espèces (moules M, et poissons B, P, S), on observe la tendance décroissante des concentrations quand on s'éloigne de l'estuaire de la Seine. Les niveaux en TEQ des dioxines (PCDD) varient assez peu, environ  $0,05 - 0,4 \text{ ng.kg}^{-1} \text{ p.h.}$  alors que les PCDF, environ  $0,1 - 2 \text{ ng.kg}^{-1} \text{ p.h.}$  contribuent de façon plus importante au TEQ (PCDD +PCDF) (figure15).

Les changements intervenus en 2006 sur les valeurs des facteurs de toxicité (TEF<sub>2006</sub>) entraîne une diminution d'environ 20% des quantités toxiques équivalentes correspondant aux PCDD et PCDF (figure 16).

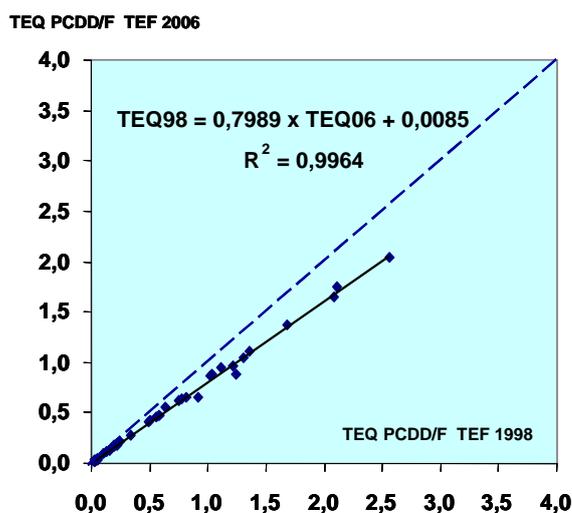
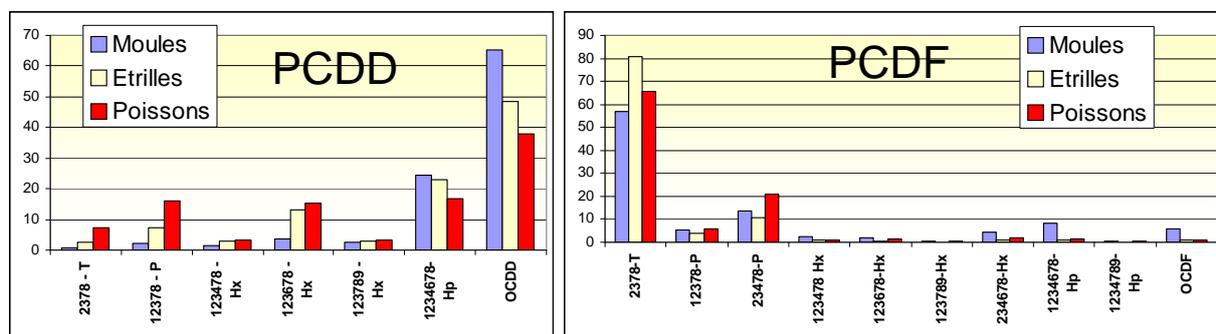


Figure 16 : Corrélation entre les deux valeurs des quantités toxiques équivalentes, calculées selon les TEF<sub>1998</sub> ou selon les TEF<sub>2006</sub>.

La distribution des différents congénères de PCDD et PCDF dans les poissons diffère de celle observée dans les moules que ce soit en concentration relative (figure17) ou selon leur contribution au TEQ (figure18).

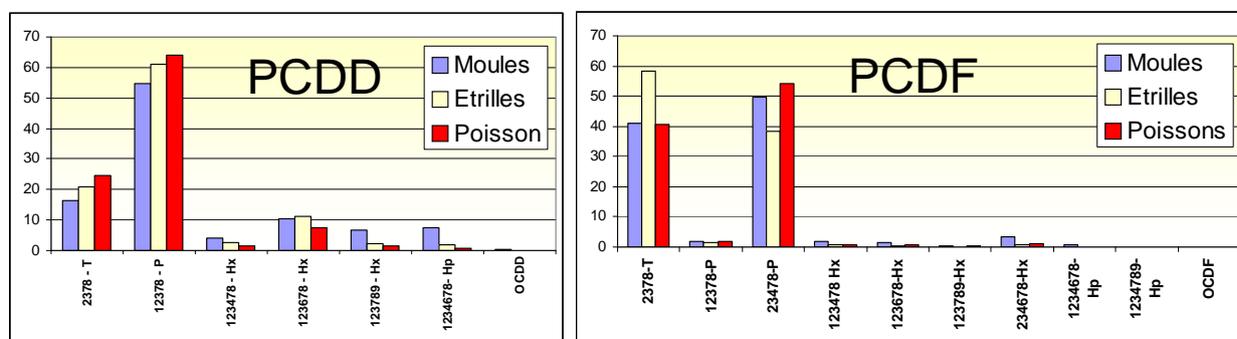


**Figure17 : Distribution des PCDD -7 congénères 2378 substitués- et des PCDF - 10 congénères 2378 substitués - profils normalisés par rapport à la Somme des PCDD ou par rapport à la Somme des PCDF.**

Sur la base des concentrations, les composés les plus importants sont :

- OCDD > 2378-TCDF > 12346-HpCDD > 23478-PCDF dans les moules
- et 2378-TCDF > OCDD > 23478-PeCDF > 12346Hp-CDD > 12378-PeCDD > 123678-HxCDD > 2378-TCDD dans les poissons.

Ces différences s'expliqueraient par la biotransformation plus efficace de certains constituants par les poissons, dans l'hypothèse très vraisemblable de l'alimentation comme principale voie de contamination.

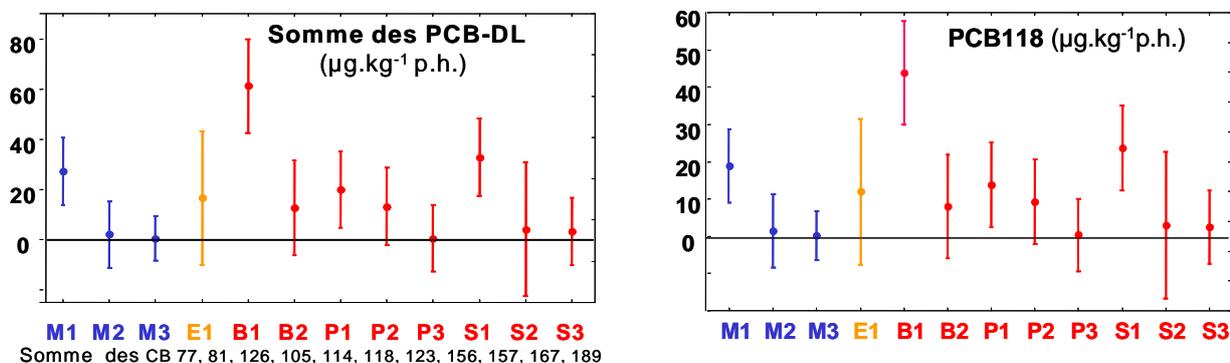


**Figure18 : Contribution relative au TEQ des PCDD (7 congénères 2378 substitués) et des PCDF (10 congénères 2378 substitués)**

Sur la base de leurs contributions au TEQ, (figure 18) les composés les plus importants sont : 12378-PeCDD > 23478-PeCDF > 2378-TCDF > 2378-TCDD, dans les moules et dans les poissons.

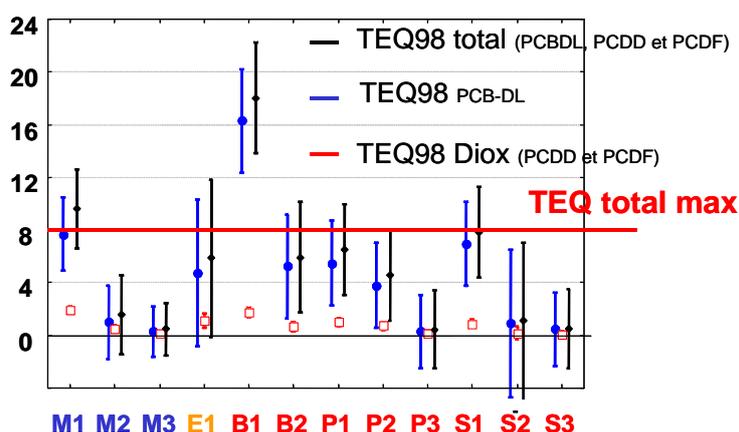
## LES PCB DE TYPE DIOXINE.

Les PCB apparentés aux dioxines (PCB-DL) ne sont pas suivis dans le cadre du RNO à l'exception du congénère CB118 qui appartient à la fois au groupe des PCB indicateurs et à celui des PCB-DL, et des congénères CB105 et CB156 qui y ont été rajoutés en raison de leurs caractéristiques toxiques.



**Figure 19: Concentrations en  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  des PCB de type dioxine (PCB-DL) dans les organismes du littoral bas normand.**

Les concentrations des PCB-DL varient sur une gamme de concentrations relativement large, entre 0,2 et 100  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p. h. pour la somme des PCB-DL. Notons les très grandes plages de variation des concentrations de ces composés et les différences de niveaux selon les différents congénères : les concentrations en CB118, congénère largement majoritaire parmi les PCB-DL, représentent près de 65 % de l'ensemble des PCB-DL et varient entre 0,13 et 75  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h. alors que plusieurs de ces PCB-DL (CB81 et 169) représentent individuellement moins de 1/1000 de la somme des PCB-DL.



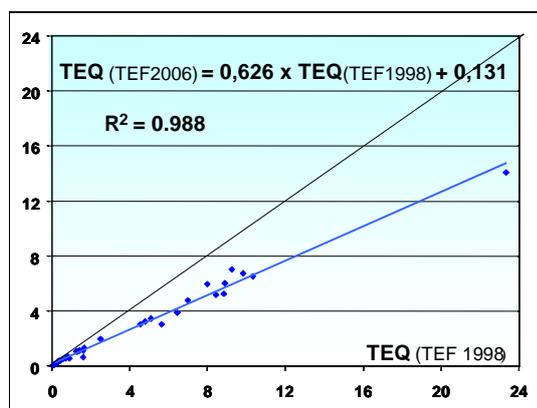
**Figure 20 : PCB-DL exprimés en Quantité toxique équivalente (TEQ<sub>1998</sub> PCB-DL) dans les organismes du littoral bas normand.**

Sur la base des quantités toxiques équivalente en dioxine, les PCB-DL contribuent beaucoup plus que les dioxines aux TEQ totales, pour environ 60 - 65 % dans les moules - cette proportion a tendance à diminuer en fonction de l'éloignement de l'estuaire-, et pour près de 65 - 70 dans les poissons.

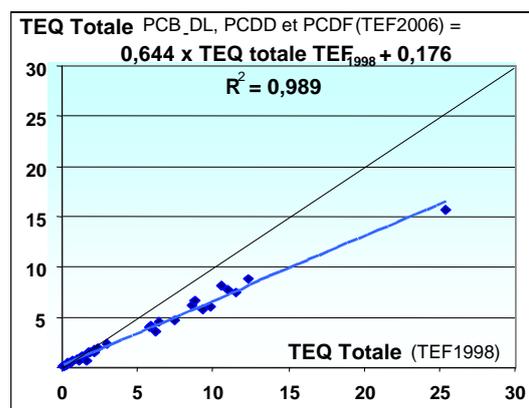
Cette forte contamination par les PCB se traduit par un dépassement du maximum de la TEQ totale, dans deux échantillons, provenant de la proximité de l'embouchure de la Seine, parmi les quarante analysés (moules de Villerville, bar du Havre). (La TEQ totale maximale est fixée à 8 ng.kg<sup>-1</sup> p.h. pour les produits de la mer)

Comme pour celle des dioxines (figure 16), la quantité toxique TEQ<sub>2006</sub> des PCB-DL calculée en utilisant les TEF les plus récents est inférieure, environ 60% de la valeur des TEQ<sub>1998</sub>, comme estimé par la corrélation (figure 21a) :  $TEQ(TEF_{2006}) = 0,626 TEQ(TEF_{1998}) + 0,131$  ( $R^2 = 0,988$ ). Ce changement des valeurs des TEF se traduit bien évidemment sur une diminution des valeurs des TEQ<sub>2006</sub> totales ( PCDD, PCDF, PCB DL ( figure 21 b).

**a - TEQ - PCB-DL**

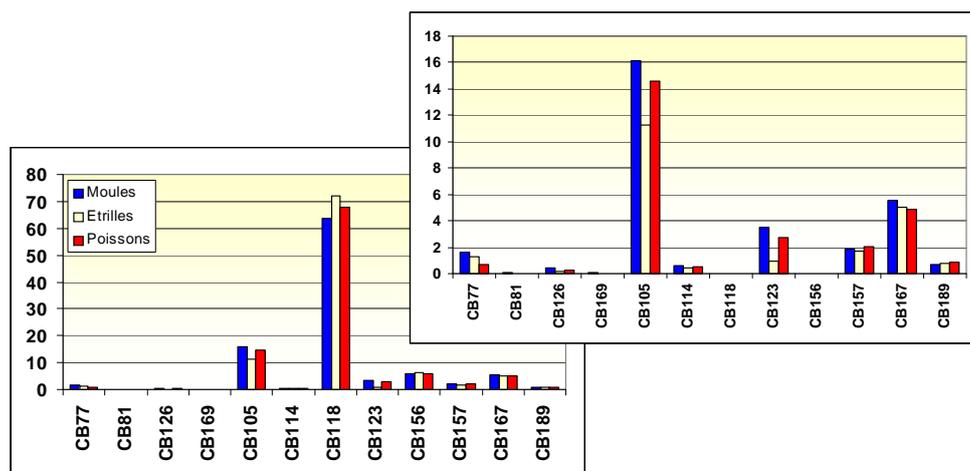


**b- TEQ-totale dioxines (PCDDet PCDF) et PCB-DL**

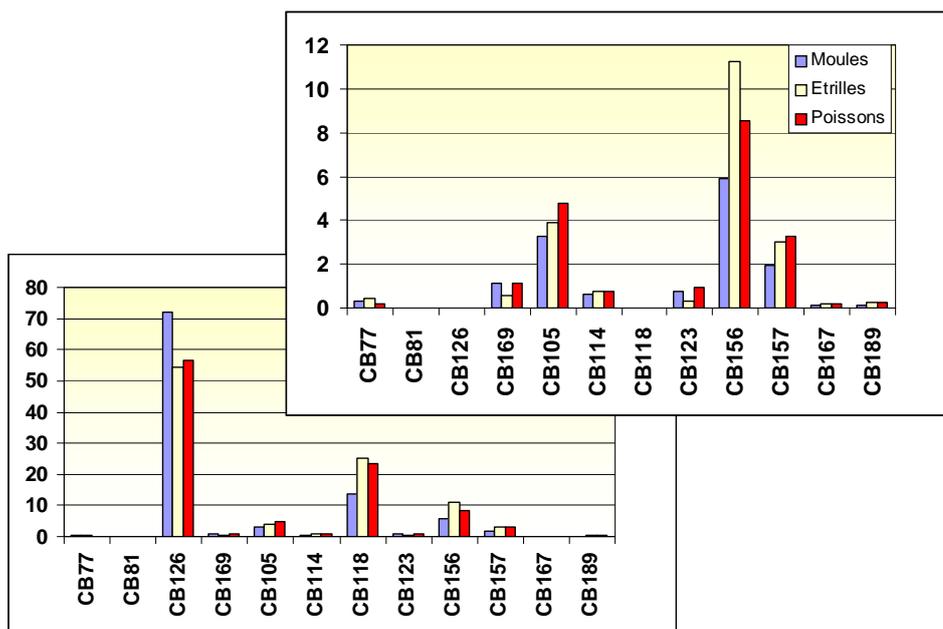


**Figure 21 : Corrélation entre les deux valeurs des TEQ calculées selon les TEF<sub>1998</sub> ou selon les TEF<sub>2006</sub>.**(Fig 21 a- TEQ des PCB-DL, 21b- TEQ totale).

La distribution des différents congénères de PCB-DL dans les poissons est très peu différente de celles observées dans les moules : que ce soit selon les concentrations des composés individuels (figure 22) ou de leur contribution au TEQ (figure 23).



**Figure 22 : Distribution des PCB de type dioxine dans les moules et les poissons.** - profils normalisés par rapport à la somme des PCB-DL. (Le changement d'échelle d'un graphe à l'autre visualise l'importance relative des congénères les moins abondants).



**Figure 23 : Contribution relative au TEQ des PCB-DL (normalisation par rapport au TEQ1998 PCB-DL)**

Les composés les plus importants en concentrations sont, dans l'ordre, les congénères CB118, 105, 156 et 167 sur la base de leurs concentrations alors que selon leurs contributions relatives aux TEQ ce sont les composés CB126, 118, 156, 105, 157, 169.

Le point le plus important qui ressort de l'examen de l'empreinte des PCB et des PCB-DL est son caractère relativement constant qui se traduit aussi par diverses corrélations d'intérêt pratique. En effet compte tenu des difficultés et des coûts analytiques<sup>28</sup>, des faibles niveaux de présence des PCB-DL dans les produits de la mer, de l'incertitude analytique associée à de telles mesures il pourrait être intéressant dans une première approche d'évaluer le TEQ PCB-DL à partir des concentrations de composés majoritaires (PCB indicateurs) et des corrélations établies entre les congénères de PCB ou le TEQ. Cette évaluation du TEQ devra ensuite être confirmée par l'analyse de tous les PCB dès que le TEQ ainsi estimé s'approchera de la limite réglementaire maximale du TEQ.

Des exemples de telles corrélations qui permettraient une estimation du TEQ PCB-DL à partir des concentrations des congénères majoritaires sont donnés ci dessous mais il est évident que, avant sa généralisation, cette approche devrait être validée sur une large base de données la plus diversifiée que possible (diverses espèces de poissons et mollusques de toutes origines) :

$$\begin{aligned} \text{TEQ estimée (ng.kg}^{-1}\text{)} &= 0,114 \times \text{CB153 (}\mu\text{g.kg}^{-1}\text{)} + 0,252 & R^2 &= 0,935 \\ \text{TEQ estimée (ng.kg}^{-1}\text{)} &= 0,238 \times \text{CB138 (}\mu\text{g.kg}^{-1}\text{)} + 0,166 & R^2 &= 0,928 \\ \text{TEQ estimée (ng.kg}^{-1}\text{)} &= 0,329 \times \text{CB118 (}\mu\text{g.kg}^{-1}\text{)} + 0,543 & R^2 &= 0,947 \end{aligned}$$

<sup>28</sup> L'analyse des PCB indicateurs est plus communément accessible que l'analyse des PCB de type dioxine qui, elle, requiert des étapes de purification et de pré-fractionnement de l'extrait selon un protocole analytique qui se rapproche de celui des PCDD et PCDF.

## EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX PCB.

L'ensemble des mesures de PCB (PCB indicateurs ou NDL selon l'AFSSA) sont rassemblées dans le tableau 14, celles de PCB-DL dans le tableau 15 : ces niveaux de contamination sont relativement élevés en relation avec la contamination chronique de l'estuaire et de la baie de Seine.

**Tableau 14 : Synthèse des données de PCB ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$  de chair humide) dans les moules et les organismes.**

	CB153	s.7CB	s.6CB	CB153	s.7CB	s.6CB
	<b>Moules</b>			<b>Poissons</b>		
<b>moyenne</b>	15,6	40,5	35,6	37,8	95,3	83,6
<b>Médiane</b>	1,2	3,3	2,9	11,5	27,0	23,8
<b>Min</b>	0,7	1,8	1,6	0,51	1,19	1,06
<b>MAX</b>	79,3	200,8	176,2	179,0	537,0	463,9
<b>Cent. 10</b>	0,7	1,9	1,7	0,8	1,7	1,5
<b>Cent. 90</b>	63,3	161,1	142,0	90,9	228,4	201,3
<b>Ecart type</b>	26,7	69,2	60,8	46,6	129,1	112,4

**Tableau 15 : Synthèse des données de PCB-DL ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$  de chair humide) dans les moules et les organismes.**

	CB118 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	s.PCB-DL $\mu\text{g.kg}^{-1}$	TEQ 98 $\text{ng.kg}^{-1}$	CB118 $\mu\text{g.kg}^{-1}$	s.PCB-DL $\mu\text{g.kg}^{-1}$	TEQ 98 $\text{ng.kg}^{-1}$
	<b>Moules</b>			<b>Poissons</b>		
<b>moyenne</b>	4,91	7,12	2,20	11,75	16,60	4,36
<b>Médiane</b>	0,39	0,66	0,38	3,30	5,18	1,63
<b>Min</b>	0,18	0,30	0,18	0,13	0,22	0,08
<b>MAX</b>	24,63	34,52	9,82	73,09	100,19	23,36
<b>Centile 10</b>	0,20	0,34	0,22	0,20	0,30	0,11
<b>Centile 90</b>	19,15	27,58	7,72	27,10	38,54	9,20
<b>Ecart type</b>	8,39	11,99	3,28	16,85	23,22	5,53

### Evaluation de l'exposition aux PCB marqueurs (NDL).

Il n'existe pas de consensus sur les teneurs maximales admissibles pour les PCB indicateurs dans les produits alimentaires.

L'exposition aux PCB par la consommation des produits de la mer a été estimée à partir de mesures précédentes en suivant la même démarche que celle suivie pour les métaux. Ces apports alimentaires estimés sont ensuite comparés aux valeurs toxiques de référence recommandées par l'AFSSA (Avis AFSSA du 27/10/2007, voir l'encart PCB, page 41).

**Tableau 16 : Evaluation des apports en PCB indicateurs par la consommation de poissons et mollusques.**

Conc. dans moules ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )		Conc. dans poissons ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )	
C médiane	2,9	C médiane	23,8
C-90	142	C-90	201,3
Dose de référence			
DJA : $10 \text{ ng kg}^{-1} \text{ p.c. jour}^{-1}$ $600 \text{ ng j}^{-1} \text{ par individu}$ ou <b>18000 ng par mois par individu</b>			
Apports moyen Niveau inférieur	728,5 $\text{ng j}^{-1}$ ou <b>21855 par mois par individu</b>		
Niveau supérieur	6740 $\text{ng j}^{-1}$ ou <b>202200 mois et par individu</b>		
Apports situation à risque	33700 $\text{ng j}^{-1}$ ou <b>1011000 mois et par individu</b>		
Apports moyen Niveau inférieur	1,20 la Dose recommandée		
Niveau supérieur	11,2 la Dose recommandée		
Apports situation à risque	56 la Dose recommandée		

Les mesures obtenues dans cette étude conduisent à des valeurs estimées de l'exposition qui dépassent le maximum recommandé par l'AFSSA dans toutes les situations. Ainsi les apports en PCB par la consommation de poisson sont entre 1 et 10 fois la DJT pour les consommateurs moyens et plus de 50 fois au dessus pour les situations les plus à risque. Ce constat repose sur un échantillonnage réduit, et compte tenu de quelques spécimens très contaminés à l'est de la baie de Seine, les apports correspondent en fait à des expositions assez exceptionnellement élevées. Les évaluations réalisées dans le cadre de l'étude Calipso conduisent à des expositions aux PCB indicateurs via les produits de la mer entre 91 et 161  $\mu\text{g}$  par mois et par individu (valeurs médiane selon diverses sous-populations) et entre 290 et 566  $\mu\text{g}$  pour les consommateurs les plus exposés (valeur correspondant percentile 95), chiffres du même ordre de grandeur que ceux trouvés dans cette étude.

Ces diverses évaluations, qu'il faudrait préciser par un échantillonnage approprié et plus systématique, souligne une nouvelle fois le caractère préoccupant de la contamination par les PCB des organismes vivant à proximité de l'estuaire de la Seine.

### **Evaluation de l'exposition selon l'approche TEQ.**

#### ***Le cas des dioxines (PCDD et PCDF)***

Les concentrations en dioxines sont toujours inférieures à la concentration maximale TEQ =  $4 \text{ ng.kg}^{-1} \text{ p.h.}$

Sur la base des mesures de TEQ<sub>1998</sub>, les apports mensuels en dioxines seraient entre 550 - 1383 pg par individu pour le consommateur moyen, alors qu'un gros consommateur de poissons qui de plus seraient les plus contaminés, absorberait mensuellement 6915 pg d'équivalent toxicité dioxine, quantité à comparer à la dose mensuelle admissible de 4200 pg. Si ce n'est qu'elle montre qu'il n'y a pas de réel problème d'exposition aux dioxines par la consommation de produits de la mer, cette évaluation n'a aucun sens pratique puisque la notion de toxicité, et la réglementation qui en a été dérivée, avec une valeur-seuil globale de 8 ng TEQ.kg<sup>-1</sup> p.h., prennent en compte les PCB-DL et les dioxines ensemble. La dose

mensuelle admissible globale, toutes sources confondues, reste fixée à 70pg TEQ kg<sup>-1</sup> poids corporel mois<sup>-1</sup>.

### *Le cas des dioxines (PCDD et PCDF) et des PCB DL*

La concentration maximale admissible exprimée en TEQ totale (TEQ PCDD, PCDF et PCB-DL) dépasse le maximum admissible (8 ng.kg<sup>-1</sup> p.h.) dans les produits de la mer (tableaux 17 et 18) dans 9 cas (3 échantillons de moules de Villerville, et 6 prélèvements de poissons).

**Tableau 17 : Synthèse des données de PCB-DL et dioxines exprimées en TEQ, quantité toxique équivalente (ng.kg<sup>-1</sup> de chair humide) dans les moules.** (En rouge, les mesures supérieures au maximum).

	Dioxines PCDD/F		PCB-DL		PCDD/F et PCB-DL	
	TEQ TEF1998	TEQ TEF2006	TEQ TEF1998	TEQ TEF2006	TEQ TEF1998	TEQ TEF2006
<b>moyenne</b>	0,68	0,56	2,20	1,56	2,88	2,12
<b>Médiane</b>	0,25	0,22	0,38	0,35	0,60	0,54
<b>Min</b>	0,15	0,13	0,18	0,14	0,33	0,28
<b>MAX</b>	2,55	2,06	9,82	6,68	12,36	8,74
<b>Centile 10</b>	0,16	0,14	0,22	0,19	0,40	0,35
<b>Centile 90</b>	1,84	1,54	7,72	5,24	9,56	6,78
<b>Ecart type</b>	0,76	0,62	3,28	2,19	4,03	2,81

**Tableau 18 : Synthèse des données de PCB-DL et dioxines exprimées en TEQ, quantité toxique équivalente (ng.kg<sup>-1</sup> de chair humide) dans les poissons.** (En rouge, les mesures supérieures au maximum).

	Dioxines PCDD/F		PCB-DL		PCDD/F et PCB-DL	
	TEQ TEF1998	TEQ TEF2006	TEQ TEF1998	TEQ TEF2006	TEQ TEF1998	TEQ TEF2006
<b>moyenne</b>	0,62	0,50	4,36	2,80	4,97	3,3
<b>Médiane</b>	0,57	0,46	1,63	1,23	2,28	1,76
<b>Min</b>	0,02	0,02	0,08	0,05	0,1	0,07
<b>MAX</b>	2,08	1,65	23,36	14,04	25,44	15,69
<b>Centile 10</b>	0,04	0,04	0,11	0,08	0,15	0,12
<b>Centile 90</b>	1,23	0,96	9,20	6,47	10,52	7,33
<b>Ecart type</b>	0,55	0,44	5,53	3,43	6,04	3,83

Selon l'approche TEQ, et sur la base des mesures obtenues dans cette étude, les apports en TEQ (tableau 18), entre 2142 et 10902 pg mensuellement pour le consommateur moyen et 54510 pg pour le consommateur le plus exposé, soit respectivement 0,5 ; 2,5 et 13 fois environ la dose de référence mensuelle individuelle, fixée à 4200 pg par individu et par mois. Ces ordres de grandeurs sont assez comparables aux quantités estimées dans l'étude

Calipso, réalisées, entre 4574 et 8223 pour de gros consommateurs et 27912 pg pour les consommateurs les plus exposés.

**Tableau 19 : Evaluation des apports en PCB et dioxines indicateurs par la consommation de poissons et mollusques selon l'approche TEQ.**

TEQ dans moules (ng.kg <sup>-1</sup> )		TEQ dans poissons (ng.kg <sup>-1</sup> )	
C médiane	<b>0,60</b> (0,54)	<b>2,28</b> (1,76)	
C-90	<b>9,56</b> (6,78)	<b>10,52</b> (7,33)	
<b>Dose de référence</b>			
<b>Dose mensuelle</b> <b>70 pg mois<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup> p.c</b>		70 soit 4200pg par individu et par mois	
Apports Niveau inférieur		<b>2142</b> par mois par individu (si TEQ <sub>2006</sub> : 1665)	
Niveau supérieur		<b>10902</b> par mois et par individu ( 7614)	
Apports situation à risque		<b>54510</b> par mois et par individu ( 38070)	
Apports moyen Niveau inférieur		0,5 la Dose maximale tolérable (0,4 si TEQ <sub>2006</sub> )	
Niveau supérieur		2,6	(1,8 si TEQ <sub>2006</sub> )
Apports situation à risque		13	(9,1 si TEQ <sub>2006</sub> )

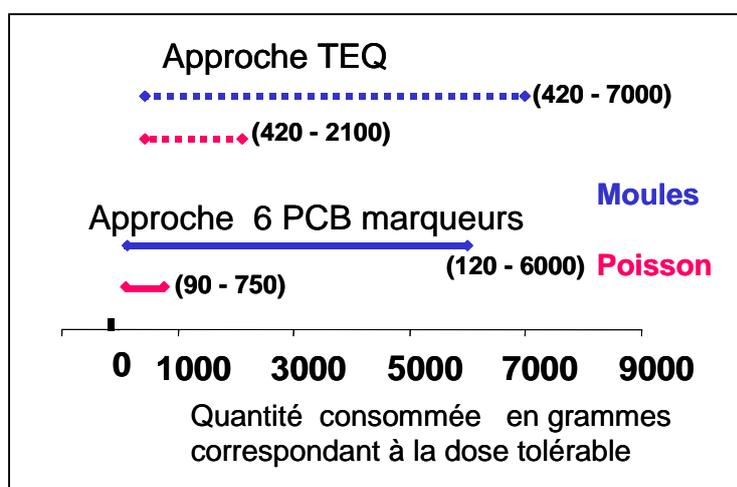
Si on prend en compte les dernières valeurs des facteurs de toxicité équivalente (TEF<sub>2006</sub>) ces apports seraient sensiblement inférieurs, tout en restant très souvent supérieurs à la quantité maximale admissible, soit selon les différents scénarios de consommation respectivement 1665, 7614, et 38070 pg ou près de 0,4 - 1,8 - 8 9 fois la dose tolérable de référence (qui reste, elle, inchangée : 4200 pg par individu et par mois).

Les calculs intermédiaires conduisant à ces estimations montrent que , comme pour la plupart des composés bioaccumulables c'est la consommation de poisson qui contribue très majoritairement à l'exposition aux PCB et aux dioxines, pour environ 80 à 90 % des quantités ingérées.

Enfin, la comparaison des deux approches, celle de l'AFSSA qui prend en compte les PCB indicateurs et celle basée sur le TEQ, montre qu'elle conduisent à des résultats comparables. Toutefois, le schéma (figure 24) montre que les quantités maximales de produits, moules et poissons qu'il serait possible de consommer mensuellement tout en restant en dessous de la dose tolérable mensuelle sont plus élevées dans l'approche basée sur les TEQ, 420g (somme des 6CB) au lieu de 90 g dans le cas de produits très contaminés. L'approche sur les PCB indicateurs serait plus protectrice du consommateur vis à vis du risque PCB et dioxines. Cette observation est inattendue, si on garde à l'esprit que d'une part il ne s'agit pas des congénères généralement considérés comme les plus toxiques, et que d'autre part les dioxines (PCDD et PCDF) ne sont pas pris en compte dans l'approche des 6 PCB marqueurs.

Elle rappelle en tous cas que les PCB<sub>i</sub>, (non coplanaires), ont leur métabolisme et leurs effets toxiques propres dans l'organisme humain et peuvent, vu leur forte concentration relative dans les sources d'exposition que sont les produits de la mer en Baie de Seine

orientale, être les éléments primordiaux à prendre en compte dans la prévention des risques sanitaires, avant les PCB-DL et les dioxines.



**Figure 24 : Comparaison de l'évaluation de la consommation maximale selon les deux approches, (approche AFSSA par la somme des 6 CB indicateurs et l'approche TEQ).**

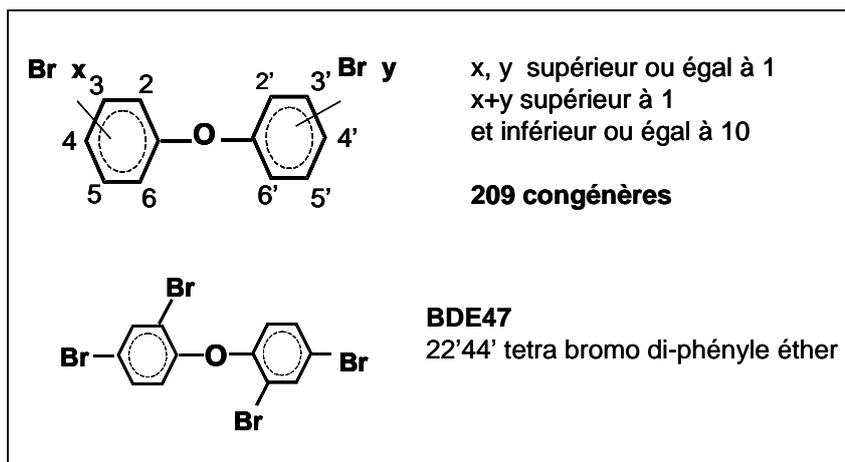
Cependant le risque sanitaire est bien réel en regard des doses toxiques de référence en vigueur et des niveaux de contamination. Pour réduire l'exposition des consommateurs vis à vis de ce risque il pourrait être judicieux de recommander une consommation modérée de produits venant de la proximité immédiate de l'estuaire. C'est d'ailleurs ce qu'a préconisé l'AFSSA dans son dernier avis sur la présence de PCB et de dioxines dans les aliments.

*« Considérant l'intérêt nutritionnel de la consommation de poisson, l'Afssa préconise, à l'instar d'autres agences sanitaires, de favoriser une consommation diversifiée de différentes espèces de poisson, issues de différentes zones de pêche en évitant, à titre de précaution, une consommation exclusive de poissons dits gras provenant des zones de pêches les plus contaminées par les PCB. » Avis AFSSA - Saisine n° 2006-SA-0305 (23/10/07)*

## LES POLYBROMOBIPHENYLES ETHERS.

### LES POLYBROMO DIPHENYLE ETHERS (PBDE)

Les PBDE englobent une large famille de composés bromés utilisés comme produits retardateurs de flamme dans les textiles, les matériaux isolants, les matières plastiques, l'équipement électronique et par conséquent sont largement disséminés dans tout l'environnement. Différents mélanges techniques ont été utilisés notamment les produits penta, octa et déca bromés. Actuellement c'est le mélange décabromé, qui est principalement utilisé, suite à l'interdiction des mélanges penta bromés en 2001.



### Structure chimique des PBDE

Les concentrations en PBDE dans les organismes marins se situent au niveau de quelques  $\mu\text{g}$  par kg de chair.

Ces substances sont reconnues comme de possibles perturbateurs endocriniens. La préoccupation concernant les dérivés bromés est liée à leur détection dans tous les compartiments de l'environnement y compris dans les organismes et, plus important, au constat de l'augmentation très sensible des teneurs environnementales ces dernières années. A titre indicatif, au cours des dernières décennies les teneurs dans le lait humain en Suède aurait doublé tous les 5 ans (Noren et Meironyte, 1998<sup>29</sup>) constat confirmé par ailleurs (Hites *et al.*, 2004)<sup>30</sup>. Par contre, les résultats d'analyse rétrospective de la surveillance des oeufs de guillemots menée en Suède (Sellstrom *et al.*, 2003<sup>31</sup>) démontreraient une tendance à la baisse de ce cette contamination par les PBDE à partir du milieu des années 80 avec un retour vers 1995-2000 à un niveau comparable à celui observé en 1970. De telles observations ont été réalisées à IFREMER par l'analyse rétrospective sur la période de prélèvements de moules, réalisés dans le cadre de la Surveillance RNO (Johansson *et al.*, 2004<sup>32</sup>).

<sup>29</sup> Noren et Meironyte, 2000. Certain organochlorine and organobromine contaminants in Swedish human milk in perspective of past 20-30 years. *Chemosphere* **40**: 1111-1123

<sup>30</sup> Hites *et al.*, 2004. Polybrominated diphenyl ethers in the environment and in people: a meta analysis of concentrations. *Environ. Sc. Technol.* **38** (4): 945-956

<sup>31</sup> Sellstrom *et al.*, 2003 Temporal trends studies on tetra- and pentabrominated diphenyl ethers and hexabromocyclodecane in guillemot egg from the Baltic Sea. *Environ. Sc Technol.*, **37**: 5496-5501

<sup>32</sup> Johansson I., *et al.* (2006) - Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in mussels from selected French coastal sites: 1981-2003. *Chemosphere*, **64**(2) 296-

Par ailleurs il faut noter que si le produit le plus utilisé est le mélange contenant en moyenne 10 atomes de brome, donc très majoritairement le composé BDE209, ce n'est pas ce congénère qui est retrouvé dans les tissus biologiques : en général c'est le composé tétra-bromé BDE47 qui est détecté en plus forte concentration, reflétant la complexité des processus de dégradation des PBDE et celui de leur transport dans l'environnement.

Actuellement il n'existe pas de dose toxique de référence ni de réglementations sur la présence des PBDE dans les aliments et sur les concentrations maximales admissibles. Le rapport d'évaluation réalisé pour Santé Canada<sup>33</sup> considère comme suffisamment sûre la concentration critique de 0,8 mg/Kg poids corporel<sup>34</sup>.

Le document AFSSA<sup>35</sup> présente une synthèse récente des informations sur les PBDE dans les produits alimentaires, cette note souligne aussi le manque de données suffisantes en toxicologie qui permettent d'établir les doses référence pour ces substances.

---

<sup>33</sup> *Rapport d'évaluation préalable — Santé Santé Canada Le 25 février 2004. Polybromodiphényléthers (PBDE) [tétra-, penta-, hexa-, hepta-, octa-, nona- et déca-]*

[www.ec.gc.ca/RegistreLCPE/documents/subs\\_list/HC\\_PBDEs\\_f.pdf](http://www.ec.gc.ca/RegistreLCPE/documents/subs_list/HC_PBDEs_f.pdf)

<sup>34</sup> Cette concentration considérée comme sûre correspondrait pour un adulte (60 kg, 50 ans) à une consommation quotidienne d'environ 3 kg si ces mêmes poissons sont en moyenne contaminés au niveau de  $1\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  en supposant de plus une accumulation totale de cette contamination.

<sup>35</sup> AFSSA (2006) - Saisine 2005-SA-0090 Avis de l'AFSSA relatif à l'évaluation des risques liés à la présence de retardateurs de flamme bromés dans les aliments. (24 juillet 2006)

Les PBDE (voir encart) sont devenus récemment des contaminants préoccupants de notre environnement. La connaissance de leur présence dans les écosystèmes littoraux a largement progressé ces toutes dernières années. Ces substances ne sont pas mesurées systématiquement dans les programmes de surveillance de la qualité du milieu marin, par contre les PBDE font partie des substances prioritaires de la DCE.

Les concentrations en PBDE (Somme des BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183) trouvées dans les organismes du littoral bas normand se situent au niveau de quelques  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  (figure 25 et tableau 19) : environ  $1 \mu\text{g.kg}^{-1}$  (p.h.) dans les moules les plus contaminées et jusqu'à  $2-5 \mu\text{g.kg}^{-1}$  (p.h.) dans les bars. Les poissons plats étudiés apparaissent peu contaminés :  $0,5-1 \mu\text{g.kg}^{-1}$  (p.h.). De nouveau on trouve pour cette classe de contaminants le gradient estuaire – baie – ouest Cotentin, mais à un degré moindre que dans le cas des PCB.

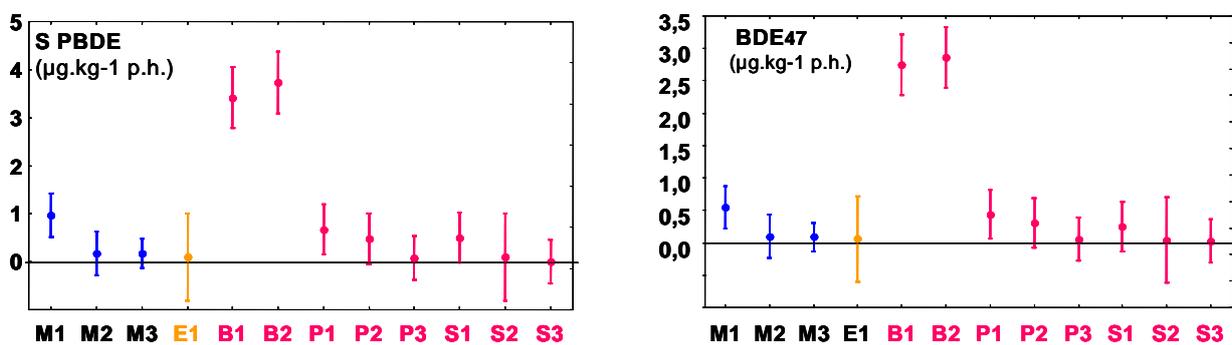


Figure 25 : Concentrations des PBDE ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h.) dans les organismes du littoral bas normand. (S.PDE = Somme des BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183)

Ces ordres de grandeurs sont comparables, ou un peu inférieurs à ceux communément mesurés dans les organismes (moules, crustacés, poissons plats) en zones côtières et estuariennes. (tableau 19).

**Tableau 20 : Concentrations en PBDE mesurés dans les organismes côtiers .**

		<b>BDE47</b> ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.h.)	<b>S PBDE</b> ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.h.)	<b>Ref</b>
<b>Mollusques</b>				
bivalves Moules ( <i>Mytilus e.</i> )	Villerville (2001-2004)	0,04 - 0,36	0.075 – 0.710	Données Seine Aval
	Le Moulard (2001-2004)	0,07 – 0,1	0,13 – 0.18	
	Analyses rétrospective (1981 – 2003)			Johansson I, 2006
	Villerville	0.35 - 2	1 - 5-	Johansson I, 2006
	Pen Bé	0.06 - 0.18	0,007 – 0,30	
	Etang de Thau	0.12 - 0.16	0,2 – 0,2	
Scrobiculaires <i>Srobicularia plana</i>	Loire		0,012 - 0,03 <b>0,01</b>	Bragigand, 2005
	Seine		0,01 - 0, 6 <b>0,02</b>	
Pays Bas, 1999	Pays Bas, 1999	0.18 – 0.86		de Boer, 2003
Moules ( <i>Mytilus e.</i> ; <i>Perna veridis</i> )	Asie, ocean indien			Ramu, 2007
	Cambodge		0,04-0,7 <b>(0,06)</b>	
	Chine		0,04-0,6 <b>(0,18)</b>	
	Hong Kong		0,2-1,7 <b>(0,65)</b>	
	Inde		<b>0,01-0,03 (0,03)</b>	
	Japon		0,03-0,9 <b>(0,12)</b>	
	Corée		0,15-10 <b>(0,51)</b>	
	Malaisie		0,01-0,24 <b>(0,02)</b>	
	Philippines		0,4-1,2 <b>(0,8)</b>	
	Vietnam		<b>0,01-0,07 (0,02)</b>	
<i>Mytilus californicus</i>	Baie de San Francisco	1,8-5,5 <b>(3,1)</b>	2,7 – 9,4 <b>(4,7)</b>	
<b>Crustacés</b>				
Araignée ( <i>Maja b.</i> )	Baie de Seine (Octeville)	0,020	0,032	
	Ouest Cotentin (Granville)	0,006 – 0,01	0,010 – 0,050	
	Ouest Bretagne (Roscoff, Le Conquet, Le Guilvinec)	0,004- 0,014	0,008 – 0,24	
Crabe ( <i>Cancer p.</i> )	Baie de Seine (Octeville)	0,017	0,031	
	Ouest Cotentin (Granville)	0,011	0,021	
	Ouest Bretagne (Roscoff, Le Conquet, Le Guilvinec)	0,04	0,007	
<b>Poissons plats (sole, limande, plies, flet) mesures dans le muscle</b>				
limande (oct. 2001)	Estuaire Escaut		0.13	Vorspoels et al ;
	Sud mer du Nord		0,03 – 0,08	
pie (oct. 2001)	Estuaire Escaut		1,2	
	Sud mer du Nord		0,1 – 0,19	
sole (oct. 2001)	Estuaire Escaut		0,016 – 1,4	
	Sud mer du Nord		0,016 – 0,15	
flet (2003 - 2004) <sup>36</sup>	Seine		3,4 +-2,6	Tapie (2006)
	Ster		0,6	
	Loire		0,8+-0.4	
	Gironde		2+-1,2	

<sup>36</sup> Le flet n'est pas une espèce largement consommée ; par contre en raison de son caractère euryhalin il peut être très contaminé. Les mesures de PBDE dans la chair de flet donne une information des niveaux de contamination élevée dans les poissons plats qui lui sont comparables.

## Contamination d'organismes marins par les PBDE Références (tableau précédent)

- Bodin N.**, (2005) - Contamination des crustacés décapodes par les composés organo-halogénés Etude détaillée de la bioaccumulation des PCB chez l'araignée de mer. *Maja brachyldactyla*. Thèse doctorat UBO-IUEM, Brest
- Bodin, N., et al.** (2004). - PCBs, PCDD/FS and PBDEs in crustaceans from different french coastal sites. Organohalogen Compounds 66: 1733-1738.
- Boon, J., et al.** (2002). - Level of polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants in animals representing different trophic levels on the North Sea food web. Environ. Sc. Technol. 36: 4025-4032.
- Bragigand V. et al.** ; (2006) - Influence of biological and ecological factors on the bioaccumulation of polybrominated diphenyl ethers in aquatic food webs from French estuaries. Sc. tot. Environ. 368 (2006) 615–626
- Bragigand V.**, (2005). – Recherches écotoxicologiques sur les retardateurs de flamme bromés dans les écosystèmes estuariens (Loire et Seine) Thèse Univ Nantes
- Christensen J.H.** (2002) - Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in marine fish and blue mussels from southern Greenland Chemosphere, 47(6) 631-638
- de Boer, J. et al.** (2003).- Polybrominated diphenyl ethers in influents, suspended particulate matter, sediments, sewage treatment plant and effluents and biota from the Netherlands. Environ. Poll. 122: 63-74.
- Hoenicke R. et al.**, (2007). -Adapting an ambient monitoring program to the challenge of managing emerging pollutants in the San Francisco Estuary. Environ. Res. 105 : 132–144
- Johansson I., et al.** (2006) - Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in mussels from selected French coastal sites: 1981–2003. Chemosphere ,64(2) 296-305
- Law R.** (2006) - Levels and trends of brominated flame retardants in the European environment Chemosphere 64 187–208
- Law, R., et al.** (2003).- Levels and trends of polybrominated diphenyl ethers and other brominated flame retardants in wildlife. Environment International 29: 757-770.
- Ramu K., et al.** (2007) - Asian Mussel Watch Program: Contamination status of Polybrominated Diphenyl Ethers and organochlorines in coastal waters of Asian countries Environ. Sc. Technol. 41: 4580-4586.
- Tapie N.** (2006) - Contamination des écosystèmes aquatiques par les PCB et PBDE : Application à l'estuaire de la Gironde Thèse Univ Bordeaux
- Voorspoels S. and Covaci A.** (2003) - Polybrominated Diphenyl Ethers in Marine Species from the Belgian North Sea and the Western Scheldt : Estuary: Levels, Profiles, and Distribution Environ. Sci. Technol., 37,4348-4357

**Tableau 21 : Concentrations en PBDE mesurés dans les organismes du littoral bas normand.**

	BDE47 µg.kg <sup>-1</sup>	s.PBDE µg.kg <sup>-1</sup>	BDE47 µg.kg <sup>-1</sup>	s.PBDE µg.kg <sup>-1</sup>
	<b>Moules</b>		<b>Poissons</b>	
<b>moyenne</b>	0.19	0.36	0.66	0.91
<b>Médiane</b>	0,10	0,20	0.17	0.27
<b>Min</b>	0,06	0,12	0,02	0,04
<b>MAX</b>	0.62	1.08	3.92	5.18
<b>Centile 10</b>	0,06	0,13	0,03	0,05
<b>Centile 90</b>	0.58	1.00	2.44	3,11
<b>Ecart type</b>	0.20	0.35	1.11	1.40

L'empreinte des PBDE dans les poissons est très semblable à celle mesurée dans les moules (figure 26) : elle est caractérisée par la prédominance du PBDE 47 (4 atomes Br par molécule) qui représente plus de la moitié de la somme des PBDE mesurés: 50-60% dans les moules et 50-80% dans les poissons. Par contre on note un basculement des proportions relatives des congénères BDE 99 et 100 : dans les moules BDE99 : environ 27% de la somme et BDE100 12 % de la somme des PBDE ; dans les poissons BDE99 8% et BDE 100 17 % apports ces proportions varient légèrement selon l'éloignement de l'estuaire (*Une hypothèse d'explication pourrait être celle de possibles apports diffus de PBDE par voie atmosphérique, PBDE pour lesquels la débromation serait moins accomplie*). Rappelons que, seul, le produit décabromé est autorisé en France et en Europe et est constitué essentiellement du décabromo biphenyle ether (BDE209) et de congénères nona et octabromés à l'état de traces. L'accumulation de congénères moins bromés résultent de réactions successives de débromation.

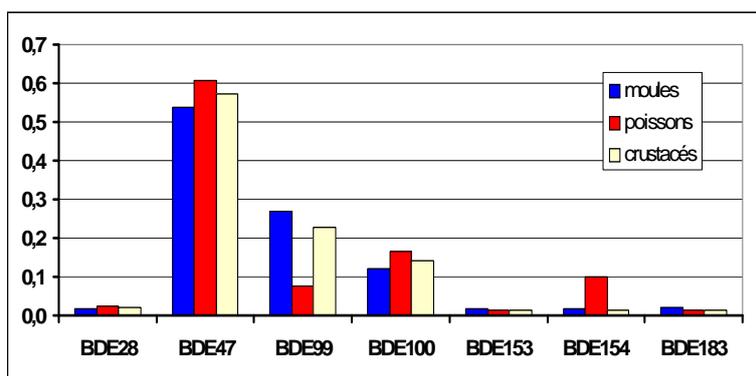


Figure 26 : Distribution relative des PBDE dans les organismes du littoral bas normand.

### Evaluation de l'exposition humaines aux PBDE

L'exposition aux PBDE (somme) par la consommation de produits de la mer a été calculée en prenant les mêmes scénarios de consommation et des concentrations extrêmes, S BDE entre 0.4 et 4  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h. Les apports ainsi estimés et majorés, sont entre 14 et 140 ng par jour et par individu pour un consommateur moyen et seraient de 700 ng pour des consommateurs les plus exposés au risque. D'autres évaluations des apports alimentaires réalisés en Europe conduisent à de semblables ordres de grandeur. Pour leur part, les auteurs de l'étude Calipso ont estimé les apports en PBDE pour de gros consommateurs de poisson de 132 ng par jour et par individu en moyenne ( $2,17 \pm 1,78 \text{ ng.kg}^{-1} \text{ p.c. jour}^{-1}$ ). Selon le JECFA, tous aliments confondus, ces apports seraient de 240 ng par jour et par personne pour l'ensemble de la population, les poissons étant les plus gros contributeurs à cette exposition alimentaire aux PBDE.

On ne dispose pas de valeur toxique de référence pour les PBDE permettant de situer le risque sanitaire du à l'exposition aux PBDE. La note de l'AFSSA a souligné ces lacunes. Les données de toxicité animale mettent en avant des doses sans effet de l'ordre de 10 mg par kg p.c. et par jour. En adoptant le facteur de sécurité habituel de 100 pour transposer de l'animal de laboratoire à l'homme ces doses sans effet, on arriverait à des DJA de l'ordre de  $100 \mu\text{g kg}^{-1} \text{ j}^{-1}$ , soit des apports journaliers par individu de 6 mg. Les apports, volontairement majorés, qui ont été estimés, 14 – 140 ng par jour et par individu, sont environ 4000 fois inférieurs. Selon Santé Canada, la concentration en PBDE critique pour la santé humaine serait de 0,8 mg kg poids corporel. Pour un adulte, 50 ans et 60 kg, cette concentration considérée comme sûre correspondrait à une consommation quotidienne de plus de 2 kg de

poisson contaminé au niveau de  $1\mu\text{g.kg}^{-1}$  en moyenne en admettant que ces apports chroniques en PBDE soient totalement assimilés et totalement accumulés sans aucune métabolisation.

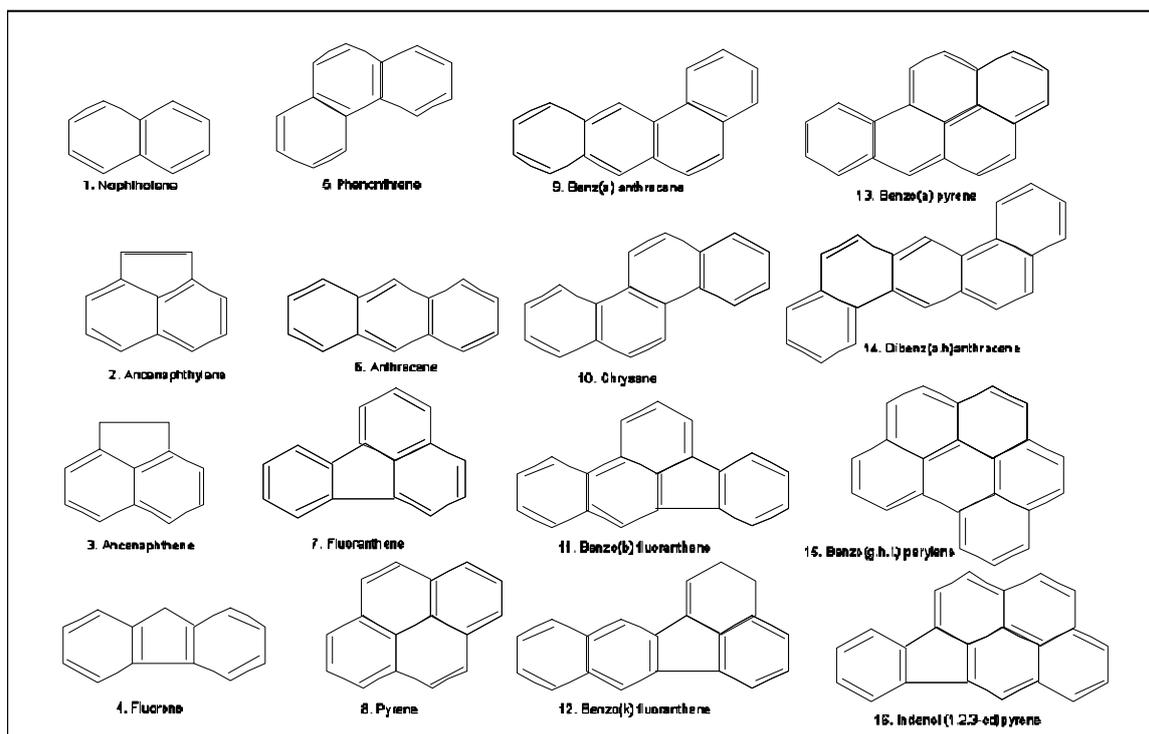
Ces différentes estimations ne font pas apparaître les PBDE comme des substances à risque sanitaire élevé, si seules l'alimentation et tout particulièrement la consommation de produits de la mer sont prises en compte.

Il semble toutefois que les niveaux d'imprégnation du lait maternel conduisent à une surexposition du nourrisson aux PBDE et qu'il faille introduire une vigilance particulière sur la présence de ces substances dans l'environnement et leur transfert vers les organismes par les diverses voies possibles incluant l'inhalation.

## LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES

### LES HAP (hydrocarbures poly aromatiques polycycliques)

Les hydrocarbures polyaromatiques sont des molécules constituées de plusieurs cycles benzéniques ayant deux atomes de carbone adjacents communs. On distingue les **hydrocarbures aromatiques pétrogéniques** qui sont présents dans les pétroles bruts chimiques souvent le plus souvent sous des formes alkylées et les **hydrocarbures aromatiques pyrogéniques** qui eux sont émis dans l'atmosphère lors de processus de combustion : production d'énergie, échappements de véhicules à moteur à combustion, combustion de matière organique, incinération des déchets.



#### Structure de HAP : quelques exemples

Les HAP présentent les caractéristiques des POP : caractère hydrophobe, persistance dans l'environnement abiotique. Ils sont associés aux particules en suspension et peuvent être stockés dans le sédiment superficiel qui constitue une source de contamination pour les organismes benthiques.

Les HAP sont susceptibles d'être biotransformés par les organismes supérieurs en composés hydroxylés plus facilement excrétés. Ces réactions de biotransformation produisent des métabolites impliqués dans le mécanisme de cancérogénèse. C'est ce caractère cancérogène qui rend préoccupante la présence de HAP dans les produits alimentaires, et en particulier dans les bivalves pour ce qui concerne les produits de la mer. Plusieurs des composés du groupe des HAP présentent, comme le benzo[a]pyrene, des propriétés mutagènes et cancérogènes. Selon une approche comparable à celle adoptée pour les dioxines et les PCB de type dioxine, les effets des HAP s'expriment par la quantité toxique équivalente en BaP (TEQ-BaP) calculée à partir des concentrations et des facteurs de toxicité équivalente des différents hydrocarbures.

**Liste de HAP et de leur facteur d'équivalence toxique (TEF) proposée par l'AFSSA pour évaluer l'exposition alimentaire aux HAP.** AFSSA Saisine 2000-SA-0005 avis de juillet 2003 sur les risques du BaP et d'autres hydrocarbures aromatiques polycycliques présents dans les denrées

Liste US-EPA	Proposition d'une liste de HAP à doser pour évaluer la présence des HAP dans les aliments	Classement CIRC	TEF <sup>(1)</sup>
acénaphène			0,001
acénaphylène			0,001
anthracène	anthracène <sup>(2)</sup>	3	0,01
benz(a)anthracène	benz(a)anthracène	2A	0,1
benzo(b)fluoranthène	benzo(b)fluoranthène	2B	0,1
benzo(j)fluoranthène	benzo(j)fluoranthène <sup>(3)</sup>	2B	0,1
benzo(k)fluoranthène	benzo(k)fluoranthène	2B	0,1
benzo(g,h,i)pérylène	benzo(g,h,i)pérylène	3	0,01
<b>benzo(a)pyrène</b>	<b>benzo(a)pyrène</b>	<b>2A</b>	<b>1</b>
chrysène	chrysène	3	0,01
dibenz(a,h)anthracène	dibenz(a,h)anthracène	2A	1 <sup>(1)</sup>
fluoranthène	fluoranthène	3	0,01
fluorène		3	0,001
indéno(1,2,3,c-d)pyrène	indéno(1,2,3,c-d)pyrène	2B	0,1
naphtalène <sup>15</sup>		2B	0,001
phénanthrène		3	0,001
pyrène		3	0,001

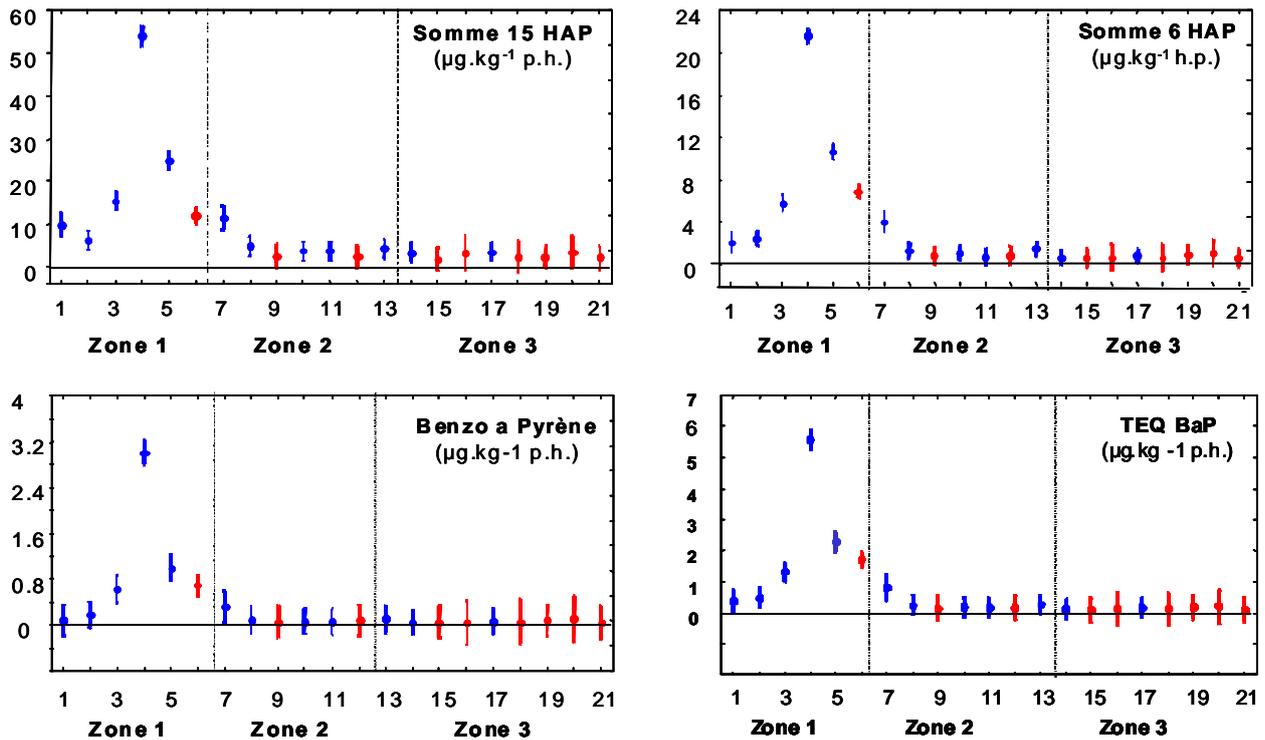
(Tableau : document AFSA)

Pour prévenir contre les dangers d'une trop forte exposition aux hydrocarbures les autorités sanitaires ont défini des concentrations maximales admissibles dans les aliments dont les produits de la mer : (AFSSA Saisine 2000-SA-0005)

**Valeurs guides pour les produits de la pêche non transformés (11 HAP)**

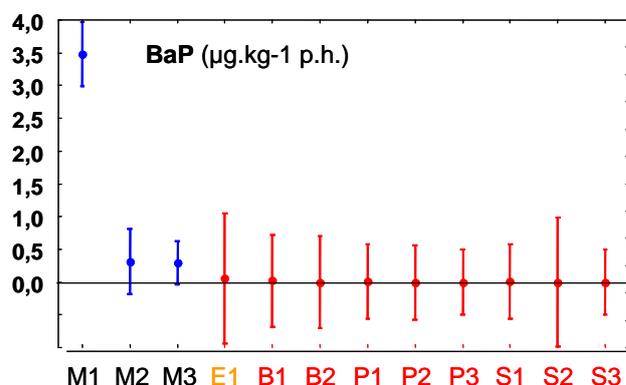
- Poissons : 2 µg TEQ.kg<sup>-1</sup> de matière fraîche
- Mollusques bivalves et céphalopodes et crustacés : 10 µg TEQ.kg<sup>-1</sup> de matière fraîche

Les HAP (voir encart) font partie des substances suivies dans le cadre de la surveillance. Les concentrations en HAP mesurées lors de cette étude sont en bon accord avec les mesures réalisées dans le cadre du RNO (figure 27).



**Figure 27 : Concentrations en HAP dans les moules du littoral normand en bleu données RNO, en rouge données de cette étude. (1 - Varengueville, 2 – Vaucottes, 3 – Antifer, 4 - Cap de la Hève, 5 et 6 - Villerville, 7 - Ouistreham, 8 - Port en Bessin, 9 - Ste Honorine, 10 – des Veys, 11 et 12 - Montfarville - Le Moulard, 13 - Grande Rade Cherbourg, 14 et 15 Pirou Nord, 16 - St Martin Bréhal, 17 – Breville, 18 - Donville 19, - Granville Pointe de Roc, 21 – Hacqueville, 21 - Champeaux)**

Comme on pouvait s’y attendre en raison de l’origine industrielle et urbaine de ces contaminants, les plus fortes concentrations sont mesurées dans les moules de Villerville, 50 – 60  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  p.h. pour la somme des 15 HAP ou 5 - 6  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  en quantité toxique équivalente au BaP selon des TEF BaP proposé (encart HAP). Ce constat, en partie comparable au cas des PCB si on considère uniquement les moules, en diffère par la rapide décroissance des hydrocarbures dans les bivalves dès que l’on s’éloigne de l’estuaire, ce qui s’explique par la bien moindre persistance des HAP dans l’environnement.



**Figure 28 : Concentrations en HAP dans les moules et les poissons du littoral normand.**

Le caractère métabolisable des hydrocarbures est bien connu et explique leur présence à des niveaux très faibles, le plus souvent indétectables dans les poissons (figure 27) et bien sûr

très largement en dessous des maxima autorisés dans la chair de poisson ( $2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  p.h. pour le TEQ BaP, AFSSA).

Le point principal concerne la présence de HAP à des niveaux relativement élevés dans les moules provenant de la zone proche de l'estuaire mais qui restent toujours inférieurs à  $10 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , le maximum fixé par l'AFSSA pour le TEQ BaP.

Ainsi seule la consommation de mollusques contribuerait de façon modérée aux apports alimentaires en HAP. L'AFSSA a préconisé une dose virtuellement sûre (DVS) de 5 ng BaP par kg de poids corporel et par jour, dose correspondant à un cas supplémentaire de cancer sur un million imputable aux HAP. Si on considère des concentrations moyennes dans les moules entre  $0,25$  et  $5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  p.h. l'exposition maximale tolérable serait atteinte en consommant tous les jours 60 g de moules les plus contaminées et (à comparer avec la consommation moyenne de la population française de 5 g de mollusques et crustacés) et de plus de 1 kg par jour pour les moins contaminées.

### **III.2.2. - LES ALKYL - PHENOLS ET LES PHTALATES**

Ces deux familles de substances présentent un ensemble d'éléments communs :

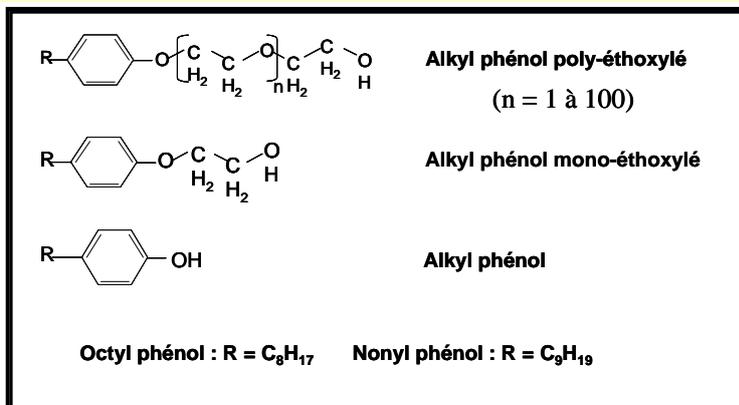
Compte tenu de leur vaste domaine d'utilisation, de leur stabilité chimique, de leurs effets biologiques ils ont été détectés dans les eaux de surface et pour ces raisons à ce titre sont inscrits dans la liste des substances prioritaires de la Directive Cadre Eau.

Ce sont des contaminants qui agissent sur la reproduction et sont des perturbateurs endocriniens. Hydrophobes et relativement persistants, ils sont susceptibles de s'accumuler dans les organismes et être transférés dans toute la chaîne alimentaire.

Il existe peu de données sur leurs niveaux de présence dans les organismes et il est actuellement difficile de situer le risque sanitaire posé par la présence de ces substances dans les produits de la mer. La réglementation sur ces substances reste encore quasi inexistante, justement du fait d'une méconnaissance des niveaux d'exposition et de celle de leurs effets sur la santé.

## LES ALKYL PHENOLS : NONYL ET OCTYL PHENOL (AP, NP ET OP)

Les nonyl - (NP) et octyl phénols (OP) sont exclusivement d'origine anthropique et font partie des substances prioritaires de la Directive Cadre Eau.



### Structure chimique des alkyl phénols poly éthoxylés (APE) et des alkyl phénols.

Les nonyl phénols sont utilisés pour la synthèse des alkyls phénols poly-éthoxylés mais aussi à la préparation de polymères, d'antioxydants et de dispersants pour insecticides. Les octyl phénols sont majoritairement utilisés comme intermédiaires dans la production de résines phénoliques (98%) ou pour la synthèse d'octyl phénols éthoxylés. Dans l'environnement aquatique les AP ont pour principale origine la dégradation finale des APE, notamment dans les rejets de stations de traitements des eaux usées.

Les alkyl phénols (AP) sont des composés hydrophobes ( $\log K_{ow} = 4,48$  et  $4,12$ ), persistant dans l'environnement et qui peuvent être bioaccumulés. De plus, ils sont reconnus comme des perturbateurs endocriniens dont les principaux effets, notamment sur la reproduction, ont été récapitulés (Harrison, 1997)<sup>37</sup>.

L'utilisation et la mise sur le marché des APE a été restreinte en Europe depuis 2003 (directive 2003/53/CE).

#### Distribution des alkyls phénols dans l'environnement.

Les nonyl-phénols représentent 80% de la production d'alkyl phénols et sont présents dans l'environnement en concentrations bien supérieures à celles des octyl phénols. Ils sont principalement présents dans le milieu aquatique, les eaux usées, les eaux de surface et éventuellement les eaux marines côtières.

Selon la Commission Européenne (2004), la concentration en octyl phénol dans les eaux marines est généralement inférieure à  $1 \mu\text{g/l}$ . En raison de leur hydrophobicité, ils s'adsorbent à la matière particulaire puis s'accumulent dans les sédiments superficiels.

#### Concentrations en alkyl phénols dans différents compartiments environnementaux<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Harrison, P., et al. (1997) - Reproductive health in humans and wildlife: are adverse trends associated with environmental chemical exposure? *The Sc. of the Total Environ.* 205: 97-106.

<sup>38</sup> Concentration en alkyl phénols dans différents compartiments environnementaux

Compartiment	Lieu de prélèvement	Année	Alkyl phénol	Concentrations	Références
Atmosphère	Etats-Unis	2000	NP	0,008 - 0,025 µg/m <sup>3</sup>	Van Ry et al. 2000
Boues résiduaire	Poussières domestiques	2002	NP OP	2,58µg/g 0,13µg/g	Rudel, 2003
	Royaume Uni	2003	NP	238µg/g	Gibson, 2005
Sédiments	Royaume Uni	1999	NP OP	30-9050 ng/g p.s. 2-340ng/g p.s	Lye, 1999
Eaux	Canada	1999	NP OP	40,3 – 293 µg/l 4,99 - 7,05 µg/l	Sabik, 2003
	Royaume-Uni	1994	NP OP	0,03 – 180 µg/l 0,4 – 13 µg/l	Blackburn, 1995
Sols	Italie (eau douce)	2002	NP	<0,1 - 1,6 µg/l	Vitali, 2004
	Pays-Bas (estuaire)	1999	NP	31 - 934 ng/l	Jonkers, 2003
	Chine (rivière)	2003	NP OP	106- 296 ng/l 18 – 20,2 ng/l	Jin, 2004
	Royaume Uni	2003	NP	4,3 - 1053µg/g	Gibson, 2005
	Danemark : sol non-cultivé Sol+boues	2001	NP	0,47 µg/g 1450-2450µg/g	Vikelsee, 2002

- Blackburn, M. A. and M. J. Waldock** (1995) - Concentrations of alkylphenols in rivers and estuaries in England and Wales. *Water Research* 29(7): 1623-1629.
- Gibson, R., et al.** (2005) - Analysis of 4-nonylphenols, phthalates, and polychlorinated biphenyls in soils and biosolids. *Chemosphere* 61(9):1336-1344.
- Jin, X., et al.** (2004) - Determination of 4-*tert*-octylphenol, 4-nonylphenol and bisphenol A in surface waters from the Haihe River in Tianjin by gas chromatography-mass spectrometry with selected ion monitoring. *Chemosphere* 56: 1113-1119.
- Jonkers, N., et al.** (2003) - Fate of nonylphenol ethoxylates and their metabolites in two dutch estuaries: evidence of biodegradation in the field. *Environmental Science and Technology* 37(2): 321-327.
- Lye, C. M., et al.** (1999) - Estrogenic alkylphenols in fish tissues, sediments and waters from the U.K. Tyne and Tees estuaries. *Environ. Sc. Technol.*; 33: 1009-1014.
- Rudel, R., D. et al.** (2003) - Phthalates, alkylphenols, pesticides, polybrominated diphenyl ethers, and other endocrine-disrupting compounds in indoor air and dust. *Environ. Sc. Technol.* 37(20): 4543-4553.
- Sabik, H., et al.** (2003) - Occurrence of alkylphenol polyethoxylates in the St. Lawrence River and their bioconcentration by mussels (*Elliptio complanata*). *Chemosphere* 51: 349-356.
- Van Ry, D.A., et al.;** (2000) - Atmospheric seasonal trends and environmental fate of alkylphenols in the lower Hudson river estuary. *Environ. Sc. Technol.* 34, 2410-2417.
- Vethaak, D., J. Larh, et al.** (2005) - An integrated assessment of estrogenic contamination and biological effects in the aquatic environment of the Netherlands. *Chemosphere* 59: 511-524.
- Vitali, M. et al.,** (2004)- Nonyl-phenols in freshwaters of the hydrologic system of an Italian district: association with human activities and evaluation of human exposure *Chemosphere* 57: 1637-1647.
- Vikelsee J. et al.;** (2002) - Phthalates and nonylphenols in profiles of differently dressed soils. *The Sc.of the Total Environ.* 296:105-116.

## Exposition de l'homme

La consommation d'aliments contaminés est pour l'homme la principale voie d'exposition aux alkyl-phénols.

Il n'existe pas d'accord sur les teneurs maximales en AP dans les produits alimentaires. Sur la base d'une concentration maximale dans les eaux  $1 \mu\text{g.l}^{-1}$  et de facteur de bioconcentration de 5000, cette teneur maximale dans les produits de la mer se situerait à  $5000 \mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h.

Guenther<sup>39</sup> et al. (2002) ont mesuré des teneurs en NP dans les aliments et les boissons, selon eux l'apport moyen de NP pour un adulte est d'environ  $7,5 \mu\text{g}$  de NP par jour tous aliments confondus.

### Concentrations en alkyl phénols dans divers organismes<sup>40</sup>

Organisme	Lieu de prélèvement	Année	Concentration en NP ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p. h.)	Concentration en OP ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p. h.)	Références
Phytoplancton	Chine	2002	440 ng/g de lipides (~0,5ng/ g p.f.)		Hu, 2005
Homard	Italie	2001	274-399	3,6-4,7	Ferrara, 2005
Moule marine	Mer Baltique et Mer du Nord	1985-2001	<2-9,7	~0,2	Wenzel, 2004
Moule d'eau douce	Allemagne	1995-2000	3,7-41,2	0,4	Wenzel, 2004
Maquereau	Italie	2001	270-1431	2,6-3,8	Ferrara, 2005
Carpe	Etats-Unis	1999	184		Snyder, 2001
Merlu	Italie	2001	2,7-82	0,3-3,1	Ferrara, 2005
Sole	Italie	2001	12-101	1.2-1.7	Ferrara, 2005
Brême	Allemagne	1995-2001	<2-13,3	0,2-1,4	Wenzel, 2004
Flet	Grande-Bretagne	1999	5-30 ng/p..s. (~1-5 ng/g p.f.)	17	Lye, 1999
Goéland	Chine	2002	240 ng/g de lipides (~10-15 ng/g p.f.)		Hu, 2005

Une DJA provisoire (2000) pour le NP a été fixée au Danemark à  $0,5 \mu\text{g.kg}^{-1}$  masse corporelle soit environ  $30 \mu\text{g}$  par jour et par individu. Sur la base d'une consommation de poisson d'environ  $30 \text{ g}$  de poisson par jour et en admettant une forte contamination des espèces consommées, estimée en moyenne à  $20 \mu\text{g.kg}^{-1}$  de poids humide, l'apport par le poisson serai de  $0,6 \mu\text{g}$  par individu ou le cinquantième de la DJA.

<sup>39</sup> Guenther, K., et al. (2002) - Endocrine disrupting nonylphenols are ubiquitous in food." Environ. Sc. Technol. 36: 1676-1680.

<sup>40</sup> Concentration en alkyl phénols dans divers organismes

Ferrara, F., et al. (2005) - Alkylphenols and alkylphenol ethoxylates contamination of crustaceans and fishes from the Adriatic Sea (Italy). Chemosphere 59: 1145-1150.

Gibson, R., et al. (2005) - Analysis of 4-nonylphenols, phthalates, and polychlorinated biphenyls in soils and biosolids. Chemosphere 61(9):1336-1344.

Hu, J., et al. (2005) - Trophodynamic behavior of 4-nonylphenol and nonylphenol polyethoxylate in marine aquatic food web from Bohai Bay, North China: comparison to DDTs. Environ. Sc. Technol. 39: 4801-4807.

Lye, C. M., et al. (1999) - Estrogenic alkylphenols in fish tissues, sediments and waters from the U.K. Tyne and Tees estuaries. Environ. Sc.Technol. 33: 1009-1014.

Snyder, S., et al. (2001) - Identification and quantitation method for nonylphenol and lower oligomer nonylphenol ethoxylates in fish tissues. Environ. Toxicol. and Chem. 20(9): 1870-1873.

Vethaak, D., et al. (2005) - An integrated assessment of estrogenic contamination and biological effects in the aquatic environment of the Netherlands. Chemosphere 59: 511-524.

Wenzel, A., et al. (2004) - Retrospective monitoring of alkylphenols and alkylphenol mono-ethoxylates in aquatic biota from 1985 to 2001: Results from the German environmental specimen bank. Environ. Sc.and Technol. 38: 1654-1661.

## Les alkyls phénols

Les alkyl-phénols, octyl (4-tert-octylphénol ou 4-(1,1,3,3)tétra méthyl butyl phénol) ou nonyl-phénol (n-nonyl phénol) ont été recherchés dans 30 des 40 échantillons prélevés. Le plus souvent, les niveaux sont inférieurs aux seuils de quantification de  $4 \mu\text{g. kg}^{-1}$  p.h. : l'OP a pu être quantifié dans 5 prélèvements et le NP dans un seul.

octyl phénol :	4,6	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Hacqueville	mars 2006
	4,8		Granville	mars 2006
	8,8		Donville	mars 2006
	6,2		Ste Honorine	mars 2006
	232,4		Ste Honorine	octobre 2006
nonylphénol	6,6	$\mu\text{g.kg}^{-1}$	Villerville	octobre 2006
	10,4		Le Moulard	octobre 2006

On a peu de « recul » sur ce type de données et la rareté de mesures significatives ne facilite pas leur d'interprétation. Les données ouest cotentin sont assez proches des seuils de quantification. L'octyl phénol a été quantifié dans les deux prélèvements de Ste Honorine, et une des valeurs est relativement élevée. La présence de l'OP à des niveaux plus élevés est inattendue si on se base sur les chiffres de production et des données environnementales existantes. Cela ne s'explique pas du fait de l'absence de suffisamment de mesures significatives.

Dans les poissons, les concentrations sont inférieures aux seuils de quantification.

Ces données sont trop précaires pour permettre une évaluation de l'exposition. Sur la base d'une consommation moyenne de 100g de moules, l'apport journalier en alkyl phénols serait de 800 ng si on prend une concentration moyenne  $8 \mu\text{g.kg}^{-1}$  d'AP dans les mollusques (seuil analytique), et de 25000 ng si on prend une contamination très élevée proche du maximum trouvé soit le même ordre de grandeur que la DJA (30  $\mu\text{g}$ ) provisoirement adoptée pour le NP au Danemark.

Même s'il est probable que la présence d'alkyl-phénols dans les mollusques et les poissons ne représente pas une part importante de l'exposition aux alkyl-phénols, les mesures doivent être confirmées par un échantillonnage systématique et l'utilisation d'un mode opératoire qui permette la quantification des AP dans les organismes au moins au niveau du  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  dans la chair de moules et de poisson.

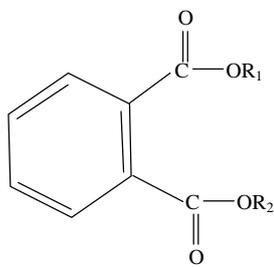
## Les PHTALATES

Les phtalates sont des composés chimiques largement présents dans notre vie quotidienne. Ils sont essentiellement utilisés comme additifs dans l'industrie des polymères car ils leur confèrent une flexibilité mais entrent également dans la composition de produits de grande consommation tels que les peintures, les encres ou certains produits cosmétiques. Ils servent également d'adoucisseurs, de solvants ou d'adhésifs.

Ils ont été retenus comme substances prioritaires aux Etats-Unis, au Canada. Le di(2-ethylhexyl) phtalate (DEHP) est fait partie des substances la Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/EC.

Les phtalates (esters de l'acide phtalique, phthalic esters ou phthalates en anglais) sont caractérisés par des groupes alkylés variant de 1 à 13 atomes de carbone.

**Structure et propriétés physico-chimiques de quelques phtalates** (Staples,<sup>41</sup> 1997 ; Sablayrolles, 2005<sup>42</sup>)



Composé	Abréviation	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	Formule chimique	Masse molaire	Log K <sub>ow</sub>	Pression de vap. à 25°C (mm Hg)	Solubilité (mg/l à 20°C)
Dimethyl phtalate	DMP	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	194,2	1,61	2x10 <sup>-3</sup>	4200
Diethyl phtalate	DEP	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	222,2	2,38	1x10 <sup>-3</sup>	1100
Di- <i>n</i> -butyl phtalate	DBP	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	278,4	4,45	2.7x10 <sup>-5</sup>	11,2
Benzylbutyl phtalate	BBP	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	C <sub>19</sub> H <sub>20</sub> O <sub>4</sub>	312,4	4,59	5x10 <sup>-6</sup>	2,7
Di(2-ethylhexyl) phtalate	DEHP	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	390,6	7,50	1x10 <sup>-7</sup>	0,003
Di- <i>n</i> -octylphtalate	DOP	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	390,6	8,06	1x10 <sup>-7</sup>	0,0005

Les phtalates de faible poids moléculaire tels que le DMP, DEP et DBP sont largement utilisés dans les cosmétiques et les produits de soins. Ceux de haut poids moléculaires (DEHP, BBP) sont surtout utilisés comme plastifiants dans l'industrie des polymères afin d'augmenter leur flexibilité. Ils entrent également dans la

<sup>41</sup> Staples, C., D. Peterson, *et al.* (1997). - The environmental fate of phthalate esters: a literature review. *Chemosphere* 35(4): 667-749.

<sup>42</sup> Sablayrolles, C., *et al.* (2005). - Development and validation of methods for the trace determination of phthalates in sludge and vegetables. *J. of Chromatography A* 1072: 233-242.

composition de nombreux produits de grande consommation tels que les peintures, les encres d'imprimerie, les adhésifs (pouvant être présents dans emballage de nourriture), ou encore des revêtements, câbles, etc... Les plus utilisés actuellement sont le DBP, le BBP, le DnOP, le DIDP et surtout le DEHP.

La toxicité aiguë des phtalates est faible que ce soit par administration orale, voie respiratoire ou contact cutané alors que la toxicité chronique est plus importante. Les phtalates sont considérés comme étant des perturbateurs endocriniens. De plus, le DEHP retenu dans la liste des substances prioritaires de la Directive Cadre sur l'Eau a été classé dans le groupe 3 « potentiellement cancérigène » par l'Agence Internationale pour la Recherche sur le Cancer.

Les phtalates ne s'accumulent pas dans les tissus et leurs métabolites sont rapidement mesurés dans les urines après ingestion ( de l'ordre de 75% excrétés après 24 heures).

#### Disitribution des phtalates dans l'environnement.

##### Concentrations en phtalates mesurées dans divers compartiments environnementaux<sup>43</sup>

Compartiment	Lieu de prélèvement	Année	phtalate mesuré	Concentrations	Références
Eau douce	Pays-Bas	1999	DEHP DBP	0,28 - 0,5µg.l <sup>-1</sup> 0,23 - 0,45µg.l <sup>-1</sup>	Peijnenburg, 2006
	Italie	1996	DEHP	0.3 – 31,2 µg.l <sup>-1</sup>	Vitali et al., 1997
	Taiwan	2001	DEHP	ND-18,5 µg.l <sup>-1</sup>	Yuan, 2002
Eaux usées	Pays-Bas	1999	DBP DEHP DBP	1-13,5 µg.l <sup>-1</sup> 1300-10000 ng.l <sup>-1</sup>	Vethaak, 2005
Eaux de pluie	Pays-Bas	1999	DEHP DBP	<308-5100 ng.l <sup>-1</sup> 690-1700 ng.l <sup>-1</sup> 280-880 ng.l <sup>-1</sup>	Vethaak, 2005
Sédiment (rivière)	Taiwan	2001	DEHP DBP	0,5-23,9 µg.g <sup>-1</sup> 0,3-30,3 µg.g <sup>-1</sup>	Yuan, 2002
Sédiment marin	Pays-Bas	1999	DEHP	< (LOD) 15 µg.kg <sup>-1</sup> p.s	Peijnenburg, 2006]
			DBP	< (LOD) 25 µg.kg <sup>-1</sup> p.s	
			DEHP	34-1000 ng.g <sup>-1</sup> p.s	Vethaak, 2005
Végétation (herbes et choux)	Pays-Bas	1997-1998	DEHP DBP	41,8µg.kg <sup>-1</sup>	Peijnenburg, 2006
		1997-1998	DEHP DBP	31.8µg.kg <sup>-1</sup>	
Sol		1997-1998	DEHP DBP	31.8µg.kg <sup>-1</sup>	"
Air		2000-2001	DEHP	<2-333 ng.m <sup>-3</sup>	"
			DBP	2-70 ng.m <sup>-3</sup>	

<sup>43</sup> Concentrations en phtalates dans divers compartiments environnementaux<sup>43</sup>

**Peijnenburg, W. and J. Struijs (2006).** - Occurrence of phthalate esters in the environment of the Netherlands. *Ecotoxicol. and Environ. Safety* 63(2): 204-215.

**Vethaak A. D. et al.** – (2005) - An integrated assessment of estrogenic contamination and biological effects in the aquatic environment of The Netherlands. *Chemosphere*, 59(4) 511-524

**Yuan, S. Y et al.** (2002). - Occurrence and microbial degradation of phthalate esters in Taiwan river sediments. *Chemosphere* 49: 1295-1299.

## Les phtalates dans les organismes

Les valeurs de BCF (facteur de bioconcentration) les plus élevées, celles du DEHP qui est le phtalate le plus abondant dans le milieu, se situent dans la gamme 10-1000 selon les différentes expérimentations. Il n'y a pas de biomagnification dans la chaîne alimentaire (Mackintosh *et al.* 2004)

Les niveaux de concentrations dans les organismes varient selon le phtalate considéré et selon l'organisme étudié. (mode alimentation, capacité de biodégradation, etc...).

Concentrations en phtalates dans divers organismes

Organisme	Lieu de prélèvement	Année	Concentration (ng/g de poids frais)	Concentration (ng/g de poids frais)	Références
<b>Brème</b>	Pays-Bas	1999	DEHP	70-1500 ng. g <sup>-1</sup> de poids frais	Vethaak, 2005]
			DBP	20-47 ng. g <sup>-1</sup> p. f.	
<b>Flet</b>	"	1999	DEHP	< 2-144 ng. g <sup>-1</sup> p.f.	"
			DBP	< 0,7-33 ng. g <sup>-1</sup> p. f.	
<b>Ditrème</b> <i>Embiotoca lateralis</i>	Canada	2002	Σ phtalates	4-54 ng. g <sup>-1</sup> p.f.	Lin, 2003
<b>Algue verte</b>	"	1999	Σ phtalates	35,7 ng/g de lipides	Mackintosh, 2004
<b>Plancton</b>	"	1999	Σ phtalates	43,4 ng/g de lipides. (~0,5 ng/g p.f.)	"]
<b>Polychète</b>	Espagne	1994	Σ phtalates	<0,01-12µg.g <sup>-1</sup> (~0,2 - 240 ng/g p.f.)	Chaler, 2004
<b>Moules</b>	Canada	1999	Σ phtalates	31,7 ng/g lip. (~0,2 - 0,6 ng/g p.f.)	Mackintosh, 2004
<b>Crabe</b>	"	1999	Σ phtalates	23,9 ng/g lip. (~0,2-0,5 ng/g p.f.)	"

## Exposition de l'homme

Les voies de contamination de l'homme par les phtalates sont aussi bien l'ingestion d'aliments et d'eaux contaminés que l'inhalation ou le contact cutané (notamment par produits cosmétiques), par exposition

<sup>44</sup> Concentrations en phtalates dans divers organismes

**Chaler, R., et al.** (2004). - Identification and quantification of n-octyl esters of alkanic and hexanoic acids and phthalates as urban wastewater markers in biota and sediments from estuarine areas. *J. of Chromatogr. A* 1046: 203-210.

**Lin, Z.-P., et al.** (2003). - Determination of phthalate ester congeners and mixtures by LC/ESI-MS in sediments and biota of an urbanized marine inlet. *Environ. Sc. Technol.* 37: 2100-2108.

**Mackintosh, C., J. et al.** (2004). - Distribution of phthalate esters in a marine aquatic food web: comparison to polychlorinated biphenyls. *Environ. Sc. Technol.* 38: 2011-2020.

**Vethaak A. D. et al.**(2005) - An integrated assessment of estrogenic contamination and biological effects in the aquatic environment of The Netherlands. *Chemosphere*, 59(4) 511-524

« médicale » (phtalates contenu dans les tubes de perfusions, sacs de conservation de sang et sérum, en particulier pour les dialysés). Cependant la source majeure d'exposition de l'homme est son alimentation.

L'exposition au DEHP a été estimée entre 3 et 30  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de masse corporelle/jour). La SCF de l'Union Européenne a établi l'apport quotidien tolérable pour le DBP à 10  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de masse corporelle par jour pour le DEHP, et le BBP à 0,5  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de masse corporelle/jour et l'agence pour la protection de l'environnement américaine (EPA) a fixé la limite maximale dans les eaux de consommation à 6ng/ml.

A titre indicatif, sur la base d'une consommation moyenne journalière de 30 g de poisson contaminé en DEHP au niveau de 100  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  (p.h.), l'apport journalier en DEHP serait de 3 $\mu\text{g}$  par individu adulte soit 0,05  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  masse corporelle et par jour, soit 10 fois en dessous de la valeur maximale recommandée.

### Les phtalates.

Dans ce groupe, 7 molécules ont été recherchées dans 30 des 40 prélèvements. Ici encore, les seuils de quantification de 2 ou 4  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  suivant la molécule, sont élevés pour permettre la mesure de toutes les substances dans tous les prélèvements. Le tableau présente un synthèse des résultats de mesures.

**Tableau 22 : Concentrations en phtalates dans les organismes du littoral bas normand ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h.).**

Molécule	Seuil quantific.	Fréquence > seuil	min	Max	Moyenne basse	Moyenne haute
<b>Moules (12 échantillons)</b>						
Dimethyl-phtalate <b>DMP</b>	2	4	4	5,6	2,2	4,7
Diethyl--phtalate <b>DEP</b>		12	16	48,4	26,9	23,9
Dibutyl- phtalate <b>DBP</b>	2	7	2	75,4	19,2	32,1
Benzyl butyl phtalate <b>BBP</b>	4					
Di iso ethyl hexyl phtalate (diisooctyl phtalate) <b>DEHP</b>	2	6	2,6	78,6	12,7	24,4
Di octyl phtalate <b>DOP</b>	4	0	0	0	2	0
Di iso isobutyl phtalate <b>DisoBP</b>	4	8	10,6	968	228,4	341,7
<b>Moules (18 échantillons)</b>						
Dimethyl-phtalate <b>DMP</b>	2	5	2,6	3,2	1,5	2,9
Diethyl--phtalate <b>DEP</b>		18	4,4	(1812,4)	16,6	(116,4)
Dibutyl- phtalate <b>DBP</b>	2	13	3,7	31,5	11,5	16,7
Benzyl butyl phtalate <b>BBP</b>	4	1	4,3	4,3	2,1	4,3
Di iso ethyl hexyl phtalate (diisooctyl phtalate) <b>DEHP</b>	2	10	7,5	122,1	23,5	41,5
Di octyl phtalate <b>DOP</b>	4	0	0	0	2	0
Di iso isobutyl phtalate <b>DisoBP</b>	4	14	7,5	287,5	92	118

Les concentrations en phtalates varient dans une large gamme (tableau 20 et Annexe17) Toutes les molécules recherchées ne sont pas systématiquement trouvées à des niveaux quantifiables dans tous les échantillons : les di-ethyl-phtalate, di-butyl-phtalate, di iso ethyl hexyl phtalate, et di-iso-octyl phtalate sont les plus fréquemment détectés. Pour certains phtalates (DEP) les concentrations s'écartent notablement des ordres de grandeurs mesurés.

Il ne semble pas y avoir d'empreintes caractéristiques des phtalates dans les organismes de la zone littorale comme le montrent les exemples de distribution de ces contaminants dans les moules (figure 28) et les poissons (figure 29).

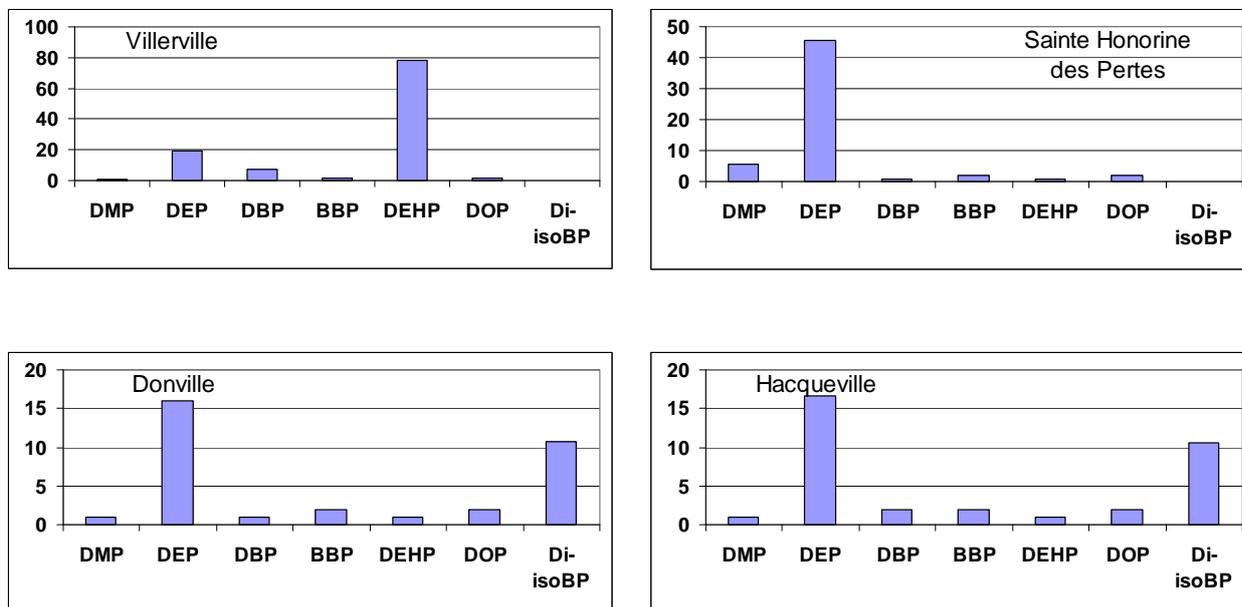


Figure 29 : Distribution des phtalates dans les moules.

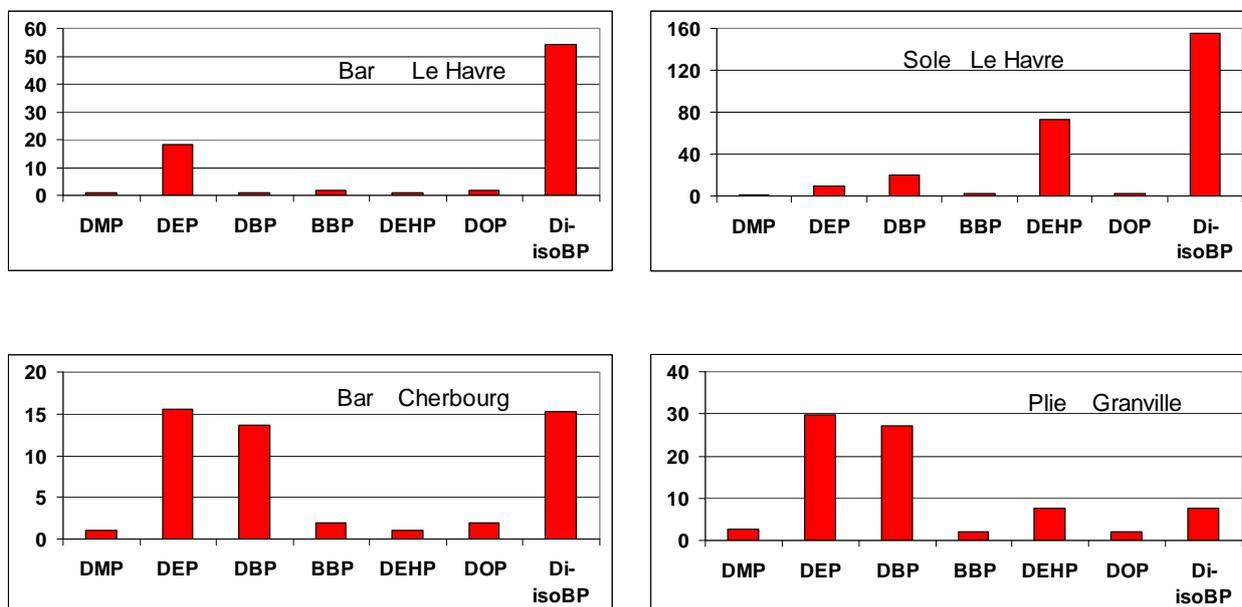


Figure 30 : Distribution des phtalates dans les poissons.

Le DEP est mesuré dans les moules à des concentrations variant à entre 16 et 48  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  (p.h.) moyenne 26,9 et entre 4 et 30 (moyenne 16,6) dans les poissons 6 et 50 (la mesure plies de Cherbourg, 1812  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , s'écarte trop de l'ensemble des mesures n'a pas été prise en compte pour le calcul de la moyenne a été rejetée).

Le DEHP composé prioritaire, varie entre 2,6 et 78,6 (moyenne : 12,7  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h.) dans les moules où il a pu être quantifié dans 6 des 12 échantillons. Les teneurs dans les poissons (10/12) sont supérieures, entre 7,5 et 122  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h, moyenne 23,5. Le di iso BP a lui aussi été fréquemment mesuré, 8 fois sur 12 et 14 fois dans les moules avec des niveaux entre 10 et 1000 dans les moules, moyenne 230  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h et 14 fois sur 18 les poissons, entre 7 et 290 moyenne 92  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h.

Le DBP, moins souvent mesuré, présentent des niveaux autour de 20  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  p.h dans les moules (mesuré 7 fois sur 12) et de 10 dans les poissons (mesurés 13 fois sur 18 échantillons 18). Les autres phtalates sont à des niveaux très souvent inférieurs aux seuils de quantification.

Les apports en phtalates ont été estimés en prenant en compte des concentrations majorées et des consommations en produits de la mer moyennes et élevées soit quotidiennement 5 et 25 g de chair de moules et de 30 et 150 g de chair de poissons.

**Tableau 23 : Estimation de l'exposition aux phtalates**

		Concentrations $\mu\text{g.kg}^{-1}$ p.h		Apports produits de la mer $\text{ng jour}^{-1}$ individu <sup>-1</sup>
		C. Moules	C. poissons	
Diethyl--phtalate	<b>DEP</b>	30	50	1650 - 8250
Dibutyl- phtalate	<b>DBP</b>	20	10	400 - 2000
Di iso ethyl hexyl phtalate	<b>DEHP</b>	80	120	4000 - 20000
Di iso isobutyl phtalate	<b>DisoBP</b>	250	300	9750 - 48750

Ces ordres de grandeur de l'ordre de 1 à 50  $\mu\text{g}$  par jour et par personne peuvent être comparés à des apports ou à des DJA déjà cités (voir encart phtalates, Apport en DBP journalier de 600 $\mu\text{g}$ , dose en DEHP de 30  $\mu\text{g}$  par jour). Elles devraient être confirmées par des investigations complémentaires et comparées à d'autres voies d'exposition aux phtalates par d'autres types aliments, mais aussi par d'autres voies possibles.

### III.2.3. - EXPOSITION DU CONSOMMATEUR AUX CONTAMINANTS.

Le tableau 22 présente une tentative des synthèse de ces diverses estimations des apports en contaminants. Les calculs sont réalisés sur la base des concentrations fortes mesurées dans les moules et les poissons de prélevées dans la zone proche de l'estuaire de la Seine et dans ceux provenant du secteur ouest Cotentin. Ces deux zones sont considérées comme les plus et les moins contaminées, à l'échelle du littoral Bas Normand mais aussi très vraisemblablement sur l'ensemble du littoral français si on considère les mesures (PCB) réalisées dans le cadre du RNO. Les apports calculés selon des scénarios de fort consommation, quotidiennement de 25 g de moules et de 150 g de poisson ce qui correspond à des situations d'expositions maximales. Ils sont donnés en masse de contaminant par individu (adulte moyen, pesant 60 kg) et par mois, compte tenu du caractère cumulatif de l'exposition aux contaminants. Ces apports mensuels sont aussi exprimés en dose toxique équivalente, prenant en compte les valeurs toxiques de référence communément admises par

les autorités sanitaires. Dans le cas des PBDE pour lesquels selon l'AFSSA les données de contamination et de toxicité ne permettent pas l'établissement de dose maximale de référence on s'est basé sur une évaluation réalisée pour Santé Canada qui établit la concentration corporelle maximale sûre à 0,8 mg/kg p. Si on estime que cette concentration maximale atteinte au bout de 50 ans la dose serait 80000 ng par mois et par individu (0,8 mg x 60 60 kg / (50 ans x 12 mois). Cette approche admet aussi que tous les PBDE ingérés par voie alimentaire sont totalement assimilés et pas du tout métabolisés.

Pour les HAP, la VTR prise en compte correspond à la dose virtuellement sûre qui entraînerait un cas de cancer supplémentaire sur 100 million de cas. Pour les alkyls phénols et les phtalates les estimations reposent sur des valeurs de concentrations volontairement majorées compte tenu du peu de mesures significatives obtenues dans cette étude.

**Tableau 24 : Evaluation des expositions mensuelles aux contaminants dans le cas de forts consommateurs.**

	VTR	dose mensuelle tolérable/ adulte ( 60 kg)	Baie de Seine		Ouest-Cotentin	
			apport mensuel en masse	en dose	apport mensuel en masse	en dose
Hg (Methyl-Hg)	DHT =1,6 µg/kg p.c./semaine	411 µg	1238 µg	3,0	375 µg	0,9
Cd	DHT = 7 µg/kg p.c./semaine	1800 µg	169 µg	0,09	82 µg	0,05
Pb	DHT = 25 µg/kg p.c./semaine	6428 µg	1800 µg	0,28	810 µg	0,1
Dioxines	DMT = 70pg TEQ /kg p.c./mois	4200 pg TEQ	1987 pg	0,47	195 pg	0,05
Dioxines+PCB-DL	DMT = 70pg TEQ /kg p.c./mois	4200 pg TEQ	34987 pg TEQ	8,3	1320 pg TEQ	0,3
PCB-NDL (7CB)	DJA = 10 ng/kg p.c./jour	18000 ng	1020000 ng	56,7	19500 ng	1,1
PBDE	DJA = 0,8 mg/kg p.c./vie (Canada)	80000 ng	9750 ng	0,12	600 ng	0,0008
PAH	DVS = 5ng BaP/kg p.c./jour	9000 ng	6022 ng eq,BaP	0,67	795 ng eq. BaP	0,044
NP	DJA = 0,5 µg /kg p.c./jour ( Danemark)	900 µg	150	0,17	7,5 µg	0,008
DEHP	DJA = 0,5 µg /kg p.c./jour	900 µg	90	0,10	7,5 µg	0,008

Les couleurs donnent une indication de la gravité du risque : en vert le risque de dépasser la VTR est très faible comme dans le cas du plomb du cadmium, des PBDE ainsi que des HAP et des dioxines dans la zone ouest Cotentin ; la couleur orange indique un risque de dépasser la VTR, c'est le cas des dioxines et des HAP en zone estuarienne et du mercure, les situations de risque très élevé de dépassement de la VTR notées en rouge, existent pour les les PCB et le mercure en consommant des organismes vivant à proximité de l'estuaire de la Seine.

Ce tableau fait clairement apparaître que pour de nombreux contaminants le risque sanitaire dû à la consommation de poisson et de produits de la mer est limité pour la plupart des contaminants, y compris ceux pour lesquels les données sont relativement nouvelles comme les PBDE ou encore trop fragmentaires, mais volontairement majorées, comme les phtalates et les alkyl-phénols.

Ce sont les anciens contaminants, dont la présence est bien connue, comme le mercure et surtout les PCB qui font encourir le plus gros risque sanitaire pour les gros consommateurs. Notons que dans le cas des PCB, la prise en compte des composés indicateurs dans l'évaluation du risque est, de beaucoup plus protectrice pour le consommateur. Il s'avère ainsi que par l'approche AFSSA (CB indicateurs) la dose tolérable mensuelle est très largement dépassée, plus de 50 fois, alors que selon l'approche TEQ elle ne serait dépassée que d'un facteur 8 environ. La préoccupation dioxine, assez sérieuse dans le cas de gros consommateurs d'espèces provenant de la proximité immédiate de la Seine est bien moins aiguë dans les autres secteurs.

Ce constat d'une très forte exposition aux PCB devrait justifier de la part des instances sanitaires des recommandations quant à la consommation régulière de tels produits.

### III 2.4. - DEVENIR DES CONTAMINANTS DANS LES RESEAUX TROPHIQUES : COMPARAISON POISSONS – MOULES.

Les résultats sur les différents POP (PCB, PCB-DL, dioxines et PBDE) et sur les HAP mettent en évidence des comportements différents de ces contaminants, les uns comme les PCB étant bioaccumulés et les autres étant partiellement biotransformés comme les HAP.

L'approche présentée dans ce qui suit propose une comparaison systématique du devenir des divers contaminants à celui des PCB ou des HAP. Le congénère CB153 (22'44'55'- hexachlorobiphényle) est pris comme modèle de contaminants bio-magnifié dans les réseaux trophiques alors qu'au contraire le Benzo a Pyrène est pris comme modèle de composé facilement biotransformé. Le réseau trophique est ici extrêmement simplifié puisque deux types d'organismes sont considérés comme représentant d'espèces de chacune des deux extrémités de notre chaîne trophique modèle. La moule représente ici l'espèce de bas niveau trophique : cet organisme filtreur accumule les contaminants à partir de l'eau (contaminants dissous) et des matières en suspension, particules détritiques ou cellules phytoplanctoniques. Les mollusques bivalves sont considérés comme incapables de biotransformer les contaminants. Les poissons représentent les organismes en bout de chaîne qui accumulent les contaminants persistants qui, tout au long de leur cheminement trophique, ont résisté aux processus de dégradation et d'élimination. On admet dans cette approche que l'alimentation est la seule source d'exposition aux composés chimiques. Pour comparer les différentes substances les unes par rapport aux autres, indépendamment de leurs concentrations,

Selon une approche empirique de la biotransformation, déjà proposée <sup>45</sup>, l'indice de métabolisation s'écrit :

$$I.M. = (X_{\text{poisson}}/CB153_{\text{poisson}}) / (X_{\text{moules}}/CB153_{\text{moules}})$$

X désignant les concentrations du contaminant dans le prédateur et dans la proie, ces concentrations étant exprimées par rapport à celles du CB153.

Les graphes (figures 30-36) représentent ces indices, représentation en échelle logarithmique, pour chaque groupe de contaminants.

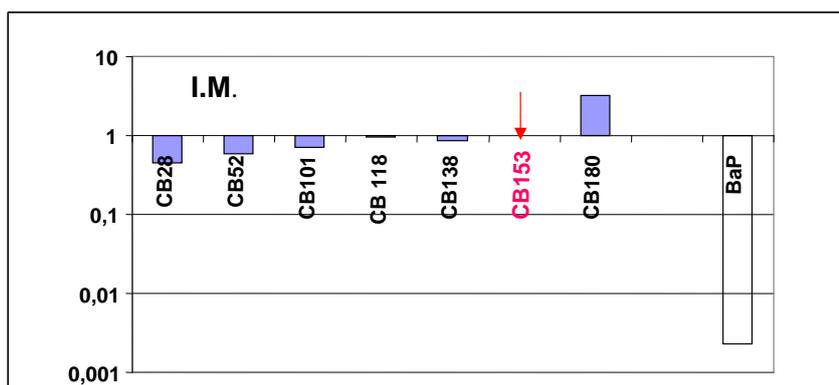
Pour les PCB marqueurs (figure30), composés persistants et bioaccumulables, les indices sont supérieurs ou égaux à 1 : les PCB se comportent tous sensiblement comme le PCB 153 et ne sont pas biotransformés dans la chaîne simplifiée moules – poisson. Le CB118, qui appartient aussi aux PCB-DL, se présente comme le CB153 tandis que le CB180 serait encore davantage biomagnifié que le CB153.

---

<sup>45</sup> Boon J.P., Oostingh I., van der Meer J., Hillebrand M.Th.J.(1994) - A model for the bioaccumulation of chlorobiphenyl congeners in marine mammals. *Eur. J. of Pharmacol. Environ. Toxicol. and Pharmacol.* Vol. 270, Issues 2-3: 237-251

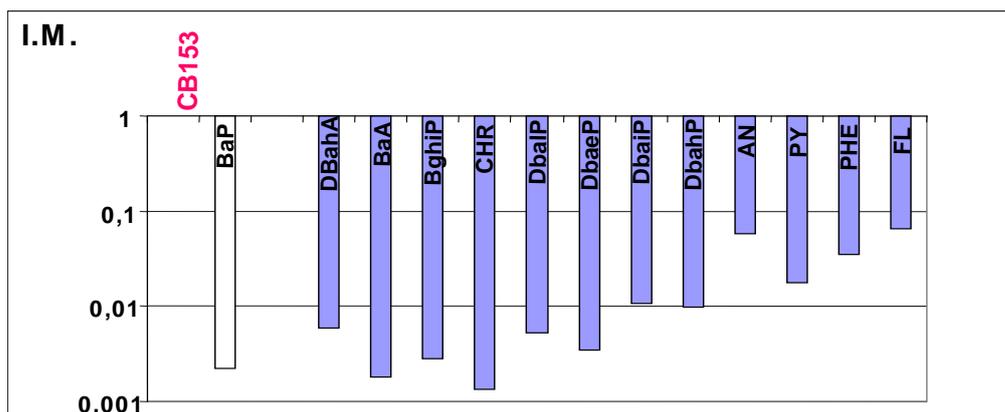
Looser R., Ballschmiter K.H.(1998). - Biomagnification of polychlorinated biphenyls in freshwater fish *Fresenius J Anal Chem* 360 : 816-819

Gandhiand N. et al., (2006). Development of a multichemical food web model: application to PBDEs in Lake Ellasjøen, Bear Island, Norway. *Environ. Sci. Technol.*2006, 40,4714-4721



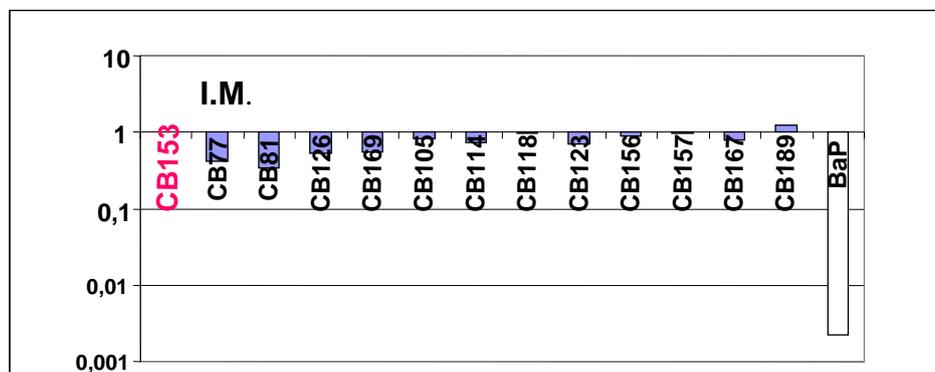
**Figure 31 : Indice de métabolisation pour les PCB marqueurs.**

Pour les HAP (figure 31), les indices de métabolisation bien inférieurs à 1 signifient leur caractère biotransformable à l'image du benzo a pyrène pris en modèle. Les composés « légers » (anthracène, pyrène, phénanthrène, fluorène) seraient moins aisément métabolisés que les composés les plus lourds.



**Figure 32 : Indice de métabolisation pour les HAP.**

Les PCB-DL (figure 32), avec des indices de métabolisation un peu inférieurs à l'unité se comportent comme les autres PCB en étant très partiellement dégradables



**Figure 33 : Indice de métabolisation pour les PCB-DL.**

Les dioxines, PCDD et PCDF, (figures 33 et 34) se comportent davantage comme les HAP et sont partiellement métabolisés

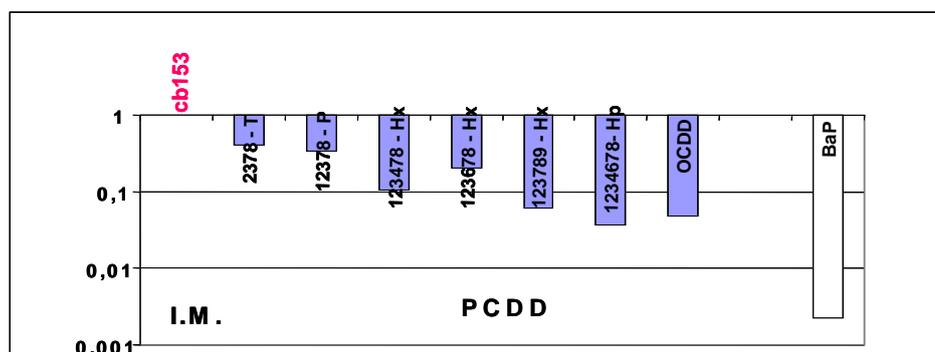


Figure 34 : Indice de métabolisation pour les PCDD.

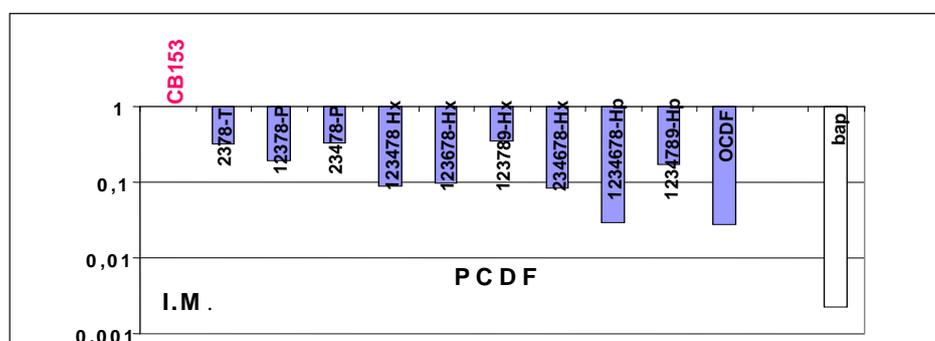


Figure 35 : Indice de métabolisation pour les PCDF.

Dans le cas des PBDE (figure 35) les indices inférieurs à l'unité démontreraient que les PBDE seraient très peu biomagnifiés dans la chaîne trophique ce qui va à l'encontre de diverses observations sur la présence des PBDE dans les organismes

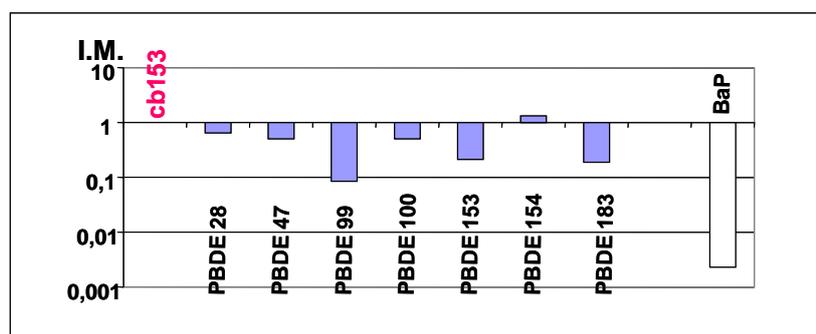


Figure 36 : Indice de métabolisation pour les PBDE.

Il semble que l'approche de l'indice de métabolisation, assez largement suivie dans le cas des PCB ne puisse pas être généralisée aussi simplement à d'autres substances. L'exemple du BDE47, avec un IM inférieur à 1 et pourtant largement bioaccumulé (voir données bibliographiques) en est un contre exemple évident.

Les hypothèses prises en compte dans l'approche de l'indice de métabolisation doivent être vérifiées. On peut effectivement penser que l'alimentation est de très loin la principale source de contamination comme cela est généralement admis dans le cas de substances hydrophobes. Par contre, le transfert des contaminants de la nourriture vers l'organisme dépend aussi de facteur d'assimilation nourriture- prédateur. Ce facteur d'assimilation peut être sensiblement constant et identique pour les PCB mais être différents pour d'autres structures chimiques comme les HAP ou les dioxines. Ces substances, souvent associées à des structures carbonées (PAH, dioxines adsorbées aux cendres volantes lors de l'émission) sont seraient plus moins bio-disponibles car beaucoup plus fixées aux structures carbonées) Pour les PBDE, le schéma apparaît plus complexe puisque le PBDE absent des mélanges techniques initiaux est le plus présent dans les organismes en relation avec des processus de débromation plus complexes.

## CONCLUSION

Dans cette étude il était proposé une approche trophique de l'étude des contaminants dans les écosystèmes littoraux du littoral bas normand. Les contaminants métalliques, et organiques (divers POP, les HAP, les phtalates et les alkyl-phénols) ont été mesurés dans les moules et les poissons. Les objectifs principaux de ce travail étaient de :

- caractériser la présence de ces substances dans quelques espèces indicatrices de la contamination du littoral normand et des espèces consommées et y définir les niveaux de présence caractéristiques de zones peu contaminées (ouest-cotentin) et contaminées (baie et estuaire de Seine), et les niveaux d'exposition, à comparer aux seuils sanitaires, qui pouvaient en résulter pour les consommateurs.
- préciser le devenir de ces substances dans les réseaux trophiques représentatifs de la zone littorale en étudiant la contamination d'espèces situées à différents niveaux trophiques. La comparaison de l'empreinte de contamination des poissons à celles observées dans les moules pouvait permettre de catégoriser les divers contaminants selon leur capacité à être bioaccumulés ou au contraire à être biotransformés, la démarche pouvant aller jusqu'à une modélisations et l'établissement d'indices de transport trophique, en comparaison au CB153 (très bioaccumulable), en zones faiblement et fortement contaminées.

Globalement le premier de ces objectifs a été atteint : les niveaux de contamination ont été précisés permettant une estimation de l'exposition aux contaminants par la consommation de produits de la mer provenant de la zone littorale.

Pour les métaux toxiques (cadmium mercure et plomb) les concentrations mesurées dans les moules sont toujours bien en dessous des teneurs maximales admissibles fixées par la réglementation. Les niveaux mesurés dans les moules dans cette étude sont en très bon accord avec ceux mesurés dans le cadre du RNO. Dans les moules prélevées à proximité immédiate de l'estuaire de la Seine, les teneurs en argent (élément qui n'est pas considéré comme toxique prioritaire), sont particulièrement élevées (déjà mis en évidence par le RNO). La contamination par l'argent et dans une moindre mesure celle par le cadmium sont caractéristiques des apports de la Seine.

Contaminant	Moules		Poissons	
	Conc Max Admissible	Plage de variation des concentrations mesurées	Conc Max Admissible	Plage de variation des concentrations mesurées
<b>Cd</b> (mg kg <sup>-1</sup> p.h.)	1	0,08 – 0,22 (c.mediane : 0,114)	0,05	0,001 – 0,006 (c.mediane : 0,001)
<b>Hg</b> (mg kg <sup>-1</sup> p.h.)	0,5	0,017 – 0,029 (c.mediane : 0,021)	0,5	0,05 - 0,5 (c.mediane : 0,082)
<b>Pb</b> (mg kg <sup>-1</sup> p.h.)	1,5	0,18 – 0,58 (c.mediane : 0,45)	0,3.	0,004 – 0,4 (c.mediane : 0,012)

Dans la chair de poisson, les teneurs en métaux sont généralement inférieures à celles retrouvées dans les bivalves. Le mercure est une exception bien connue, les niveaux peuvent y atteindre le maximum autorisé de 0,5mg.kg<sup>-1</sup> (poids humide) dans la chair des bars.

En termes d'exposition, la consommation de produits de la mer ne contribue pas de façon importante à l'exposition aux métaux. Le mercure constitue l'exception : les doses maximales admissibles peuvent être dépassées dans le cas de très gros consommateurs de poissons prédateurs.

Pour cette raison, de futures investigations devaient être encouragées pour préciser la présence de mercure dans les espèces estuariennes les plus consommées, avec une priorité aux espèces prédatrices de rang élevé. La présence d'argent dans les crustacés, (un seul échantillon mesuré) devrait être aussi précisée compte tenu de la contamination caractéristique de l'estuaire par l'argent et de la forte présence de cet élément dans les étrilles, sur un seul échantillon mesuré (pool de 20 individus).

**Concernant les contaminants organiques les niveaux** sont, à l'exception des PCB, bien en dessous des concentrations maximales admissibles en vigueur tant dans les mollusques que dans les poissons.

Contaminant	Moules		Poissons	
	Conc Max Admissible	Plage de variation des concentrations mesurées	Conc Max Admissible	Plage de variation des concentrations mesurées
<b>PCBi (S 7CB)</b> ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ p.h.)	Non -définie	2 – 200 (c.médiane : 3,3)	Non -définie	2 – 500 (c.médiane : 27)
<b>PCB-DL</b> <b>TEQ</b> ( $\text{ng kg}^{-1}$ p.h.)		0,2 – 10 (c.médiane : 0,38)		0,1 - 20 (c.médiane : 1,60)
<b>Dioxines</b> (PCDD & PCDF) <b>TEQ</b> ( $\text{ng kg}^{-1}$ p.h.)	4	0,2 – 3 (c.médiane : 0,25)	4	0,02 – 2 (c.médiane : 0,57)
<b>TEQ Totale</b> (PCB-DL + Dioxines) ( $\text{ng kg}^{-1}$ p.h.)	8	0,3 – 12 (c.médiane : 0,60)	8	0,1 – 25 (c.médiane : 1,90)
<b>S-PBDE</b> ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ p.h.)	Non -définie	0,1 – 1 (c.médiane : 0,20)	Non -définie	0,01 – 5 (c.médiane : 0,27)
<b>HAP - TEQ BaP</b> ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ p.h.)	10	0,3 – 10 (c.médiane : 0,90)	2	<0,01 – 0,1 (c.médiane <0,04)

Pour la plupart de toutes ces substances, on observe systématiquement une décroissance des niveaux au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'embouchure de la Seine, et cela tant dans les mollusques que dans les poissons plats.

Les PCBi (PCB indicateurs), contaminants caractéristiques de l'estuaire et de la Baie de Seine, présentent dans les moules des teneurs très élevées dans les prélèvements réalisés dans la partie orientale de la baie en accord avec celles mesurées par le RNO. La distribution des PCB dans les moules et celle dans les poissons sont constantes et semblables, le PCB 153 toujours largement prédominant représente environ 40 % de la somme des 7 PCB indicateurs suivis systématiquement. Il y a là rien qui ne soit déjà connu, et bien souvent depuis plus d'une vingtaine d'années. La considération des PCB DL, qui est plus récente renforce cette préoccupation PCB : ces composés varient comme les PCB indicateurs et contribuent largement à la quantité toxique équivalente en dioxine pour les 2/3 dans les moules est pour les 4/5 dans les poissons.

Les dioxines, PCDD et PCDF, décelées dans les moules et les poissons, restent toujours à des concentrations inférieures aux seuils admissibles (TEQ = 4 ng.kg<sup>-1</sup> p.h.) soit dans les moules entre 1 et 2,2 pour la zone 1, entre 0,3 et 0,7 pour la zone 2 et entre 0,1 et 0,2 pour la zone 3. Dans les poissons les TEQ les plus élevées sont mesurées dans les bars de la zone 1 et sont à des niveaux insignifiants (<0.1 ng.kg<sup>-1</sup> p.h dans la chair de poissons plats du Golfe Normano-breton). Les empreintes des dioxines, PCDD et PCDF, dans les moules diffèrent de celles observées dans la chair de poisson. Les PCDF contribuent pour 60 à 90% au TEQ (hors PCB-DL) dans les moules et pour seulement 50 à 80% dans les poissons. Les composés les plus présents sont : OCDD>2378-TCDF>1234678-HpCDD dans les moules et 2378-TCDF>OCDD dans les poissons ce qui indique une métabolisation des PCDF plus efficace que celle des PCDD.

La contamination de l'estuaire par les PCB, et par conséquent par les PCB-DL les plus toxiques, entraîne un dépassement du TEQ total admissible (8 ng.kg<sup>-1</sup> p.h) : soit entre 6,4 et 12,4 dans les moules de l'estuaire. Des valeurs de contamination particulièrement fortes sont relevées dans un nombre limité de prélèvements de poissons. Ces niveaux élevés en dioxines mais surtout en PCB, résulte d'une contamination très ancienne et persistante de l'estuaire de la Seine par les PCB. En regard de données anciennes, cette situation évolue progressivement mais très lentement à la baisse, avec une vitesse de décroissance t<sub>1/2</sub> de l'ordre de 15,6 ans<sup>46</sup>. Aussi la consommation de moules et de poissons provenant de cette zone entraînerait pour les gros consommateurs un large dépassement des doses mensuelles tolérables. Il paraît opportun d'informer localement les populations de ce risque d'exposition trop élevée, de les inciter à modérer leur consommation de produits de la mer d'origine locale en diversifiant leurs sources d'approvisionnement.

Les moules présentent des niveaux de contamination par les PBDE qui sont de près de deux ordres de grandeurs inférieurs à ceux des PCB. Le BDE 47, composé largement dominant dans tous les échantillons, représente plus de la moitié de la somme des congénères de PBDE quantifiés bien que n'appartenant pas aux mélanges techniques utilisés à l'origine de la dissémination de ces substances bromées dans l'environnement. Il n'y pas actuellement de dose toxique de référence pour les PBDE sur lesquels les experts soient accordés.

Les HAP, très présents dans les moules de l'estuaire (somme des 15 HAP entre 40 et 55 µg.kg<sup>-1</sup> p.h., TEQ BaP entre 5,4 et 9,3, sont en dehors de la zone estuarienne à des niveaux bien inférieurs au maximum admissible de 10 µg.kg<sup>-1</sup> p.h. Le plus souvent les HAP sont absents dans la chair de poisson, confirmant leur caractère fortement métabolisable dans les organismes supérieurs.

Cette étude apporte quelques tous premiers résultats sur la présence de phtalates et d'alkyl-phénols dans les produits de la mer. Le DEHP (di ethyl hexyl phtalate) retenu comme contaminant prioritaire selon la liste DCE n'est pas systématiquement trouvé dans nos prélèvements, les niveaux restent relativement bas, les niveaux d'exposition sont modérés et la consommation des produits de la mer ne devrait pas contribuer de façon importante à la l'exposition du consommateur aux phtalates. La recherche des alkyl-phénols n'a pas donné l'information escomptée compte tenu de seuils de détection trop élevés.

---

46

Pour les phtalates et les alkyls phénols de nouvelles études devraient être encouragées avec une meilleure prise en compte des problèmes analytiques notamment pour permettre une quantification plus précise de ces substances.

Le second objectif de l'étude a été partiellement abordé. En terme de processus agissant sur le transport trophique des contaminants la comparaison des empreintes de contamination entre moules qui accumulent les substances hydrophobes à partir des particules en suspension, et des poissons capables de les métaboliser fait apparaître les différentes classes de substances

- les composés bioaccumulables parmi lesquels les PCB (PCB153, composé modèle) et les PBDE
- les composés biotransformables comme les HAP qui à l'image de BaP sont biotransformés
- et ceux au comportement intermédiaire comme les dioxines (PCDD et PCDF).

Les PBDE, présente un comportement plus complexe. En effet la catégorisation des substances, réalisée sur la base de leur biotransformation ou de la bioaccumulation en admettant une similitude des processus d'entrée par la nourriture seule. La comparaison entre PBDE d'une part PCB et d'autre part peut apporter un nouvel éclairage sur l'approche de transfert des contaminants dans les réseaux trophiques

---

## ANNEXES

- Tab.A1 : Concentrations en métaux dans les moules Données RNO 2002-2004.
- Tab. A2 : Concentrations en métaux ( $\text{mg kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et les poissons du littoral Normand.
- Tab. A3 : Concentrations en métaux ( $\text{mg kg}^{-1}$  chair poids humide) dans les moules et poissons du littoral Normand
- Tab. A4 : Concentrations en PCB indicateurs ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Normand.
- Tab. A5 : Concentrations en PCB indicateurs ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair poids humide) dans les moules et poissons du littoral Normand.
- Tab. A6 : Concentrations en PCB de type dioxine ( $\text{ng kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Normand.
- Tab. A7 : Concentrations en PCB de type dioxine ( $\text{ng kg}^{-1}$  chair humide) dans les moules et poissons du littoral Normand.
- Tab. A8 : Concentrations en dioxines (PCDD,  $\text{ng kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Normand.
- Tab. A9 : Concentrations en dioxines (PCDD,  $\text{ng kg}^{-1}$  chair humide) dans les moules et poissons du littoral Normand.
- Tab. A10 : Concentrations en polychoro-furanes (PCDF,  $\text{ng kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Normand.
- Tab. A11 : Concentrations en polychoro-furanes (PCDF,  $\text{ng kg}^{-1}$  chair humide.) dans les moules et poissons du littoral Normand
- Tab. A12 : Concentrations en PBDE ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Normand
- Tab. A13 : Concentrations en PBDE ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair humide) dans les moules et poissons du littoral Normand.
- Tab. A14: Concentrations en PAH ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Normand
- Tab. A15 : Concentrations en PAH ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair humide) dans les moules et poissons du littoral Normand
- Tab. A16 : Concentrations en phtalates et alkyl-phénols ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Normand

Tab. A17 : Concentrations en phtalates et alkyl-phénols ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair humide) dans les moules et poissons du littoral Normand

Tab. A18 : Concentrations en métaux et en arsenic dans les mollusques. Données bibliographiques.

Tab. A19 : Concentrations en métaux et en arsenic dans les poissons. Données bibliographiques.

Tab. A20 : Caractéristiques des principales sources de dioxines (PCDD et PCDF, selon Evers *et al.* 1993).

**Tableau A1 : Concentrations en métaux dans les moules Données RNO 2002-2004.**

Concentrations en mg.kg-1 chair humide		Ag	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
ensemble du littoral	moyenne	0,082	0,15	1,59	0,027	0,34	0,38	25,48
	mediane	0,014	0,13	1,54	0,024	0,31	0,31	22,82
	etyp	0,213	0,08	0,61	0,015	0,18	0,27	11,27
	min	0,001	0,04	0,55	0,004	0,10	0,03	7,68
	MAX	1,473	0,76	10,05	0,099	1,43	1,98	67,80
	NB	187	380	380	380	187	380	380
ensemble littoral normand	moyenne	0,279	0,16	1,79	0,033	0,40	0,45	16,44
	mediane	0,088	0,15	1,73	0,030	0,37	0,39	15,68
	etyp	0,367	0,09	0,45	0,016	0,19	0,28	4,41
	min	0,007	0,04	0,72	0,006	0,19	0,15	7,68
	MAX	1,473	0,41	3,36	0,099	1,20	1,69	36,67
	NB	46	94	94	94	46	94	94
Varengville	moyenne	0,086	0,23	1,79	0,049	0,47	0,48	18,82
	mediane	0,066	0,20	1,69	0,048	0,44	0,48	18,81
	etyp	0,040	0,06	0,22	0,009	0,19	0,06	1,39
	min	0,059	0,16	1,56	0,038	0,29	0,38	16,74
	MAX	0,132	0,32	2,21	0,060	0,66	0,56	20,46
	NB	3	7	7	7	3	7	7
Antifer	moyenne	0,468	0,17	1,91	0,030	0,40	0,52	17,83
	mediane	0,458	0,15	1,77	0,029	0,39	0,51	17,45
	etyp	0,203	0,05	0,36	0,007	0,05	0,18	3,75
	min	0,234	0,12	1,51	0,022	0,35	0,36	13,26
	MAX	0,722	0,26	2,54	0,042	0,47	0,90	23,52
	NB	4	8	8	8	4	8	8
Villerville	moyenne	0,777	0,26	2,25	0,035	0,41	0,78	21,55
	mediane	0,620	0,27	2,14	0,035	0,40	0,79	21,80
	etyp	0,449	0,08	0,56	0,008	0,11	0,17	4,21
	min	0,438	0,17	1,48	0,021	0,31	0,54	16,82
	MAX	1,432	0,38	3,32	0,050	0,54	1,05	28,56
	NB	4	8	8	8	4	8	8
Ouistreham	moyenne	0,146	0,13	1,59	0,025	0,33	0,44	14,47
	mediane	0,157	0,12	1,62	0,025	0,35	0,42	14,10
	etyp	0,100	0,03	0,32	0,007	0,06	0,11	2,67
	min	0,041	0,09	1,13	0,017	0,27	0,31	11,22
	MAX	0,239	0,17	2,11	0,034	0,39	0,60	18,72
	NB	3	7	7	7	3	7	7
Port en Bessin	moyenne	0,061	0,16	1,56	0,033	0,52	0,37	14,38
	mediane	0,051	0,17	1,56	0,036	0,50	0,39	15,09
	etyp	0,021	0,04	0,39	0,007	0,07	0,10	3,35
	min	0,048	0,06	0,76	0,019	0,48	0,19	7,68
	MAX	0,092	0,20	1,98	0,040	0,62	0,50	18,27
	NB	4	8	8	8	4	8	8
Le Moulard	moyenne	0,102	0,14	1,48	0,031	0,28	0,29	15,47
	mediane	0,103	0,15	1,47	0,030	0,27	0,28	15,52
	etyp	0,014	0,04	0,26	0,006	0,08	0,06	2,38
	min	0,084	0,08	0,98	0,024	0,19	0,22	11,10
	MAX	0,117	0,20	1,80	0,040	0,38	0,38	18,48
	NB	4	8	8	8	4	8	8
Cherbourg	moyenne	0,017	0,12	1,99	0,028	0,26	0,46	15,42
	mediane	0,018	0,12	1,89	0,029	0,26	0,42	15,29
	etyp	0,002	0,02	0,29	0,005	0,03	0,10	2,03
	min	0,015	0,09	1,77	0,020	0,23	0,38	12,88
	MAX	0,018	0,13	2,63	0,034	0,29	0,64	18,24
	NB	4	8	8	8	4	8	8
Pirou	moyenne	0,014	0,08	1,63	0,021	0,27	0,22	14,96
	mediane	0,014	0,08	1,64	0,022	0,25	0,20	15,36
	etyp	0,003	0,01	0,16	0,007	0,07	0,05	2,04
	min	0,011	0,07	1,39	0,006	0,21	0,16	11,75
	MAX	0,017	0,10	1,87	0,032	0,37	0,29	17,82
	NB	4	8	8	8	4	8	8
Breville	moyenne	0,010	0,07	1,51	0,018	0,35	0,22	13,16
	mediane	0,010	0,07	1,56	0,018	0,36	0,20	13,89
	etyp	0,002	0,01	0,37	0,003	0,12	0,05	2,69
	min	0,007	0,04	0,72	0,015	0,21	0,18	8,52
	MAX	0,013	0,08	1,92	0,022	0,46	0,30	15,84
	NB	4	8	8	8	4	8	8

**Tableau A2 : Concentrations en métaux (mg kg<sup>-1</sup> chair poids sec) dans les moules et les poissons du littoral Normand.**

n° ech	Point	Date	%MIES	Ag	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>										
1	Villerville	oct-05	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2		janv-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3		mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4		oct-06	20	1,1	1,02	10,5	0,144	1,79	2,84	64,5
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>										
5	Ste Honorine	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6		oct-06	20	0,19	0,48	4,89	0,097	1,34	0,93	57,6
7	Le Moulard	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
8		oct-06	20	0,43	0,57	5,7	0,117	3,81	1,3	58,1
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>										
9	Pirou	mars-06	20	0,07	0,5	35,3	0,135	6,06	3,93	89,4
10		oct-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
11	Bréhal	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12	Donville	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13	Granville	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
14		oct-06	20	0,03	1,12	11,4	0,092	3,35	2,26	288,3
15	Hacqueville	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
16	Champeaux	mars-06	20	0,06	0,41	19,3	0,084	3,63	2,88	69,3
17		oct-06	20	0,07	0,57	5,4	0,107	2,06	1,64	63,7
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
18	Octeville	oct-06	20	3,04	0,03	27,3	0,55	0,56	0,27	168,9
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
32	Le Havre	mars-06	28,5	0,02	0,005	98,7	2,06	3,13	4,08	69
33		mars-06	30,3	0,11	0,033	687	1,33	26,3	33,4	437
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>										
34	Cherbourg	mars-06	26,2	0,01	0,002	9,5	1,91	0,27	0,28	24,2
35		mars-06	23,4	0,01	0,002	28,9	2,06	0,77	1,04	32,8
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
25	Octeville	oct-06	22,9	0,01	0,001	4,12	0,355	0,05	0,03	18,1
26		oct-06	21,4	0,01	0,002	56,7	0,556	0,06	0,06	17,9
40	Le Havre		20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
41			20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>										
37	Cherbourg	mars-06	21,9	0,02	0,005	33,3	0,36	0,28	0,1	37,6
38		mars-06	23	0,01	0,003	67,8	0,35	0,22	0,1	31,8
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>										
22	Ganville	oct-06	20,1	0,01	0,002	5,08	0,3	0,2	0,02	20,6
23		oct-06	24,1	0,02	0,005	55,8	0,353	0,74	1,87	43,6
24		oct-06	23,7	0,01	0,001	8,05	0,307	0,19	0,03	19,3
39		mars-06	21,3	0,02	0,006	9,73	0,268	0,2	0,03	28,9
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
28	Le Havre	oct-06	23,7	0,01	0,005	24,4	0,148	0,12	0,04	17,9
29		oct-06	24	0,02	<0,001	61,9	0,212	0,14	0,05	19,7
30		mars-06	24,5	0,02	0,001	10,7	0,183	0,16	0,03	18,5
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>										
36	Cherbourg	mars-06	22,7	0,04	0,007	20,4	1,82	0,25	0,14	23,8
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>										
19	Granville	oct-06	20	0,02	0,032	3,04	0,41	0,23	0,04	20
20		oct-06	23	0,02	0,012	18	0,219	0,26	0,03	22,3
21		oct-06	20,5	0,02	0,048	62,3	0,567	0,13	0,05	15,5
31		mars-06	22,1	0,01	0,004	43,7	0,614	1,38	1,73	42,6

**Tableau A3 : Concentrations en métaux (mg kg<sup>-1</sup> chair poids humide) dans les moules et poissons du littoral Bas Normand.**

n° ech	Point	Date	%MES	Ag	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>										
1	Villerville	oct-05	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2		janv-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3		mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4		oct-06	20	0,220	0,204	2,10	0,029	0,358	0,568	12,90
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>										
5	Ste Honorine	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6		oct-06	20	0,038	0,096	0,98	0,019	0,268	0,186	11,52
7	Le Moulard	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
8		oct-06	20	0,086	0,114	1,14	0,023	0,762	0,260	11,62
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>										
9	Pirou	mars-06	20	0,014	0,100	7,06	0,027	1,212	0,786	17,88
10		oct-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
11	Bréhal	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12	Donville	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13	Granville	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
14		oct-06	20	0,006	0,224	2,28	0,018	0,670	0,452	57,66
15	Hacqueville	mars-06	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
16	Champeaux	mars-06	20	0,012	0,082	3,86	0,017	0,726	0,576	13,86
17		oct-06	20	0,014	0,114	1,08	0,021	0,412	0,328	12,74
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
18	Octeville	oct-06	20	0,608	0,006	5,46	0,110	0,112	0,054	33,78
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
32	Le Havre	mars-06	28,5	0,006	0,001	28,13	0,587	0,892	1,163	19,67
33		mars-06	30,3	0,033	0,010	208,16	0,403	7,969	10,120	132,41
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>										
34	Cherbourg	mars-06	26,2	0,003	0,001	2,49	0,500	0,071	0,073	6,34
35		mars-06	23,4	0,002	0,000	6,76	0,482	0,180	0,243	7,68
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
25	Octeville	oct-06	22,9	0,002	0,000	0,94	0,081	0,011	0,007	4,14
26		oct-06	21,4	0,002	0,000	12,13	0,119	0,013	0,013	3,83
40	Le Havre		20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
41				20	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>										
37	Cherbourg	mars-06	21,9	0,004	0,001	7,29	0,079	0,061	0,022	8,23
38		mars-06	23	0,002	0,001	15,59	0,081	0,051	0,023	7,31
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>										
22	Ganville	oct-06	20,1	0,002	0,000	1,02	0,060	0,040	0,004	4,14
23		oct-06	24,1	0,005	0,001	13,45	0,085	0,178	0,451	10,51
24		oct-06	23,7	0,002	0,000	1,91	0,073	0,045	0,007	4,57
39		mars-06	21,3	0,004	0,001	2,07	0,057	0,043	0,006	6,16
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
28	Le Havre	oct-06	23,7	0,002	0,001	5,78	0,035	0,028	0,009	4,24
29		oct-06	24	0,005	ND	14,86	0,051	0,034	0,012	4,73
30		mars-06	24,5	0,005	0,000	2,62	0,045	0,039	0,007	4,53
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>										
36	Cherbourg	mars-06	22,7	0,009	0,002	4,63	0,413	0,057	0,032	5,40
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>										
19	Granville	oct-06	20	0,004	0,006	0,61	0,082	0,046	0,008	4,00
20		oct-06	23	0,005	0,003	4,14	0,050	0,060	0,007	5,13
21		oct-06	20,5	0,004	0,010	12,77	0,116	0,027	0,010	3,18
31		mars-06	22,1	0,002	0,001	9,66	0,136	0,305	0,382	9,41

**Tableau A4 : Concentrations en PCB indicateurs ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Bas Normand.**

n° ech	Point	Date	%MES	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180	S7 PCB I.
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>											
1		oct-05	20	10,6	67,2	177,6	109,8	174,6	337,3	20,7	897,7
2	Villerville	janv-06	20	6,4	51,0	182,5	123,1	220,6	396,7	23,7	1004,0
3		mars-06	20	3,5	22,3	89,4	58,9	131,9	152,9	18,1	477,1
4		oct-06	20	6,5	44,1	143,3	86,4	146,8	302,3	14,9	744,3
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>											
5	Ste Honorine	mars-06	20	0,6	2,5	9,7	10,5	20,7	38,4	2,1	84,6
6		oct-06	20	0,5	1,8	8,0	8,4	15,0	29,1	0,8	63,5
7	Le Moulard	mars-06	20	0,3	0,7	3,0	4,1	8,2	15,5	0,6	32,4
8		oct-06	20	0,8	2,9	4,5	4,5	7,6	16,0	0,5	36,7
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>											
9	Pirou	mars-06	20	0,3	0,7	1,1	1,0	2,2	4,0	0,4	9,6
10		oct-06	20	0,3	0,3	0,9	0,9	2,0	4,3	0,4	9,0
11	Bréhal	mars-06	20	0,2	0,4	1,1	1,3	2,7	4,8	0,4	10,9
12	Donville	mars-06	20	0,3	1,1	2,1	1,3	2,0	3,4	0,2	10,4
13	Granville	mars-06	20	0,4	0,9	1,8	1,3	2,1	3,4	0,3	10,1
14		oct-06	20	0,4	0,9	1,8	1,6	2,6	4,5	0,3	12,1
15	Hacqueville	mars-06	20	0,7	2,1	2,2	2,0	3,5	5,8	0,4	16,6
16	Champeaux	mars-06	20	0,3	0,5	1,1	1,0	2,2	4,0	0,5	9,4
17		oct-06	20	0,2	0,7	1,6	1,3	2,7	5,6	0,3	12,4
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
18	Octeville	oct-06	20	6,7	0,2	0,6	59,7	56,9	123,6	22,7	270,5
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
32	Le Havre	mars-06	28,5	3,4	11,6	36,4	51,6	80,9	190,8	41,8	416,5
33		mars-06	30,3	34,6	190,7	319,5	241,2	276,2	590,6	119,3	1772,2
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>											
34	Cherbourg	mars-06	26,2	1,3	1,8	7,3	11,7	20,3	38,1	11,8	92,3
35		mars-06	23,4	2,4	10,6	40,8	55,1	96,9	210,4	58,4	474,7
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
25	Octeville	oct-06	22,9	3,3	16,6	48,5	47,1	84,7	161,9	36,3	398,3
26		oct-06	21,4	1,4	5,0	15,0	16,5	28,6	50,9	13,9	131,2
40	Le Havre		20	3,8	43,0	166,6	137,2	223,1	487,0	92,8	1153,4
41			20	5,4	42,3	152,0	120,7	195,4	440,3	80,9	1037,0
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>											
37	Cherbourg	mars-06	21,9	0,4	1,1	3,9	7,5	12,9	28,3	5,9	60,0
38		mars-06	23	0,7	1,7	5,3	8,8	16,8	32,2	6,7	72,3
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>											
22	Ganville	oct-06	20,1	0,2	0,6	1,3	1,9	3,2	6,2	1,0	14,3
23		oct-06	24,1	0,2	0,6	1,9	2,5	4,1	8,6	1,6	19,6
24		oct-06	23,7	0,1	0,3	0,8	1,0	1,8	3,9	0,9	8,7
39		mars-06	21,3	0,1	0,2	0,4	0,6	1,2	2,4	0,6	5,6
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
28	Le Havre	oct-06	23,7	5,5	39,7	121,3	89,7	146,2	323,9	57,0	783,2
29		oct-06	24	6,5	49,6	158,5	117,3	189,0	380,1	77,1	978,2
30		mars-06	24,5	4,5	40,6	106,2	86,7	143,6	300,3	63,4	745,3
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>											
36	Cherbourg	mars-06	22,7	0,5	2,8	11,1	13,1	24,8	53,5	8,6	114,4
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>											
19	Granville	oct-06	20	0,1	0,2	0,7	1,0	1,9	3,9	0,7	8,6
20		oct-06	23	0,1	10,2	44,7	41,4	69,4	131,4	24,7	321,9
21		oct-06	20,5	0,2	0,4	0,9	1,4	2,5	4,7	1,2	11,3
31		mars-06	22,1	0,1	0,3	0,7	0,9	1,5	3,4	0,7	7,6

**Tableau A5 : Concentrations en PCB indicateurs ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair poids humide) dans les moules et poissons du littoral Bas Normand.**

n° ech	Point	Date	%MES	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180	S7 PCB I.
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>											
1		oct-05	20	2,1	13,4	35,5	22,0	34,9	67,5	4,1	179,5
2	Villerville	janv-06	20	1,3	10,2	36,5	24,6	44,1	79,3	4,7	200,8
3		mars-06	20	0,7	4,5	17,9	11,8	26,4	30,6	3,6	95,4
4		oct-06	20	1,3	8,8	28,7	17,3	29,4	60,5	3,0	148,9
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>											
5	Ste Honorine	mars-06	20	0,13	0,5	1,9	2,1	4,1	7,7	0,4	16,9
6		oct-06	20	0,09	0,4	1,6	1,7	3,0	5,8	0,2	12,7
7	Le Moulard	mars-06	20	0,07	0,1	0,6	0,8	1,6	3,1	0,1	6,5
8		oct-06	20	0,16	0,6	0,9	0,9	1,5	3,2	0,1	7,3
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>											
9	Pirou	mars-06	20	0,06	0,1	0,2	0,2	0,4	0,8	0,1	1,9
10		oct-06	20	0,05	0,1	0,2	0,2	0,4	0,9	0,1	1,8
11	Bréhal	mars-06	20	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	0,1	2,2
12	Donville	mars-06	20	0,06	0,2	0,4	0,3	0,4	0,7	0,0	2,1
13	Granville	mars-06	20	0,08	0,2	0,4	0,3	0,4	0,7	0,1	2,0
14		oct-06	20	0,07	0,2	0,4	0,3	0,5	0,9	0,1	2,4
15	Hacqueville	mars-06	20	0,14	0,4	0,4	0,4	0,7	1,2	0,1	3,3
16	Champeaux	mars-06	20	0,05	0,1	0,2	0,2	0,4	0,8	0,1	1,9
17		oct-06	20	0,04	0,1	0,3	0,3	0,5	1,1	0,1	2,5
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
18	Octeville	oct-06	20	1,3	0,0	0,1	11,9	11,4	24,7	4,5	54,1
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
32	Le Havre	mars-06	28,5	1,0	3,3	10,4	14,7	23,0	54,4	11,9	118,7
33		mars-06	30,3	10,5	57,8	96,8	73,1	83,7	179,0	36,2	537,0
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>											
34	Cherbourg	mars-06	26,2	0,3	0,5	1,9	3,1	5,3	10,0	3,1	24,2
35		mars-06	23,4	0,6	2,5	9,5	12,9	22,7	49,2	13,7	111,1
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
25	Octeville	oct-06	22,9	0,7	3,8	11,1	10,8	19,4	37,1	8,3	91,2
26		oct-06	21,4	0,3	1,1	3,2	3,5	6,1	10,9	3,0	28,1
40 (barbue)	Le Havre		20	0,8	8,6	33,3	27,4	44,6	97,4	18,6	230,7
41 (carrelet)			20	1,1	8,5	30,4	24,1	39,1	88,1	16,2	207,4
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>											
37	Cherbourg	mars-06	21,9	0,1	0,2	0,9	1,6	2,8	6,2	1,3	13,1
38		mars-06	23	0,2	0,4	1,2	2,0	3,9	7,4	1,6	16,6
<b>Plies Zone3 Ouest Cotentin</b>											
22	Ganville	oct-06	20,1	0,04	0,1	0,3	0,4	0,6	1,2	0,2	2,9
23		oct-06	24,1	0,06	0,2	0,5	0,6	1,0	2,1	0,4	4,7
24		oct-06	23,7	0,04	0,1	0,2	0,2	0,4	0,9	0,2	2,1
39		mars-06	21,3	0,03	0,0	0,1	0,1	0,2	0,5	0,1	1,2
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
28	Le Havre	oct-06	23,7	1,3	9,4	28,7	21,3	34,6	76,8	13,5	185,6
29		oct-06	24	1,6	11,9	38,0	28,2	45,4	91,2	18,5	234,8
30		mars-06	24,5	1,1	10,0	26,0	21,2	35,2	73,6	15,5	182,6
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>											
36	Cherbourg	mars-06	22,7	0,12	0,6	2,5	3,0	5,6	12,1	2,0	26,0
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>											
19	Granville	oct-06	20	0,01	0,0	0,1	0,2	0,4	0,8	0,1	1,7
20		oct-06	23	0,02	2,4	10,3	9,5	16,0	30,2	5,7	74,0
21		oct-06	20,5	0,04	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	0,2	2,3
31		mars-06	22,1	0,03	0,1	0,2	0,2	0,3	0,7	0,2	1,7

**Tableau A6 : Concentrations en PCB de type dioxine (ng kg<sup>-1</sup> chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Bas Normand.**

n° ech	%MES	%MG	CB77	CB81	CB126	CB169	CB105	CB114	CB118	CB123	CB156	CB157	CB167	CB189	TEQ PCB-DL		
															OMS-98	OMS-05	
	TEF OMS1998		0,0001	0,0001	0,1	0,01	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001	0,0005	0,0005	0,00001	0,0001			
	TEF OMS2005		0,0001	0,0003	0,1	0,03	0,0000	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003			
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>																	
1		20	11,81	1974,4	35,6	244,8	21,7	21202,9	770,0	109763	8229,6	7488,9	2408,5	6888,4	763,8	44,3	30,1
2	Villerville	20	9,60	1665,5	34,5	275,3	25,5	22251,5	649,8	123136	3993,1	8560,0	2900,7	8578,2	532,5	49,1	33,6
3		20	6,91	772,0	15,4	140,0	16,8	11582,0	419,1	58914	4641,8	5144,9	1821,8	5485,7	330,2	25,5	17,2
4		20	8,72	1431,8	27,6	196,6	16,1	16536,1	493,2	86382	4341,0	5723,9	1866,8	5767,2	488,1	34,9	23,9
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>																	
5	Ste Honorine	20	8,03	268,1	6,4	50,7	6,4	2403,6	71,5	10521	810,6	727,5	278,7	872,8	92,1	7,1	5,8
6		20	9,49	265,0	5,9	46,5	4,7	1922,6	44,1	8376	332,4	452,1	208,0	625,3	56,4	6,2	5,2
7	Le Moulard	20	7,41	137,6	3,1	30,9	4,0	1066,8	28,4	4080	284,3	270,6	128,6	340,5	30,6	3,9	3,4
8		20	6,43	133,1	3,4	26,5	2,9	1002,5	26,7	4465	128,5	247,1	108,7	324,7	30,7	3,5	2,9
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>																	
9		20	7,82	27,4	1,2	10,7	2,2	276,2	11,8	968	72,6	130,3	38,1	114,7	22,6	1,3	1,2
10	Pirou	20	9,57	32,3	1,2	12,6	2,5	253,8	8,8	902	32,8	108,1	36,5	109,9	16,1	1,5	1,4
11	Bréhal	20	8,64	39,8	2,0	15,8	2,8	414,7	17,7	1313	93,9	160,9	49,1	140,9	17,7	1,9	1,7
12	Donville	20	5,05	24,6	1,1	6,8	1,4	360,5	18,7	1272	73,0	135,9	35,5	100,7	11,3	1,0	0,8
13	Granville	20	4,59	30,3	1,3	6,1	1,1	393,4	19,3	1300	50,1	145,5	34,5	98,0	12,1	0,9	0,7
14		20	7,42	41,1	1,6	11,1	1,7	498,5	19,1	1581	33,0	167,9	47,7	126,3	16,2	1,5	1,2
15	Hacqueville	20	6,29	46,8	2,0	14,6	2,4	619,4	30,6	1972	136,4	216,8	59,7	167,4	19,5	1,9	1,6
16	Champeaux	20	7,21	29,0	1,7	9,2	1,9	278,0	13,2	989	80,0	132,3	42,0	114,5	19,8	1,2	1,0
17		20	11,15	37,7	1,6	15,0	2,8	342,8	12,0	1304	46,2	142,3	49,9	144,1	17,3	1,8	1,6
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																	
18	Octeville	20	4,88	1039,7	14,9	129,9	14,0	9349,3	360,6	59743	772,0	5363,5	1452,0	4193,8	605,6	23,9	16,0
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>																	
32	Le Havre	28,5	17,72	468,9	15,0	215,4	23,7	10394,5	476,8	51582	1944,9	6125,0	1558,7	4145,6	775,3	32,4	24,6
33		30,3	15,04	1514,2	30,5	356,3	28,2	43163,5	1842,1	241233	9544,2	16674,4	4203,3	10483,1	1601,9	77,1	46,5
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>																	
34	Cherbourg	26,2	8,19	187,4	9,8	66,4	9,3	3499,9	198,8	11704	569,8	1744,4	494,4	1162,4	213,2	9,6	7,5
35		23,4	9,09	304,5	13,0	220,1	24,5	11999,4	528,5	55140	2552,4	7154,3	1834,4	4492,2	983,8	34,2	25,3
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>																	
25	Octeville	22,9	10,63	543,8	12,7	106,1	14,6	8444,8	313,7	47086	2081,0	4714,5	1365,1	3572,7	701,7	19,9	13,2
26		21,4	6,75	226,8	4,6	42,5	6,0	2965,2	118,3	16529	726,9	1529,9	455,0	1247,2	246,6	7,4	5,2
40	Le Havre	20	11,42	309,3	6,8	258,7	32,1	25905,2	889,1	137161	4294,3	12298,0	3720,3	8790,5	1586,6	51,7	32,7
41		20	11,83	341,8	5,1	202,0	22,2	21982,6	674,8	120743	4714,6	9918,4	2825,1	7107,9	1290,7	42,1	26,0
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>																	
37	Cherbourg	21,9	6,58	164,8	4,1	42,3	6,3	1693,1	69,4	7467	290,3	889,5	232,5	629,8	143,9	5,9	4,8
38		23	7,64	220,6	5,5	52,5	7,3	2097,2	73,6	8830	450,4	1029,3	292,3	765,1	180,8	7,2	5,9
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>																	
22	Granville	20,1	5,74	27,2	0,8	11,6	2,0	450,2	15,0	1883	59,5	158,0	57,1	135,1	22,8	1,5	1,3
23		24,1	12,64	58,2	1,6	17,5	2,8	616,5	22,6	2479	85,8	242,3	79,1	196,4	32,6	2,3	2,0
24		23,7	10,29	24,1	1,0	9,1	1,7	267,4	11,5	992	43,4	122,8	38,4	96,0	16,7	1,1	1,0
39		21,3	4,67	13,7	0,4	5,8	0,9	173,0	5,5	619	21,3	83,0	22,1	62,1	12,9	0,7	0,6
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																	
28	Le Havre	23,7	19,47	482,6	7,4	118,2	22,5	16154,7	462,5	89727	3924,0	5320,6	2087,1	5625,6	844,4	27,1	16,3
29		24	18,75	504,7	7,0	160,5	25,8	20315,1	613,1	117344	4952,8	8223,2	2935,4	7274,0	1148,3	36,7	21,8
30		24,5	13,38	248,5	4,0	81,7	18,8	14655,9	495,0	86687	4121,1	5219,8	2081,9	5793,2	913,9	23,0	12,4
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>																	
36	Cherbourg	22,7	5,54	50,2	0,4	17,9	5,8	2749,1	47,7	13074	652,8	596,8	343,6	820,4	139,4	4,0	2,5
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>																	
19	Granville	20	12,83	5,1	0,1	2,0	1,0	251,0	5,1	971	36,7	46,7	36,3	60,9	11,4	0,4	0,3
20		23	3,62	5,9	0,2	8,0	5,3	6950,1	130,2	41366	1334,4	1122,6	951,1	2057,0	241,0	7,0	2,6
21		20,5	8,89	7,8	0,1	2,4	1,2	346,7	6,2	1391	47,3	48,5	53,0	107,6	10,6	0,5	0,3
31		22,1	2,73	5,4	0,1	1,8	0,6	215,1	4,9	869	38,6	49,2	27,9	60,2	8,8	0,3	0,2

**Tableau A7: Concentrations en PCB de type dioxine (ng kg<sup>-1</sup> chair poids humide) dans les moules et poissons du littoral Bas Normand.**

n° ech	%MES	%MG	CB77	CB81	CB126	CB169	CB105	CB114	CB118	CB123	CB156	CB157	CB167	CB189	TEQ PCB-DL	
	<b>TEF OMS1998</b>		0,0001	0,0001	0,1	0,01	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001	0,0005	0,0005	0,00001	0,0001		
	<b>TEF OMS2005</b>		0,0001	0,0003	0,1	0,03	0,0000	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	<b>OMS-98</b>	<b>OMS-05</b>
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>																
1	20	11,81	394,9	7,1	49,0	4,3	4240,6	154,0	21952,6	1645,9	1497,8	481,7	1377,7	152,8	<b>8,9</b>	6,0
2	20	9,60	333,1	6,9	55,1	5,1	4450,3	130,0	24627,12	798,6	1712,0	580,1	1715,6	106,5	<b>9,8</b>	6,7
3	20	6,91	154,4	3,1	28,0	3,4	2316,4	83,8	11782,88	928,4	1029,0	364,4	1097,1	66,0	<b>5,1</b>	3,4
4	20	8,72	286,4	5,5	39,3	3,2	3307,2	98,6	17276,46	868,2	1144,8	373,4	1153,4	97,6	<b>7,0</b>	4,8
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>																
5	20	8,03	53,6	1,3	10,1	1,3	480,7	14,3	2104	162,1	145,5	55,7	174,6	18,4	<b>1,4</b>	1,2
6	20	9,49	53,0	1,2	9,3	0,9	384,5	8,8	1675	66,5	90,4	41,6	125,1	11,3	<b>1,2</b>	1,0
7	20	7,41	27,5	0,6	6,2	0,8	213,4	5,7	816	56,9	54,1	25,7	68,1	6,1	<b>0,8</b>	0,7
8	20	6,43	26,6	0,7	5,3	0,6	200,5	5,3	893	25,7	49,4	21,7	64,9	6,1	<b>0,7</b>	0,6
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>																
9	20	7,82	5,5	0,2	2,1	0,4	55,2	2,4	194	14,5	26,1	7,6	22,9	4,5	<b>0,3</b>	0,2
10	20	9,57	6,5	0,2	2,5	0,5	50,8	1,8	180	6,6	21,6	7,3	22,0	3,2	<b>0,3</b>	0,3
11	20	8,64	8,0	0,4	3,2	0,6	82,9	3,5	263	18,8	32,2	9,8	28,2	3,5	<b>0,4</b>	0,3
12	20	5,05	4,9	0,2	1,4	0,3	72,1	3,7	254	14,6	27,2	7,1	20,1	2,3	<b>0,2</b>	0,2
13	20	4,59	6,1	0,3	1,2	0,2	78,7	3,9	260	10,0	29,1	6,9	19,6	2,4	<b>0,2</b>	0,1
14	20	7,42	8,2	0,3	2,2	0,3	99,7	3,8	316	6,6	33,6	9,5	25,3	3,2	<b>0,3</b>	0,2
15	20	6,29	9,4	0,4	2,9	0,5	123,9	6,1	394	27,3	43,4	11,9	33,5	3,9	<b>0,4</b>	0,3
16	20	7,21	5,8	0,3	1,8	0,4	55,6	2,6	198	16,0	26,5	8,4	22,9	4,0	<b>0,2</b>	0,2
17	20	11,15	7,5	0,3	3,0	0,6	68,6	2,4	261	9,2	28,5	10,0	28,8	3,5	<b>0,4</b>	0,3
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
18	20	4,88	207,9	3,0	26,0	2,8	1869,9	72,1	11949	154,4	1072,7	290,4	838,8	121,1	<b>4,8</b>	3,2
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
32	28,5	17,72	133,6	4,3	61,4	6,8	2962,4	135,9	14701	554,3	1745,6	444,2	1181,5	221,0	<b>9,2</b>	7,0
33	30,3	15,04	458,8	9,3	108,0	8,5	13078,5	558,2	73094	2891,9	5052,4	1273,6	3176,4	485,4	<b>23,4</b>	14,1
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>																
34	26,2	8,19	49,1	2,6	17,4	2,4	917,0	52,1	3067	149,3	457,0	129,5	304,5	55,9	<b>2,5</b>	2,0
35	23,4	9,09	71,3	3,0	51,5	5,7	2807,9	123,7	12903	597,3	1674,1	429,2	1051,2	230,2	<b>8,0</b>	5,9
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
25	22,9	10,63	124,5	2,9	24,3	3,3	1933,9	71,8	10783	476,6	1079,6	312,6	818,1	160,7	<b>4,6</b>	3,0
26	21,4	6,75	48,5	1,0	9,1	1,3	634,6	25,3	3537	155,6	327,4	97,4	266,9	52,8	<b>1,6</b>	1,1
40	20	11,42	61,9	1,4	51,7	6,4	5181,0	177,8	27432	858,9	2459,6	744,1	1758,1	317,3	<b>10,3</b>	6,5
41	20	11,83	68,4	1,0	40,4	4,4	4396,5	135,0	24149	942,9	1983,7	565,0	1421,6	258,1	<b>8,4</b>	5,2
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>																
37	21,9	6,58	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0
38	23	7,64	1,1	0,0	0,5	0,1	18,2	0,6	76,062028	2,4	6,4	2,3	5,5	0,9	<b>0,1</b>	0,1
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>																
22	20,1	5,74	5,5	0,2	2,3	0,4	90,5	3,0	378	12,0	31,8	11,5	27,2	4,6	<b>0,3</b>	0,3
23	24,1	12,64	14,0	0,4	4,2	0,7	148,6	5,5	598	20,7	58,4	19,1	47,3	7,9	<b>0,5</b>	0,5
24	23,7	10,29	5,7	0,2	2,2	0,4	63,4	2,7	235	10,3	29,1	9,1	22,8	4,0	<b>0,3</b>	0,2
39	21,3	4,67	2,9	0,1	1,2	0,2	36,9	1,2	132	4,5	17,7	4,7	13,2	2,8	<b>0,2</b>	0,1
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
28	23,7	19,47	114,4	1,8	28,0	5,3	3828,7	109,6	21265	930,0	1261,0	494,6	1333,3	200,1	<b>6,4</b>	3,9
29	24	18,75	121,1	1,7	38,5	6,2	4875,6	147,2	28163	1188,7	1973,6	704,5	1745,8	275,6	<b>8,8</b>	5,2
30	24,5	13,38	60,9	1,0	20,0	4,6	3590,7	121,3	21238	1009,7	1278,9	510,1	1419,3	223,9	<b>5,6</b>	3,0
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>																
36	22,7	5,54	11,4	0,1	4,1	1,3	624,1	10,8	2968	148,2	135,5	78,0	186,2	31,6	<b>0,9</b>	0,6
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>																
19	20	12,83	1,0	0,0	0,4	0,2	50,2	1,0	194	7,3	9,3	7,3	12,2	2,3	<b>0,1</b>	0,1
20	23	3,62	1,4	0,0	1,9	1,2	1598,5	29,9	9514	306,9	258,2	218,8	473,1	55,4	<b>1,6</b>	0,6
21	20,5	8,89	1,6	0,0	0,5	0,3	71,1	1,3	285	9,7	9,9	10,9	22,0	2,2	<b>0,1</b>	0,1
31	22,1	2,73	1,2	0,0	0,4	0,1	47,5	1,1	192	8,5	10,9	6,2	13,3	1,9	<b>0,1</b>	0,1

**Tableau A8: Concentrations en dioxines(PCDD, ng kg<sup>-1</sup> chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Bas Normand.**

N° ech	%MES	%MG	2378 - T	12378 - P	123478 - Hx	123678 - Hx	123789 - Hx	1234678- Hp	OCDD	S PCDD	teq PCDD		
		TEF-OMS98	1,0	1,0	0,1	0,1	0,1	0,01	0,0001		OMS98	OMS05	
		TEF-OMS05	1,0	1,0	0,1	0,1	0,1	0,01	0,0003				
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>													
1	Villerville	20	11,81	0,17	0,67	0,43	1,53	0,56	9,35	26,38	39,09	1,19	0,00
2		20	9,60	0,20	0,95	0,74	2,37	0,92	15,54	53,63	74,36	1,72	0,00
3		20	6,91	0,10	0,50	0,41	1,69	0,75	13,45	50,83	67,74	1,03	0,00
4		20	8,72	0,15	0,47	0,35	1,30	0,47	8,20	23,81	34,76	0,92	0,00
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>													
5	Ste Honorine	20	8,03	0,09	0,28	0,24	0,75	0,41	5,81	18,21	25,78	0,57	0,00
6		20	9,49	0,06	0,17	0,09	0,26	0,13	1,51	4,39	6,59	0,29	0,00
7	Le Moulard	20	7,41	0,09	0,29	0,20	0,50	0,32	3,92	10,98	16,29	0,52	0,00
8		20	6,43	0,02	0,11	0,10	0,19	0,16	1,97	5,80	8,34	0,20	0,00
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>													
9	Pirou	20	7,82	0,08	0,27	0,23	0,51	0,42	3,51	8,68	13,70	0,50	0,00
10		20	9,57	0,06	0,20	0,09	0,24	0,24	1,47	3,01	5,32	0,33	0,00
11	Bréhal	20	8,64	0,09	0,22	0,10	0,25	0,19	1,65	3,44	5,94	0,38	0,00
12	Donville	20	5,05	0,06	0,16	0,13	0,27	0,23	2,10	5,24	8,20	0,31	0,00
13	Granville	20	4,59	0,06	0,16	0,13	0,27	0,25	2,59	7,03	10,48	0,31	0,00
14		20	7,42	0,06	0,18	0,13	0,24	0,23	2,14	5,87	8,85	0,32	0,00
15	Hacqueville	20	6,29	0,06	0,20	0,17	0,34	0,30	2,21	5,60	8,87	0,36	0,00
16	Champeaux	20	7,21	0,06	0,21	0,20	0,43	0,34	3,05	7,10	11,39	0,40	0,00
17		20	11,15	0,08	0,25	0,16	0,33	0,26	1,69	3,32	6,10	0,42	0,00
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>													
18	Octeville	20	4,88	0,18	0,53	0,23	0,96	0,21	1,69	3,58	7,36	0,86	0,00
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>													
32	Le Havre	28,5	17,72	0,66	0,56	0,03	0,20	0,05	0,15	0,50	2,16	1,25	0,00
33		30,3	15,04	0,46	0,79	0,05	0,38	0,08	0,22	0,32	2,30	1,30	0,00
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>													
34	Cherbourg	26,2	8,19	0,25	0,57	0,07	0,33	0,19	0,20	1,23	2,83	0,87	0,00
35		23,4	9,09	0,40	0,65	0,03	0,24	0,05	0,15	1,02	2,55	1,08	0,00
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>													
25	Octeville	22,9	10,63	0,15	0,46	0,10	0,60	0,09	0,63	0,73	2,76	0,69	0,00
26		21,4	6,75	0,11	0,24	0,05	0,29	0,07	0,36	0,51	1,64	0,40	0,00
40	Le Havre	20	11,42	0,27	0,75	0,11	0,59	0,11	1,14	1,84	4,81	1,12	0,00
41		20	11,83	0,19	0,46	0,06	0,36	0,07	1,03	1,68	3,85	0,71	0,00
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>													
37	Cherbourg	21,9	6,58	0,12	0,33	0,09	0,31	0,08	0,36	0,86	2,15	0,50	0,00
38		23	7,64	0,28	0,42	0,10	0,32	0,09	0,35	0,75	2,30	0,75	0,00
<b>Plies Zone3 Ouest Cotentin</b>													
22	Granville	20,1	5,74	0,03	0,12	0,02	0,09	0,01	0,12	0,56	0,95	0,16	0,00
23		24,1	12,64	0,05	0,20	0,02	0,12	0,03	0,15	0,26	0,84	0,27	0,00
24		23,7	10,29	0,05	0,15	0,03	0,11	0,03	0,10	0,29	0,75	0,22	0,00
39		21,3	4,67	0,04	0,05	0,01	0,03	0,02	0,11	0,60	0,86	0,10	0,00
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>													
28	Le Havre	23,7	19,47	0,25	0,88	0,52	1,91	0,32	1,54	0,98	6,39	1,42	0,00
29		24	18,75	0,23	0,80	0,35	1,52	0,25	1,33	0,79	5,28	1,25	0,00
30		24,5	13,38	0,17	0,67	0,27	1,22	0,26	1,06	0,79	4,45	1,03	0,00
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>													
36	Cherbourg	22,7	5,54	0,06	0,31	0,13	0,35	0,10	0,38	0,47	1,79	0,42	0,00
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>													
19	Granville	20	12,83	0,01	0,04	0,01	0,09	0,01	0,13	0,32	0,62	0,07	0,00
20		23	3,62	0,03	0,11	0,04	0,22	0,02	0,13	0,79	1,35	0,17	0,00
21		20,5	8,89	0,01	0,08	0,03	0,14	0,02	0,20	0,55	1,03	0,12	0,00
31		22,1	2,73	0,01	0,03	0,02	0,05	0,02	0,07	0,32	0,52	0,05	0,00

**Tableau A9 : Concentrations en dioxines (PCDD, ng kg<sup>-1</sup> chair poids humide) dans les moules et poissons du littoral Bas Normand.**

N° ech	%MES	%MG	2378 - T										teq PCDD			
			12378 - P										OCDD	S PCDD	OMS98	OMS05
			TEF-OMS98	TEF-OMS05	123478 - Hx	123678 - Hx	123789 - Hx	1234678 - Hp	0,0001	0,0003						
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>																
1	20	11,81	0,034	0,134	0,086	0,306	0,112	1,870	5,276	7,818	0,24	0,24				
2	Villerville	20	9,60	0,040	0,190	0,148	0,474	0,184	3,108	10,726	14,872	0,34	0,34			
3		20	6,91	0,020	0,100	0,082	0,338	0,150	2,690	10,166	13,548	0,20	0,21			
4		20	8,72	0,030	0,094	0,070	0,260	0,094	1,640	4,762	6,952	0,18	0,18			
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>																
5	Ste Honorine	20	8,03	0,018	0,056	0,048	0,150	0,082	1,162	3,642	5,156	0,11	0,11			
6		20	9,49	0,012	0,034	0,018	0,052	0,026	0,302	0,878	1,318	0,06	0,06			
7	Le Moulard	20	7,41	0,018	0,058	0,040	0,100	0,064	0,784	2,196	3,258	0,10	0,10			
8		20	6,43	0,004	0,022	0,020	0,038	0,032	0,394	1,160	1,668	0,04	0,04			
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>																
9	Pirou	20	7,82	0,016	0,054	0,046	0,102	0,084	0,702	1,736	2,740	0,10	0,10			
10		20	9,57	0,012	0,040	0,018	0,048	0,048	0,294	0,602	1,064	0,07	0,07			
11	Bréhal	20	8,64	0,018	0,044	0,020	0,050	0,038	0,330	0,688	1,188	0,08	0,08			
12	Donville	20	5,05	0,012	0,032	0,026	0,054	0,046	0,420	1,048	1,640	0,06	0,06			
13	Granville	20	4,59	0,012	0,032	0,026	0,054	0,050	0,518	1,406	2,096	0,06	0,06			
14		20	7,42	0,012	0,036	0,026	0,048	0,046	0,428	1,174	1,770	0,06	0,06			
15	Hacqueville	20	6,29	0,012	0,040	0,034	0,068	0,060	0,442	1,120	1,774	0,07	0,07			
16	Champeaux	20	7,21	0,012	0,042	0,040	0,086	0,068	0,610	1,420	2,278	0,08	0,08			
17		20	11,15	0,016	0,050	0,032	0,066	0,052	0,338	0,664	1,220	0,08	0,08			
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
18	Octeville	20	4,88	0,036	0,105	0,045	0,191	0,041	0,337	0,716	1,471	0,17	0,17			
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
32	Le Havre	28,5	17,72	0,188	0,159	0,010	0,057	0,014	0,043	0,144	0,615	0,36	0,36			
33		30,3	15,04	0,140	0,238	0,014	0,114	0,025	0,068	0,097	0,696	0,39	0,39			
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>																
34	Cherbourg	26,2	8,19	0,064	0,149	0,017	0,087	0,050	0,052	0,322	0,743	0,23	0,23			
35		23,4	9,09	0,093	0,153	0,008	0,056	0,012	0,034	0,239	0,596	0,25	0,25			
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
25	Octeville	22,9	10,63	0,034	0,105	0,023	0,136	0,022	0,145	0,168	0,633	0,16	0,16			
26		21,4	6,75	0,024	0,051	0,011	0,062	0,015	0,078	0,109	0,350	0,09	0,09			
40	Le Havre	20	11,42	0,054	0,151	0,021	0,118	0,022	0,227	0,369	0,962	0,22	0,22			
41		20	11,83	0,038	0,092	0,012	0,071	0,013	0,207	0,337	0,770	0,14	0,14			
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>																
37	Cherbourg	21,9	6,58	0,026	0,072	0,019	0,067	0,017	0,079	0,189	0,470	0,11	0,11			
38		23	7,64	0,064	0,096	0,023	0,073	0,021	0,080	0,172	0,529	0,17	0,17			
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>																
22	Granville	20,1	5,74	0,006	0,023	0,004	0,019	0,002	0,024	0,112	0,191	0,03	0,03			
23		24,1	12,64	0,011	0,049	0,006	0,030	0,008	0,036	0,062	0,202	0,06	0,06			
24		23,7	10,29	0,012	0,036	0,006	0,027	0,006	0,023	0,068	0,177	0,05	0,05			
39		21,3	4,67	0,008	0,011	0,002	0,007	0,003	0,024	0,129	0,184	0,02	0,02			
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
28	Le Havre	23,7	19,47	0,058	0,209	0,123	0,452	0,076	0,365	0,232	1,515	0,34	0,34			
29		24	18,75	0,054	0,192	0,085	0,366	0,061	0,320	0,190	1,267	0,30	0,30			
30		24,5	13,38	0,042	0,164	0,067	0,299	0,065	0,261	0,194	1,091	0,25	0,25			
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>																
36	Cherbourg	22,7	5,54	0,013	0,070	0,029	0,080	0,022	0,087	0,106	0,407	0,10	0,10			
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>																
19	Granville	20	12,83	0,003	0,008	0,002	0,019	0,003	0,026	0,064	0,125	0,01	0,01			
20		23	3,62	0,007	0,025	0,010	0,051	0,004	0,031	0,183	0,311	0,04	0,04			
21		20,5	8,89	0,003	0,017	0,006	0,028	0,004	0,042	0,113	0,212	0,02	0,02			
31		22,1	2,73	0,002	0,008	0,004	0,011	0,003	0,015	0,072	0,115	0,01	0,01			

**Tableau A10 : Concentrations en polychoro-furanes (PCDF, ng kg<sup>-1</sup> chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Bas Normand.**

N° ech	POLYCHLORO FURANNES PCDF															
	2378-T	12378-P	23478-P	123478 Hx	123678-Hx	123789-Hx	234678-Hx	1234678-Hp	1234789-Hp	OCDF	S PCDF	teq PCDF		TEQ PCDD/F		
	TEF-OMS98	0,1	0,05	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,0001		OMS98	OMS05	OMS98	OMS05	
	TEF-OMS05	0,1	0,03	0,3	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,0003						
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>																
1		47,81	1,67	8,48	0,82	0,32	0,15	0,71	1,24	0,12	1,29	62,63	9,39	7,55	10,57	8,74
2	Villerville	46,10	2,37	11,95	1,14	0,39	0,23	1,19	2,05	0,21	3,30	68,95	11,11	8,50	12,83	10,23
3		20,77	1,44	6,02	1,04	0,42	0,20	1,03	2,31	0,25	2,83	36,31	5,54	4,16	6,56	5,20
4		37,16	1,42	6,84	0,71	0,27	0,12	0,82	1,12	0,13	1,51	50,09	7,47	5,96	8,39	6,88
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>																
5	Ste Honorine	14,90	0,96	3,18	0,42	0,30	0,07	0,73	1,24	0,10	0,87	22,77	3,33	2,60	3,90	3,17
6		12,39	0,54	1,66	0,10	0,08	0,02	0,25	0,29	0,03	0,21	15,57	2,15	1,78	2,45	2,08
7		10,35	0,80	2,33	0,30	0,22	0,07	0,49	0,90	0,06	0,68	16,19	2,38	1,85	2,90	2,37
8	Le Moulard	7,62	0,48	1,34	0,10	0,09	0,02	0,25	0,35	0,02	0,30	10,57	1,51	1,21	1,71	1,41
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>																
9	Pirou	2,29	0,38	0,75	0,26	0,23	0,02	0,44	1,02	0,07	0,59	6,05	0,75	0,55	1,25	1,05
10		2,13	0,23	0,50	0,07	0,10	0,02	0,20	0,29	0,02	0,19	3,76	0,52	0,40	0,85	0,73
11	Bréhal	2,97	0,36	0,70	0,13	0,11	0,02	0,25	0,37	0,02	0,22	5,15	0,73	0,56	1,11	0,94
12	Donville	1,56	0,27	0,50	0,12	0,14	0,03	0,26	0,53	0,04	0,34	3,78	0,49	0,36	0,79	0,67
13	Granville	1,49	0,28	0,49	0,12	0,14	0,01	0,21	0,61	0,04	0,51	3,91	0,47	0,35	0,79	0,67
14		1,66	0,15	0,45	0,11	0,11	0,02	0,23	0,50	0,04	0,39	3,67	0,46	0,35	0,78	0,67
15	Hacqueville	2,00	0,31	0,62	0,17	0,12	0,02	0,30	0,63	0,05	0,31	4,54	0,61	0,45	0,97	0,81
16	Champeaux	1,84	0,32	0,64	0,22	0,20	0,02	0,39	0,81	0,08	0,44	4,97	0,63	0,46	1,03	0,86
17		2,47	0,27	0,71	0,09	0,10	0,03	0,23	0,35	0,03	0,19	4,46	0,67	0,50	1,09	0,93
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
18	Octeville	27,13	1,25	3,56	0,39	0,22	0,03	0,26	0,39	0,05	0,26	33,55	4,69	3,91	5,55	4,77
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
32	Le Havre	13,17	1,41	4,12	0,23	0,19	0,01	0,17	0,04	0,01	0,01	19,36	3,53	2,66	4,78	3,90
33		19,42	1,83	6,98	0,21	0,15	0,02	0,20	0,04	0,01	0,17	29,02	5,60	4,14	6,90	5,44
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>																
34	Cherbourg	2,70	0,44	1,45	0,13	0,11	0,02	0,18	0,06	0,02	0,05	5,15	1,07	0,76	1,95	1,63
35		5,91	1,05	3,45	0,11	0,11	0,01	0,16	0,02	0,01	0,01	10,84	2,42	1,69	3,50	2,78
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
25	Octeville	18,84	0,87	5,23	0,21	0,17	0,02	0,26	0,09	0,02	0,03	25,75	4,63	3,54	5,32	4,23
26		9,52	0,55	2,40	0,10	0,12	0,02	0,18	0,07	0,02	0,03	13,01	2,23	1,73	2,63	2,12
40	Le Havre	5,61	0,67	8,81	0,28	0,20	0,02	0,20	0,19	0,02	0,02	16,02	5,10	3,30	6,21	4,41
41		5,16	0,51	6,57	0,19	0,10	0,02	0,13	0,13	0,02	0,07	12,91	3,89	2,55	4,60	3,25
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>																
37	Cherbourg	8,94	0,40	2,36	0,11	0,10	0,01	0,16	0,09	0,01	0,03	12,23	2,15	1,65	2,65	2,15
38		10,08	0,51	2,86	0,17	0,11	0,01	0,22	0,07	0,01	0,01	14,05	2,53	1,92	3,28	2,67
<b>Plies Zone3 Ouest Cotentin</b>																
22	Granville	1,37	0,11	0,47	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,03	2,10	0,39	0,29	0,55	0,45
23		2,91	0,16	0,66	0,03	0,04	0,02	0,06	0,03	0,02	0,02	3,94	0,65	0,51	0,91	0,78
24		1,20	0,12	0,36	0,03	0,03	0,02	0,05	0,03	0,02	0,02	1,88	0,32	0,24	0,54	0,46
39		0,76	0,03	0,13	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,98	0,14	0,12	0,24	0,22
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
28	Le Havre	13,13	1,17	3,06	0,07	0,27	0,01	0,09	0,06	0,02	0,02	17,89	2,95	2,33	4,37	3,75
29		12,62	1,06	3,28	0,09	0,30	0,01	0,07	0,05	0,01	0,03	17,54	3,01	2,35	4,26	3,60
30		5,88	0,61	1,87	0,05	0,18	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	8,76	1,58	1,21	2,36	2,24
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>																
36	Cherbourg	2,71	0,24	0,26	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	3,30	0,42	0,37	0,84	0,79
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>																
19	Granville	0,43	0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,60	0,08	0,06	0,14	0,13
20		0,28	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,03	0,45	0,05	0,05	0,22	0,21
21		0,52	0,05	0,05	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,75	0,08	0,07	0,20	0,19
31		0,22	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,36	0,04	0,03	0,09	0,08

**Tableau A11 : Concentrations en polychoro-furanes (PCDF, ng kg<sup>-1</sup> chair humide) dans les moules et poissons du littoral Bas Normand**

N° ech		2378-T	12378-P	23478-P	123478 Hx	123678-Hx	123789-Hx	234678-Hx	1234678-Hp	1234789-Hp	OCDF	S PCDF	teq PCDF		TEQ PCDD/F	
	TEF-OMS98	0,1	0,05	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,0001		OMS98	OMS05	OMS98	OMS05
	TEF-OMS05	0,1	0,03	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	0,01	0,0003					
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>																
1	Villerville	9,562	0,334	1,696	0,164	0,064	0,030	0,142	0,248	0,024	0,258	12,53	1,86	1,52	2,10	1,76
2		9,220	0,474	2,390	0,228	0,078	0,046	0,238	0,410	0,042	0,660	13,79	2,20	1,72	2,55	2,06
3		4,154	0,288	1,204	0,208	0,084	0,040	0,206	0,462	0,050	0,566	7,26	1,09	0,84	1,30	1,05
4		7,432	0,284	1,368	0,142	0,054	0,024	0,164	0,224	0,026	0,302	10,02	1,48	1,20	1,67	1,39
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>																
5	Ste Honorine	2,980	0,192	0,636	0,084	0,060	0,014	0,146	0,248	0,020	0,174	4,55	0,66	0,53	0,77	0,64
6		2,478	0,108	0,332	0,020	0,016	0,004	0,050	0,058	0,006	0,042	3,11	0,43	0,36	0,49	0,42
7	Le Moulard	2,070	0,160	0,466	0,060	0,044	0,014	0,098	0,180	0,012	0,136	3,24	0,47	0,38	0,58	0,48
8		1,524	0,096	0,268	0,020	0,018	0,004	0,050	0,070	0,004	0,060	2,11	0,30	0,25	0,40	0,28
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>																
9	Pirou	0,458	0,076	0,150	0,052	0,046	0,004	0,088	0,204	0,014	0,118	1,21	0,15	0,11	0,25	0,22
10		0,426	0,046	0,100	0,014	0,020	0,004	0,040	0,058	0,004	0,038	0,75	0,10	0,08	0,17	0,15
11	Bréhal	0,594	0,072	0,140	0,026	0,022	0,004	0,050	0,074	0,004	0,044	1,03	0,14	0,11	0,22	0,19
12	Donville	0,312	0,054	0,100	0,024	0,028	0,006	0,052	0,106	0,008	0,068	0,76	0,10	0,07	0,16	0,14
13	Granville	0,298	0,056	0,098	0,024	0,028	0,002	0,042	0,122	0,008	0,102	0,78	0,09	0,07	0,15	0,13
14		0,332	0,030	0,090	0,022	0,022	0,004	0,046	0,100	0,008	0,078	0,73	0,09	0,07	0,15	0,14
15	Hacqueville	0,400	0,062	0,124	0,034	0,024	0,004	0,060	0,126	0,010	0,062	0,91	0,12	0,09	0,19	0,17
16	Champeaux	0,368	0,064	0,128	0,044	0,040	0,004	0,078	0,162	0,016	0,088	0,99	0,12	0,10	0,20	0,18
17		0,494	0,054	0,142	0,018	0,020	0,006	0,046	0,070	0,006	0,038	0,89	0,13	0,10	0,22	0,19
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
18	Octeville	5,426	0,249	0,712	0,079	0,044	0,005	0,053	0,077	0,011	0,053	6,71	0,93	0,78	1,10	0,95
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
32	Le Havre	3,753	0,401	1,173	0,065	0,055	0,003	0,049	0,011	0,003	0,003	5,52	1,00	0,76	1,35	1,11
33		5,884	0,555	2,113	0,064	0,045	0,005	0,062	0,012	0,003	0,050	8,79	1,69	1,26	2,08	1,65
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>																
34	Cherbourg	0,708	0,114	0,380	0,033	0,028	0,005	0,046	0,016	0,005	0,013	1,35	0,28	0,20	0,51	0,43
35		1,383	0,245	0,807	0,026	0,027	0,002	0,037	0,005	0,002	0,002	2,54	0,56	0,40	0,82	0,65
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
25	Octeville	4,314	0,200	1,198	0,048	0,039	0,005	0,060	0,022	0,005	0,007	5,90	1,06	0,81	1,21	0,97
26		2,037	0,117	0,514	0,022	0,025	0,004	0,038	0,016	0,004	0,007	2,78	0,48	0,37	0,56	0,46
40	Le Havre	1,122	0,135	1,761	0,055	0,041	0,004	0,041	0,038	0,004	0,004	3,20	1,01	0,66	1,24	0,88
41		1,032	0,102	1,315	0,039	0,021	0,004	0,026	0,025	0,004	0,015	2,58	0,77	0,51	0,92	0,65
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>																
37	Cherbourg	1,958	0,088	0,517	0,025	0,023	0,002	0,036	0,020	0,002	0,007	2,68	0,47	0,36	0,58	0,47
38		2,319	0,116	0,657	0,039	0,026	0,002	0,052	0,016	0,002	0,002	3,23	0,58	0,44	0,75	0,62
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>																
22	Granville	0,276	0,021	0,095	0,002	0,003	0,004	0,007	0,006	0,003	0,006	0,42	0,08	0,06	0,11	0,09
23		0,701	0,039	0,159	0,008	0,010	0,005	0,014	0,006	0,005	0,004	0,95	0,16	0,12	0,22	0,19
24		0,285	0,028	0,086	0,006	0,006	0,005	0,012	0,008	0,005	0,005	0,44	0,08	0,06	0,13	0,11
39		0,163	0,006	0,027	0,002	0,001	0,001	0,002	0,005	0,001	0,001	0,21	0,03	0,03	0,05	0,05
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																
28	Le Havre	3,111	0,278	0,724	0,016	0,064	0,002	0,021	0,014	0,004	0,005	4,24	0,70	0,55	1,03	0,88
29		3,030	0,254	0,788	0,021	0,073	0,002	0,018	0,012	0,003	0,007	4,21	0,72	0,56	1,02	0,86
30		1,441	0,150	0,458	0,011	0,045	0,005	0,011	0,014	0,005	0,009	2,15	0,39	0,29	0,64	0,54
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>																
36	Cherbourg	0,615	0,054	0,059	0,002	0,008	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,75	0,10	0,08	0,19	0,18
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>																
19	Granville	0,086	0,007	0,011	0,001	0,002	0,002	0,001	0,005	0,001	0,004	0,12	0,02	0,01	0,03	0,03
20		0,064	0,008	0,009	0,002	0,002	0,002	0,001	0,006	0,002	0,007	0,10	0,01	0,01	0,05	0,05
21		0,106	0,010	0,010	0,001	0,002	0,004	0,004	0,006	0,004	0,004	0,15	0,02	0,02	0,04	0,04
31		0,049	0,003	0,004	0,002	0,002	0,002	0,010	0,002	0,002	0,002	0,08	0,01	0,01	0,02	0,02

**Tableau A12 : Concentrations en PBDE ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Bas Normand**

N° ech	%MES	%MG	PBDE 28	PBDE 47	PBDE 99	PBDE 100	PBDE 153	PBDE 154	PBDE 183	S. PBDE
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>										
1	20	11,81	0,138	3,103	1,144	0,749	0,046	0,074	0,059	5,310
2	20	9,60	0,107	3,079	1,224	0,757	0,069	0,082	0,066	5,380
3	20	6,91	0,058	1,941	1,044	0,529	0,061	0,071	0,081	3,780
4	20	8,72	0,132	2,858	0,983	0,702	0,048	0,051	0,045	4,820
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>										
5	20	8,03	0,019	0,557	0,222	0,111	0,015	0,019	0,025	0,970
6	20	9,49	0,016	0,486	0,163	0,104	0,009	0,011	0,017	0,810
7	20	7,41	0,011	0,411	0,209	0,079	0,012	0,011	0,028	0,760
8	20	6,43	0,012	0,532	0,284	0,091	0,013	0,012	0,038	0,980
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>										
9	20	7,82	0,009	0,372	0,233	0,082	0,016	0,021	0,021	0,750
10	20	9,57	0,013	0,453	0,238	0,100	0,016	0,018	0,029	0,870
11	20	8,64	0,012	0,331	0,161	0,091	0,008	0,013	0,005	0,620
12	20	5,05	0,013	0,548	0,324	0,088	0,015	0,016	0,032	1,040
13	20	4,59	0,012	0,526	0,386	0,144	0,031	0,018	0,000	1,120
14	20	7,42	0,013	0,557	0,370	0,116	0,022	0,021	0,017	1,120
15	20	6,29	0,014	0,483	0,300	0,106	0,019	0,022	0,037	0,980
16	20	7,21	0,011	0,346	0,196	0,078	0,014	0,020	0,019	0,680
17	20	11,15	0,009	0,338	0,137	0,071	0,010	0,017	0,013	0,590
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
18	20	4,88	0,032	0,312	0,090	0,043	0,005	0,011	0,008	0,501
<b>Bar Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
32	28,5	17,72	0,361	8,815	0,067	1,525	0,045	0,417	0,005	11,235
33	30,3	15,04	0,377	9,842	0,046	1,383	0,037	0,304	0,008	11,997
<b>Bar Zone 2 Baie de Seine</b>										
34	26,2	8,19	0,229	6,877	0,043	1,200	0,023	0,350	0,005	8,726
35	23,4	9,09	0,607	16,763	0,051	3,919	0,058	0,721	0,007	22,127
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
25	22,9	10,63	0,045	1,144	0,118	0,311	0,054	0,240	0,011	1,924
26	21,4	6,75	0,029	0,651	0,100	0,154	0,018	0,114	0,009	1,076
40	20	11,42	0,078	4,606	0,502	0,970	0,159	0,421	0,031	6,768
41	20	11,83	0,079	3,057	0,447	0,700	0,125	0,316	0,009	4,734
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>										
37	21,9	6,58	0,016	0,529	0,045	0,126	0,022	0,084	0,003	0,825
38	23	7,64	0,029	0,883	0,046	0,223	0,018	0,106	0,005	1,310
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>										
22	20,1	5,74	0,005	0,219	0,039	0,052	0,005	0,023	0,006	0,350
23	24,1	12,64	0,011	0,400	0,029	0,078	0,008	0,053	0,011	0,591
24	23,7	10,29	0,007	0,195	0,039	0,041	0,006	0,022	0,005	0,315
39	21,3	4,67	0,004	0,162	0,033	0,027	0,003	0,014	0,003	0,246
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>										
28	23,7	19,47	0,072	0,872	0,106	0,411	0,034	0,264	0,018	1,776
29	24	18,75	0,104	1,481	0,204	0,592	0,063	0,273	0,029	2,747
30	24,5	13,38	0,051	0,816	0,122	0,307	0,045	0,325	0,026	1,691
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>										
36	22,7	5,54	0,009	0,167	0,033	0,098	0,004	0,112	0,006	0,431
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>										
19	20	12,83	0,004	0,080	0,030	0,032	0,004	0,022	0,010	0,02
20	23	3,82	0,007	0,210	0,048	0,208	0,007	0,143	0,010	0,03
21	20,5	8,89	0,005	0,124	0,034	0,061	0,002	0,037	0,005	0,02
31	22,1	2,73	0,005	0,108	0,032	0,013	0,001	0,010	0,005	0,01

**Tableau A13 : Concentrations en PBDE ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair humide) dans les moules et poissons du littoral Bas Normand.**

N° ech	%MES	%MG	PBDE 28	PBDE 47	PBDE 99	PBDE 100	PBDE 153	PBDE 154	PBDE 183	S. PBDE	
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>											
1	20	11,81	0,028	0,621	0,229	0,150	0,009	0,015	0,012	1,062	
2	20	9,60	0,021	0,616	0,245	0,151	0,014	0,016	0,013	1,076	
3	Villerville	20	6,91	0,012	0,388	0,209	0,106	0,012	0,014	0,016	0,756
4	20	8,72	0,026	0,572	0,197	0,140	0,010	0,010	0,009	0,964	
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>											
5	Ste Honorine	20	8,03	0,004	0,111	0,044	0,022	0,003	0,004	0,005	0,194
6	20	9,49	0,003	0,097	0,033	0,021	0,002	0,002	0,003	0,162	
7	Le Moulard	20	7,41	0,002	0,082	0,042	0,016	0,002	0,002	0,006	0,152
8	20	6,43	0,002	0,106	0,057	0,018	0,003	0,002	0,008	0,196	
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>											
9	Pirou	20	7,82	0,002	0,074	0,047	0,016	0,003	0,004	0,004	0,150
10	20	9,57	0,003	0,091	0,048	0,020	0,003	0,004	0,006	0,174	
11	Bréhal	20	8,64	0,002	0,066	0,032	0,018	0,002	0,003	0,001	0,124
12	Donville	20	5,05	0,003	0,110	0,065	0,018	0,003	0,003	0,006	0,208
13	Granville	20	4,59	0,002	0,105	0,077	0,029	0,006	0,004	0,000	0,224
14	20	7,42	0,003	0,111	0,074	0,023	0,004	0,004	0,003	0,224	
15	Hacqueville	20	6,29	0,003	0,097	0,060	0,021	0,004	0,004	0,007	0,196
16	20	7,21	0,002	0,069	0,039	0,016	0,003	0,004	0,004	0,136	
17	Champeaux	20	11,15	0,002	0,068	0,027	0,014	0,002	0,003	0,003	0,118
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
18	Octeville	20	4,88	0,006	0,062	0,018	0,009	0,001	0,002	0,002	0,100
<b>Bar Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
32	Le Havre	28,5	17,72	0,103	2,512	0,019	0,435	0,013	0,119	0,001	3,202
33	30,3	15,04	0,114	2,982	0,014	0,419	0,011	0,092	0,002	3,635	
<b>Bar Zone 2 Baie de Seine</b>											
34	Cherbourg	26,2	8,19	0,060	1,802	0,011	0,314	0,006	0,092	0,001	2,286
35	23,4	9,09	0,142	3,923	0,012	0,917	0,014	0,169	0,002	5,178	
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
25	Octeville	22,9	10,63	0,010	0,262	0,027	0,071	0,012	0,055	0,003	0,441
26	21,4	6,75	0,006	0,139	0,021	0,033	0,004	0,024	0,002	0,230	
40	Le Havre	20	11,42	0,016	0,921	0,100	0,194	0,032	0,084	0,006	1,354
41	20	11,83	0,016	0,611	0,089	0,140	0,025	0,063	0,002	0,947	
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>											
37	Cherbourg	21,9	6,58	0,003	0,116	0,010	0,028	0,005	0,018	0,001	0,181
38	23	7,64	0,007	0,203	0,011	0,051	0,004	0,024	0,001	0,301	
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>											
22	20,1	5,74	0,001	0,044	0,008	0,010	0,001	0,005	0,001	0,070	
23	Granville	24,1	12,64	0,003	0,096	0,007	0,019	0,002	0,013	0,003	0,143
24	23,7	10,29	0,002	0,046	0,009	0,010	0,001	0,005	0,001	0,075	
39	21,3	4,67	0,001	0,035	0,007	0,006	0,001	0,003	0,001	0,053	
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>											
28	23,7	19,47	0,017	0,207	0,025	0,097	0,008	0,063	0,004	0,421	
29	Le Havre	24	18,75	0,025	0,355	0,049	0,142	0,015	0,066	0,007	0,659
30	24,5	13,38	0,013	0,200	0,030	0,075	0,011	0,080	0,006	0,414	
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>											
36	Cherbourg	22,7	5,54	0,002	0,038	0,007	0,022	0,001	0,025	0,001	0,098
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>											
19	20		0,001	0,016	0,006	0,006	0,001	0,004	0,002	0,004	
20	23		0,002	0,048	0,011	0,048	0,002	0,033	0,002	0,007	
21	Granville	20,5	0,001	0,025	0,007	0,012	0,000	0,008	0,001	0,004	
31	22,1		0,001	0,024	0,007	0,003	0,000	0,002	0,001	0,002	

**Tableau A14 : Concentrations en PAH ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral**

n° ech		%MES	%MG	BaP	DBahA	BaA	IP	CPP	S. BbF+BJF+BKF	BghiP	CHR	DbahP	DbaeP	DbaiP	DbahP	5-MCH	S. 15 HAP C. E.	FA	AN	PY	PHE	FL	TEQ-BaP
		TEF BaP		1	1	0,1	0,1		0,1	0,010	0,01						0,01	0,01				0,001	
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>																							
1	Villerville	20	11,81	11,1	3,7	16,6	14,3	2,4	89,0	39,9	31,0	3,1	3,6	0,5	0,5	4,0	219,6	37,3	2,5	28,3	11,0	2,3	27,9
2		20	9,60	25,7	6,5	31,0	21,0	2,6	74,3	33,5	53,5	1,8	5,2	1,9	0,3	13,7	271,2	50,1	5,0	22,6	19,4	10,4	46,3
3		20	6,91	21,0	5,0	25,3	17,1	2,7	52,4	28,7	43,3	4,7	4,6	1,6	1,6	4,1	212,1	39,3	3,1	19,3	14,9	3,5	36,6
4		20	8,72	11,7	3,8	23,5	13,1	3,0	66,4	21,4	41,7	1,4	2,7	1,0	1,0	5,0	195,8	33,8	2,3	21,4	9,4	3,8	26,8
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>																							
5	Ste Honorine	20	8,03	2,2	0,7	3,7	3,4	0,4	15,6	5,3	11,0	0,8	1,0	0,2	0,2	0,6	45,2	24,9	1,3	8,0	16,2	4,0	5,6
6		20	9,49	0,5	0,2	1,0	0,8	0,1	4,4	1,3	2,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	11,0	4,4	0,7	2,9	8,2	3,7	1,4
7	Le Moulard	20	7,41	3,1	0,8	4,2	3,6	0,5	13,7	4,4	10,2	0,4	1,1	0,3	0,3	1,3	43,8	19,2	0,7	7,4	13,5	4,5	6,3
8		20	6,43	0,6	0,3	0,9	1,1	0,2	4,9	1,5	2,4	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	12,8	4,1	0,5	2,8	7,7	6,8	1,7
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>																							
9	Pirou	20	7,82	2,0	0,5	2,9	2,6	0,6	10,5	3,5	9,6	0,7	0,7	0,2	0,2	0,7	34,6	17,2	0,7	5,4	13,8	4,3	4,4
10		20	9,57	0,5	0,2	0,7	0,9	0,2	4,2	1,3	1,7	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	10,5	4,0	0,3	2,3	7,9	0,10	1,3
11	Bréhal	20	8,64	1,0	0,3	3,3	1,1	0,5	8,5	1,6	11,5	0,1	0,3	0,1	0,1	1,0	29,5	27,5	0,8	8,3	17,5	2,4	3,0
12	Donville	20	5,05	1,2	0,4	2,3	2,0	0,3	7,1	2,3	6,0	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	23,1	14,2	0,4	6,4	12,4	4,0	2,9
13	Granville	20	4,59	1,8	0,6	3,3	3,0	0,4	11,1	3,6	7,3	0,4	0,7	0,3	0,3	0,6	33,2	12,2	0,7	6,2	13,3	3,0	4,3
14		20	7,42	2,0	0,6	2,9	2,6	0,4	10,6	3,5	5,0	0,4	0,7	0,3	0,3	0,8	30,1	7,3	0,5	4,7	6,8	1,8	4,4
15	Hacqueville	20	6,29	2,7	0,6	4,4	2,8	0,7	12,1	3,6	7,7	0,4	0,7	0,3	0,3	0,7	37,0	22,3	1,0	8,3	16,4	3,2	5,5
16	Champeaux	20	7,21	1,1	0,4	1,6	1,7	0,1	8,0	3,0	5,1	0,6	0,7	0,2	0,2	0,5	23,2	27,0	0,7	7,2	20,8	5,0	3,0
17		20	11,15	0,9	0,3	1,3	1,8	0,1	8,8	2,2	2,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,3	18,6	4,1	0,3	3,1	4,2	0,1	2,5
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																							
18	Octeville	20	4,88	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,7	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,5	0,2	0,7	2,3	1,1	0,5
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>																							
32	Le Havre	28,5	17,72	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,2	0,2	0,6	5,9	4,3	0,1
33		30,3	15,04	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,2	1,1	0,2	0,7	4,6	0,1	0,2
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>																							
25	Octeville	22,9	10,63	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	0,6	0,2	0,7	2,6	0,1	0,2
26		21,4	6,75	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	0,7	0,2	1,3	2,5	0,1	0,2
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>																							
22	Granville	20,1	5,74	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	0,3	0,7	3,7	1,5	0,0
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																							
28	Le Havre	23,7	19,47	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1	0,5	0,2	0,6	2,2	1,0	0,2
29		24	18,75	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	0,4	0,3	0,4	2,9	1,0	0,2
30		24,5	13,38	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	0,4	0,3	0,7	2,4	1,0	0,2
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>																							
19	Granville	20	12,83	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,2	0,6	2,4	1,2	0,1

**Tableau A15 : Concentrations en PAH ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair humide) dans les moules et poissons du littoral**

n° ech	%MES	%MG	BaP	DBahA	BaA	IP	CPP	S. BbF.+BjF+BkF	BghiP	CHR	DbaIP	DbaeP	DbaIP	DbahP	5-MCH	S. 15 HAP C. E.	FA	AN	PY	PHE	FL	TEQ+BaP
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>																						
1	20	11,81	2,22	0,73	3,32	2,86	0,47	17,81	7,98	6,20	0,62	0,71	0,10	0,10	0,80	43,92	7,45	0,49	5,66	2,19	0,47	<b>5,57</b>
2	20	9,60	5,14	1,30	6,21	4,20	0,53	14,86	6,71	10,71	0,37	1,04	0,38	0,05	2,74	54,23	10,03	1,00	4,51	3,89	2,09	<b>9,26</b>
3	20	6,91	4,20	0,99	5,06	3,41	0,55	10,48	5,73	8,66	0,94	0,93	0,33	0,33	0,82	42,42	7,85	0,62	3,85	2,98	0,69	<b>7,32</b>
4	20	8,72	2,35	0,75	4,70	2,62	0,60	13,29	4,28	8,35	0,29	0,54	0,19	0,19	1,00	39,15	6,76	0,46	4,28	1,88	0,76	<b>5,36</b>
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>																						
5	20	8,03	0,43	0,15	0,75	0,68	0,08	3,12	1,06	2,21	0,17	0,19	0,04	0,04	0,12	9,03	4,97	0,26	1,61	3,24	0,80	<b>1,12</b>
6	20	9,49	0,10	0,03	0,20	0,17	0,03	0,87	0,25	0,41	0,02	0,05	0,02	0,02	0,04	2,20	0,88	0,13	0,58	1,64	0,73	<b>0,27</b>
7	20	7,41	0,61	0,16	0,83	0,72	0,10	2,74	0,87	2,05	0,09	0,21	0,06	0,06	0,25	8,75	3,83	0,14	1,49	2,71	0,89	<b>1,27</b>
8	20	6,43	0,12	0,06	0,19	0,23	0,04	0,99	0,30	0,47	0,02	0,06	0,02	0,02	0,05	2,56	0,83	0,10	0,56	1,55	1,36	<b>0,33</b>
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>																						
9	20	7,82	0,39	0,10	0,58	0,52	0,12	2,10	0,69	1,92	0,14	0,15	0,04	0,04	0,13	6,93	3,44	0,14	1,08	2,75	0,85	<b>0,87</b>
10	20	9,57	0,09	0,04	0,15	0,18	0,04	0,84	0,27	0,34	0,02	0,04	0,01	0,01	0,07	2,10	0,80	0,06	0,46	1,58	0,02	<b>0,26</b>
11	20	8,64	0,20	0,06	0,66	0,23	0,10	1,71	0,31	2,31	0,03	0,06	0,02	0,02	0,20	5,91	5,49	0,15	1,66	3,51	0,48	<b>0,60</b>
12	20	5,05	0,24	0,07	0,45	0,40	0,05	1,42	0,46	1,21	0,07	0,10	0,04	0,04	0,06	4,61	2,84	0,07	1,27	2,49	0,80	<b>0,58</b>
13	20	4,59	0,35	0,11	0,65	0,61	0,08	2,21	0,72	1,46	0,08	0,14	0,05	0,05	0,12	6,64	2,45	0,13	1,24	2,67	0,61	<b>0,86</b>
14	20	7,42	0,40	0,12	0,57	0,52	0,09	2,13	0,69	1,01	0,07	0,15	0,06	0,06	0,15	6,02	1,46	0,10	0,93	1,35	0,36	<b>0,87</b>
15	20	6,29	0,54	0,11	0,88	0,56	0,15	2,42	0,72	1,55	0,08	0,13	0,06	0,06	0,14	7,40	4,45	0,20	1,66	3,29	0,63	<b>1,10</b>
16	20	7,21	0,22	0,08	0,31	0,35	0,03	1,60	0,60	1,02	0,13	0,14	0,04	0,04	0,10	4,65	5,41	0,14	1,45	4,15	0,99	<b>0,59</b>
17	20	11,15	0,18	0,06	0,25	0,35	0,02	1,76	0,45	0,43	0,02	0,08	0,03	0,03	0,07	3,73	0,83	0,07	0,61	0,85	0,02	<b>0,50</b>
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																						
18	20	4,88	0,06	0,01	0,04	0,06	0,01	0,14	0,06	0,05	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,44	0,10	0,05	0,13	0,45	0,23	<b>0,10</b>
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>																						
32	28,5	17,72	0,02	0,004	0,02	0,01	0,01	0,05	0,02	0,03	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,17	0,34	0,06	0,17	1,68	1,22	<b>0,04</b>
33	30,3	15,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,06	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,36	0,34	0,06	0,20	1,40	0,03	<b>0,07</b>
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>																						
25	22,9	10,63	0,01	0,02	0,005	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,23	0,13	0,05	0,17	0,60	0,02	<b>0,04</b>
26	21,4	6,75	0,01	0,02	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,21	0,16	0,04	0,29	0,53	0,02	<b>0,04</b>
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>																						
22	20,1	5,74	0,004	0,002	0,01	0,003	0,003	0,01	0,01	0,01	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,05	0,10	0,06	0,15	0,74	0,31	<b>0,01</b>
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>																						
28	23,7	19,47	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,26	0,12	0,06	0,14	0,53	0,24	<b>0,05</b>
29	24	18,75	0,01	0,02	0,01	0,02	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,24	0,09	0,06	0,10	0,70	0,24	<b>0,04</b>
30	24,5	13,38	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,25	0,09	0,08	0,17	0,60	0,25	<b>0,05</b>
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>																						
19	20	12,83	0,004	0,002	0,006	0,003	0,002	0,014	0,011	0,011	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,055	0,079	0,039	0,112	0,475	0,236	<b>0,01</b>

Tab. A16: Concentrations en phtalates et alkyl-phénols ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair poids sec) dans les moules et poissons du littoral Normand

n° ech		%MES	%MG	DMP	DEP	DBP	BBP	DEHP	DOP	Di-isoBP	OP	NP	
<b>Moules Zone 1 Estuaire de la Seine</b>													
1	Villerville	oct-05	20	11,81	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
2		janv-06	20	9,60	<10	96	38	<20	393	<20	<20	<20	
3		mars-06	20	6,91	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
4		oct-06	20	8,72	<10	139	318	<20	68	<20	3015	<20	33
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>													
5	Ste Honorine	mars-06	20	8,03	28	228	Nd	<20	<10	<20	ND	1162	<20
6		oct-06	20	9,49	<10	88	54	<20	<10	<20	426	31	<20
7	Le Moulard	mars-06	20	7,41	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
8		oct-06	20	6,43	<10	100	377	<20	73	<20	3229	<20	52
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>													
9	Pirou	mars-06	20	7,82	24	242	Nd	<20	92	<20	ND	<20	<20
10		oct-06	20	9,57	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
11	Bréhal	mars-06	20	8,64	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
12	Donville	mars-06	20	5,05	<10	80	<10	<20	<10	<20	54	44	<20
13	Granville	mars-06	20	4,59	<10	80	<10	<20	<10	<20	55	24	<20
14		oct-06	20	7,42	<10	203	209	<20	127	<20	4840	<20	<20
15	Hacqueville	mars-06	20	6,29	<10	83	10	<20	<10	<20	53	23	<20
16	Champeaux	mars-06	20	7,21	21	151	Nd	<20	13	<20	<20	<20	<20
17		oct-06	20	11,15	20	122	119	<20	93	<20	1994	<20	<20
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>													
18	Octeville	oct-06	20	4,88	<10	22	68	<20	61	<20	<20	<20	
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>													
32	Le Havre	mars-06	28,5	17,72	<10	64	<10	<20	<10	<20	190	<20	<20
33		mars-06	30,3	15,04	<10	91	<10	<20	<10	<20	<20	<20	<20
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>													
34	Cherbourg	mars-06	26,2	8,19	<10	59	52	<20	<10	<20	58	<20	<20
35		mars-06	23,4	9,09	<10	62	16	<20	<10	<20	<20	<20	<20
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>													
25	Octeville	oct-06	22,9	10,63	<10	78	54	<20	340	<20	571	<20	<20
26		oct-06	21,4	6,75	<10	38	66	20	43	<20	591	<20	<20
40	Le Havre		20	11,42	<10	144	<10	<20	<10	<20	595	<20	<20
41			20	11,83	<10	111	<10	<20	<10	<20	301	<20	<20
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>													
37	Cherbourg	mars-06	21,9	6,58	13	134	144	<20	46	<20	1313	<20	<20
38		mars-06	23	7,64	12	7880	77	<20	36	<20	768	<20	<20
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>													
22	Granville	oct-06	20,1	5,74	<10	36	39	<20	<10	<20	372	<20	<20
23		oct-06	24,1	12,64	<10	21	<10	<20	<10	<20	49	<20	<20
24		oct-06	23,7	10,29	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
39		mars-06	21,3	4,67	12	140	127	<20	35	<20	35	<20	<20
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>													
28	Le Havre	oct-06	23,7	19,47	<10	29	16	<20	110	<20	<20	<20	<20
29		oct-06	24	18,75	<10	37	82	<20	302	<20	646	<20	<20
30		mars-06	24,5	13,38	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>													
36	Cherbourg	mars-06	22,7	5,54	14	87	82	<20	302	<20	646	<20	<20
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>													
19	Granville	oct-06	20	12,83	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
20		oct-06	23	3,62	13	79	107	<20	531	<20	1231	<20	<20
21		oct-06	20,5	8,89	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
31		mars-06	22,1	2,73	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Tab. A17 : Concentrations en phtalates et alkyl-phénols ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  chair humide) dans les moules et poissons du littoral Normand

n° ech		%MES	%MG	DMP	DEP	DBP	BBP	DEHP	DOP	Di-isoBP	OP	NP
<b>Moules Zone 1 Estuaire de Seine</b>												
1,0		38626,0	20,0	11,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2,0	Villerville	38718,0	20,0	9,6	<2	19,2	7,6	<4	78,6	<4	<4	<4
3,0		38777,0	20,0	6,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4,0		38991,0	20,0	8,7	<2	27,8	63,6	<4	13,6	<4	603,0	6,6
<b>Moules Zone 2 Baie de Seine</b>												
5,0	Ste Honorine	38777,0	20,0	8,0	5,6	45,6	<2	<4	<2	<4	<4	232,4
6,0		38991,0	20,0	9,5	<2	17,6	10,8	<4	<2	<4	85,2	6,2
7,0	Le Moulard	38777,0	20,0	7,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
8,0		38991,0	20,0	6,4	<2	20,0	75,4	<4	14,6	<4	645,8	10,4
<b>Moules Zone 3 Ouest Cotentin</b>												
9,0	Pirou	38777,0	20,0	7,8	4,8	48,4	<2	<4	18,4	<4	<4	<4
10,0		38991,0	20,0	9,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
11,0	Bréhal	38777,0	20,0	8,6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12,0	Donville	38777,0	20,0	5,1	<2	16,0	<2	<4	<2	<4	10,8	8,8
13,0	Granville	38777,0	20,0	4,6	<2	16,0	<2	<4	<2	<4	11,0	4,8
14,0		38991,0	20,0	7,4	<2	40,6	41,8	<4	<2	<4	968,0	<4
15,0	Hacqueville	38777,0	20,0	6,3	<2	16,6	2,0	<4	<2	<4	10,6	4,6
16,0	Champeaux	38777,0	20,0	7,2	4,2	30,2	<2	<4	2,6	<4	<4	<4
17,0		38991,0	20,0	11,2	4,0	24,4	23,8	<4	18,6	<4	398,8	<4
<b>Etrilles Zone 1 Estuaire de Seine</b>												
18,0	Octeville	38991,0	20,0	4,9	<2	4,4	13,6	<4	12,2	<4	<4	<4
<b>Bars Zone 1 Estuaire de Seine</b>												
32,0	Le Havre	38777,0	28,5	17,7	<2	18,2	<2	<4	<2	<4	54,2	<4
33,0		38777,0	30,3	15,0	<2	27,6	<2	<4	<2	<4	<4	<4
<b>Bars Zone 2 Baie de Seine</b>												
34,0	Cherbourg	38777,0	26,2	8,2	<2	15,5	13,6	<4	<2	<4	15,2	<4
35,0		38777,0	23,4	9,1	<2	14,5	3,7	<4	<2	<4	<4	<4
<b>Plies Zone 1 Estuaire de Seine</b>												
25,0	Octeville	38991,0	22,9	10,6	<2	17,9	12,4	<4	77,9	<4	130,8	<4
26,0		38991,0	21,4	6,8	<2	8,1	14,1	4,3	9,2	<4	126,5	<4
40,0	Le Havre		20,0	11,4	<2	28,8	<2	<4	<2	<4	119,0	<4
41,0			20,0	11,8	<2	22,2	<2	<4	<2	<4	60,2	<4
<b>Plies Zone 2 Baie de Seine</b>												
37,0	Cherbourg	38777,0	21,9	6,6	2,8	29,3	31,5	<4	10,1	<4	287,5	<4
38,0		38777,0	23,0	7,6	2,8	1812,4	17,7	<4	8,3	<4	176,6	<4
<b>Plies Zone 3 Ouest Cotentin</b>												
22,0	Granville	38991,0	20,1	5,7	<2	7,2	7,8	<4	<2	<4	74,8	<4
23,0		38991,0	24,1	12,6	<2	5,1	<2	<4	<2	<4	11,8	<4
24,0		38991,0	23,7	10,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
39,0		38777,0	21,3	4,7	2,6	29,8	27,1	<4	7,5	<4	7,5	<4
<b>Soles Zone 1 Estuaire de Seine</b>												
28,0	Le Havre	38991,0	23,7	19,5	<2	6,9	3,8	<4	26,1	<4	<4	<4
29,0		38991,0	24,0	18,8	<2	8,9	19,7	<4	72,5	<4	155,0	<4
30,0		38777,0	24,5	13,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Soles Zone 2 Baie de Seine</b>												
36,0	Cherbourg	38777,0	22,7	5,5	3,2	19,7	18,6	<4	68,6	<4	146,6	<4
<b>Soles Zone 3 Ouest Cotentin</b>												
19,0	Granville	38991,0	20,0	12,8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20,0		38991,0	23,0	3,6	3,0	18,2	24,6	<4	122,1	<4	283,1	<4
21,0		38991,0	20,5	8,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<4
31,0		38777,0	22,1	2,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<4

Tab. A18 : Concentrations en métaux et en arsenic mesurées dans les mollusques. Données bibliographiques.

<b>Concentrations en métaux traces dans les mollusques bivalves</b>						<b>1 de 4</b>
en gras concentrations rapportées dans unités (ps ou ph) utilisées par les auteurs						
			mg/kg poids humide		mg/kg poids sec	
			gamme	médiane	gamme	médiane
<b>Golfe de Naples, Italie</b>	1998-1999	As	<b>0,006 - 0,219</b>	<b>0,060</b>	0,030 - 1,095	0,300
	2000-2001	As	<b>0,005 - 0,149</b>	<b>0,042</b>	0,025 - 0,745	0,210
<b>Mediterrannée</b>	1998-1999	Cd	<b>0,001 - 0,126</b>	<b>0,060</b>	0,005- 0,630	0,360
	2000-2001	Cd	<b>0,001 - 0,100</b>	<b>0,033</b>	0,005-0,500	0,165
<b><i>Mytilus galloprovincialis</i></b>	1998-1999	Cr	<b>0,003 - 0,237</b>	<b>0,165</b>	0,015 - 1,185	0,825
	2000-2001	Cr	<b>0,003 - 0,210</b>	<b>0,150</b>	0,015 - 1,050	0,750
	1998-1999	Hg	<b>0,005 - 0,620</b>	<b>0,243</b>	0,025 - 3,100	1,215
	2000-2001	Hg	<b>0,005 - 0,366</b>	<b>0,204</b>	0,025 - 1,830	1,020
	1998-1999	Pb	<b>0,005 - 0,310</b>	<b>0,231</b>	0,025 - 1,550	1,155
	2000-2001	Pb	<b>0,005 - 0,272</b>	<b>0,210</b>	0,025 - 1,360	1,050
<b>AMODIO-COCCHIERI R. et al;</b>						
<i>Pollution by mercury, arsenic, lead, chromium, cadmium, and polycyclic aromatic hydrocarbons of fish and mussels from the Gulf of Naples, Italy</i>						
Bulletin of environmental contamination and toxicology, <b>2003</b> , vol. 71, n°3, pp. 551-560,						
<b>Mer Adriatique et Ionienne</b>						
<b>divers bivalves</b>		As	<b>0,740 - 3,170</b>			
<i>Mytilus galloprovincialis</i>		Cd	<b>0,010 - 0,710</b>			
<i>Chamelea gallina</i>		Cr	<b>0,170 - 2,200</b>			
<i>Achantocardia tuberculata</i>		Hg	<b>0,020 - 0,180</b>			
<i>Ensis siliqua</i>		Pb	<b>&lt; -1,70</b>			
<b>MARCOTRIGIANO G.O. et STORELLI M.M</b>						
<i>Heavy metals, polychlorinated biphenyl and organochlorine pesticide residues in marine organisms Risk evaluation for consumers</i>						
Veterinary Research Communications, 27(sup.1, <b>2003</b> , 183-195						

Concentrations en métaux traces dans les mollusques bivalves						2 de 4
en gras concentrations rapportées dans unités (ps ou ph) utilisées par les auteurs						
<b>Mer du Nord Escaut</b>		As				5,00 - 30,00
<i>Mytilus</i>		Cd				1,5 - 5,0
		Cr				1,0 - 2,5
		Cu				5,0 - 25,0
		Hg				
		Ni				1,0 - 6,0
		Pb				2,0 - 10,0
		Zn				50 - 200
<b>MUBIANA V.K. , BLUST R.</b>						
<i>Metal content of marine mussels from Western Scheldt estuary and nearby protected marine bay, The Netherlands....</i>						
Bulletin of environmental Contamination and Toxicology <b>2006</b> ; 77 (2) : 203-210						
			Max	mediane	Max	mediane
<b>Norvège</b>	1990-2000	Cd	<b>0,790</b>	<b>0,210</b>	<b>4,600</b>	<b>1,200</b>
<i>Mytilus edulis</i>	(290 plvts)	Cu	<b>3,000</b>	<b>1,240</b>	<b>19,20</b>	<b>7,000</b>
		Hg	<b>0,030</b>	<b>0,010</b>	<b>0,200</b>	<b>0,100</b>
		Pb	<b>2,810</b>	<b>0,240</b>	<b>15,00</b>	<b>1,300</b>
		Zn	<b>46,100</b>	<b>19,400</b>	<b>274</b>	<b>106</b>
<b>GREEN N.W. and KNUDSEN J</b>						
<i>Organohalogenes and metals in marine fish and mussels and some relationships to biological variables at reference localities in Norway</i>						
Marine Pollution bulletin <b>2003</b> ; 46 (3) : 362-374						
			(1) médiane des mesures annuelles sur l'ensemble des sites			médiane(1)
<b>USA</b>	1986-2003	As				<b>8,1 - 9,6</b>
<b>bivalves</b>		Cd				<b>2,1 - 3,2</b>
<i>mytilus</i>		Cu				<b>7,9 - 10</b>
<i>huitres</i>		Hg				<b>0,093 - 0,12</b>
<i>dreissenes</i>		Ni				<b>1,6 - 2,2</b>
		Pb				<b>0,63 - 0,90</b>
		Se				<b>2,4 - 3,0</b>
		Zn				<b>110 - 140</b>
<b>O'CONNOR T.P. and LAUENSTEIN G.G.</b>						
<i>Trends in chemical concentrations in mussels and oysters collected along the US coast: Update to 2003</i>						
Marine Environmental Research <b>2006</b> ; 62 (4) : 261-285						

<b>Concentrations en métaux traces dans les mollusques bivalves</b>				<b>3 de 4</b>
en gras concentrations rapportées dans unités (ps ou ph) utilisées par les auteurs				
<b>Mediterrané Nord Ouest 2004 - 2006</b>				
Corse	Cd		mean+-SE	
Livourne			<b>0,03+- 0,00</b>	
Sardaigne			<b>0,4+-0,1</b>	
			<b>0,07+-0,03</b>	
Corse	Co		<b>55,33+-14,19</b>	
Livourne			<b>7,00+-1,0</b>	
Sardaigne			<b>2,5+-0,00</b>	
Corse	Cr		<b>1194+-282</b>	
Livourne			<b>85+-17</b>	
Sardaigne			<b>9+-4</b>	
Corse	Hg		<b>0,02+-0,01</b>	
Livourne			<b>0,56+-0,14</b>	
Sardaigne			<b>0,07+-0,04</b>	
Corse	Ni		<b>1325+-5</b>	
Livourne			<b>40+-6</b>	
Sardaigne			<b>4+-1</b>	
Corse	Pb		<b>4,67+-0,67</b>	
Livourne			<b>44,5+-4,5</b>	
Sardaigne			<b>19,67+-2,19</b>	
<b>LAFABRIE et al.,</b>				
<i>Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species</i>				
Chemosphere (2007) sous presse				
<b>Atlantique</b>				<b>gamme</b>
<b>Galice Espagne</b>	1997-1998	Cu		<b>6,45 - 27,43</b>
		Pb		<b>1,59 - 17,49</b>
		Cd		<b>0,3 - 1,045</b>
		Zn		<b>171 - 467</b>
<b>BEIRAS et al. Chemosphere, 2003, 52(7) :1209-12:</b>				
<i>Integrative assessment of marine pollution in Galician estuaries using sediment chemistry, mussel bioaccumulation, and embryo-larval toxicity bioassays</i>				

en gras concentrations rapportées dans unités (ps ou ph) utilisées par les auteurs

			mean+-SE
<b>Mytilus galloprovincialis</b> Baie Izmir Turquie Site 1 Site 2  2004	Cd		<b>0,028+-0,004</b>
	Cr		<b>0,011+-0,002</b>
	Cu		<b>0,17+-0,0014</b>
	Hg		<b>0,116+-0,002</b>
	Pb		<b>5,28+-0,023</b>
	Mn		<b>3,67+-0,11</b>
	Fe		<b>0,018+-0,0001</b>
			<b>0,0175+-0,0007</b>
			<b>0,40+-0,026</b>
	<b>0,075+-0,0056</b>		
	<b>4,49+-0,37</b>		
	<b>2,66+-0,018</b>		
	<b>49,3+-0,94</b>		
	<b>49,4+-0,48</b>		

**KUCUKSEZGIN F.et al.**

*Preliminary investigayion of sensitive biomarkers of trace metal pollution in mussel (Mytilus galloprovincialis) from Izmir Bay*  
 Environ Monit Assess 2007 (DOI 10, 1007/s10661-007-9900-2)

<b>divers bivalves</b>			
<b>Mer de Chine</b> Province de Zhejiang divers site	Hg		<b>0,006 - 0,022</b>
	Zn		<b>3,34 - 17,90</b>
	Cu		<b>1,31 - 9,11</b>
	Cd		<b>0,027 - 0,329</b>
	Pb		<b>0,033 - 0,243</b>
	As		<b>0,216 - 0,0807</b>

**HUANG H. et al.**

*Heavy metal monitoring using bivalved shellfish from Zhejiang Coastal Waters , East China Sea.*  
 Environ Monit Assess (2007) 129:315-320

Tab. A19 : Concentrations en métaux et en arsenic mesurées dans les poissons. Données bibliographiques.

Concentration en métaux traces dans les poissons

	mg/kg poids humide						1 de 5
	Hg	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	
<b>Port Irlandais, aout-octobre 2001</b>							
Anglerfish (29)	0,08 - 0,11 (29)						
Cod (30)	0,05 - 0,14 (30)						
Haddock (40)	0,03 - 0,04 (40)						
Hake (41)	0,05 - 0,1 (31)	nd- 0,04	nd - <0,19	nd - 2,56	nd < 0,06	<1,6- 12	
Lemon sole (20)	0,06 - 0,12 (20)						
Ling (10)	0,26 (10)						
Megrim (31)	0,05 - 0,09 (31)						
Plaice (30)	0,04-0,05 (30)						
Whiting (51)	0,05 - 0,09 (51)						
Limites de detection	0,01	0,004	0,070	0,16	0,02	1,21	

TYRELL L. et al., Marine Institute , Dublin, Marine Environmrent and Health Series N° 3, 2003

Trace metal and chlorinated hydrocarbon concentrations in variuous fish species landed at selected Irish ports,

	mg/kg poids humide				
Mer Adriatique et Ionienne	Hg	Cd	Cr	Pb	As (total)
Chair de poisson	0,03 - 5,03	nd - 0,19	0,02 - 1,51	nd - 0,4	0,62 - 61,5
	0,85+-0,85	0,05+-0,05	0,3+-0,2	0,08+-1,07	8,58+-8,47
Foie de poisson	nd - 6,26	0,05 - 1,68	0,14 - 1,68	0,03 - 1,73	1,06 - 35,28
	0,57+-0,97	0,28+-0,31	0,44+-0,11	0,47+-0,44	10,56+-7,66
Chair de céphalopodes	0,05 - 0,42	0,04 - 1,04	0,02 - 0,69	0,09 - 1,82	0,80 - 21,00
	0,18+-0,14	0,25+-0,24	0,25+-0,14	0,61+-0,56	10,81+-6,23
Glande digestive céphalopodes	0,05 - 1,88	1,00 - 6,92	0,02 - 1,69	0,06 - 2,66	8,13 - 34,38
	0,47+-0,44	2,7+-2,74	0,28+-0,35	0,88+-0,8	15,46+-0,50
Chair de crustacés	0,05 - 0,69	0,01 - 0,27	nd - 1,34	nd - 0,07	11,45 - 50,06
	0,25+-0,15	0,11+-0,09	0,47+-0,33	0,02+-0,02	20,10+-7,67

Me-Hg entre 74 et 92% de Hg Total dans poisson

Dans les poissons As organique represente environ entre 96,5 et 99,% du Total As. et entre 97et 99% dans crsutacés

En conclusion au maximum de 5% (1/20) de As pourrait se trouver sous la forme inorganique, la plus toxique

MARCOTRIGIANO G.O. et STORELLI M.M. Veterinary Rersearch Communications, 27 (supp.1), 2003, 183-195

Heavy metals, polychlorinated biphenyl and organochlorine pesticide residues in marine organisms Risk evalaution for consumers

## Concentration en métaux traces dans les poissons

Méditerranée Nord Est	mg/kg poids sec						
	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Fe	
<b>Cotes turquie</b>	mean+-SD						<b>2 de 5</b>
Sparus auratus, gilthead	0,37+-0,11	1,24+-0,46	2,84+-0,43	5,54+-0,74	26,66+-7,62	19,60+-7,84	
Atherina hepsetus, sandsmelt	0,37+-0,08	2,21+-1,09	4,00+-0,56	6,12+-1,25	23,34+-5,30	78,40+-36,84	
Mugil cephalus, grey mullet	0,66+-0,08	1,56+-0,3	4,41+-1,67	5332+-2,33	37,39+-6,88	38,71+-18,28	
Trigla cuculus, gurnard	0,79+-0,17	2,42+-0,47	2,19+-0,83	4,27+-1,03	24,89+-6,46	30,68+-10,20	
Sardina plichardus, sardine	0,55+-0,08	2,22+-0,54	4,17+-0,58	5,57+-1,03	34,58+-8,64	39,60+-8,62	
Scomberesox saurus	0,45+-0,06	1,70+-0,42	2,34+-0,45	2,98+-0,003	16,48+-2,83	29,82+-16,24	

données existent pour foie et branchies, concentrations en métaux tjs plus élevées dans foie et branchies que dans muscle

relation négative entre concentrations métaux dans les tissus et longueur

**CANLI M. et ATLI G. Environ Pollution 121 (2003) 129-136**

*The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six mediterranean fish species*

*Environ Pollution 121 (2003) 129-136*

Norvege 1990-2000		Hg	µg/kg poids humide
<i>morue (1198)</i>			
<i>mean+-SD</i>	0,07+-0,05		
<i>median- percent90-MAX</i>	0,06 - 0,13 - 0,4		
<i>limande (74)</i>			
<i>mean+-SD</i>	0,1+-0,08		
<i>median- percent90-MAX</i>	0,06 - 0,20 - 0,4	les autres métaux (Cd, Cu, Pb, Zn) ne sont mesurés que dans le foie	
<i>limande sole (13)</i>			
<i>mean+-SD</i>	0,07+-0,02		
<i>median- percent90-MAX</i>	0,06 - 0,1 - 0,1		
<i>plie (58)</i>			
<i>mean+-SD</i>	0,05+-0,06		
<i>median- percent90-MAX</i>	0,04 - 0,09 - 0,2		

**GREEN N.W. and KNUTZEN J.**

Organohalogens and metals in marine fish and mussels and some relationships to biological variables at reference localities in Norway

Marine Pollution bulletin **2003**; 46 (3) : 362-374

## Concentration en métaux traces dans les poissons

		mg/kg poids sec		
		Cd	Cu	Pb
<b>Manche et sud Mer du Nord</b>				<b>3 de 5</b>
<b>limande</b>	Dunkerque	0,003+-0,003	0,94+-0,24	0,07+-0,05
	Calais	0,02+-0,01	0,85+-0,08	0,12+-0,22
	Boulogne	0,009+-0,004	0,83+-0,29	0,001+-0,001
	Baie de Somme	0,009+-0,005	0,97+-0,27	0,01+-0,02
	Baie de Seine	0,01+-0,01	0,92+-0,22	0,01+-0,01
<b>flet</b>	Dunkerque	0,003+-0,001	0,78+-0,04	0,02+-0,02
	Calais	0,02+-0,01	1,8+-0,4	0,04+-0,05
	Boulogne	0,01+-0,01	1,6+-0,9	0,04+-0,04
	Baie de Somme	0,006+-0,003	0,92+-0,1	0,008+-0,021
	Baie de Seine	0,02+-0,02	1,2+-0,2	0,05+-0,03
<b>plie (carrelet)</b>	Dunkerque	0,007+-0,002	1,2+-1,0	0,07+-0,07
	Calais	0,03+-0,04	2,2+-2,3	0,10+-0,19
	Boulogne	0,01+-0,01	1,2+-0,7	0,03+-0,03
<b>morue</b>	Baie de Somme	0,007+-0,003	1,1+-0,2	0,81+-0,26
	Calais	0,01+-0,01	1,2+-0,7	0,01+-0,02
	Boulogne	0,01+-0,01	1,6+-1,1	0,07+-0,04
	Baie de Somme	0,01+-0,01	0,92+-0,22	0,01+-0,01

**HENRY et al.** Environment International 30 (2004) 675-683

Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of the North Sea

		mg/kg poids sec	
<b>Baie de Seine</b>	<b>Hg</b>	<b>Cd</b>	

monitoring 1986-2003

**flet**

**Hg dans chair**

0,01 - 3,27

**Cd dans foie**

4/362 dépassent la conc. max admissible de 0,5 mg/kg

flet espece indicatrice de la qualité du milieu

**NAKHLE K. et al.**, 2007 ICES Journal of Marine Science, 64: 929-938

Cadmium and mercury in Seine estuary flounders and mussels: the results of two decades of monitoring

## Concentration en métaux traces dans les poissons

New Jersey (US)	mg/kg poids humide				4 de 5
	Hg	Cd	Cr	Pb	
bluefish	0,26+-0,2	0,006+-0,002	0,25+-0,06	0,06+-0,01	
Chilean seabass	0,38+-0,06	0,004+-0,001	0,08+-0,02	0,11+-0,01	
morue	0,11+-0,01	0,0005+-0,0003	0,34+-0,27	0,12+-0,001	
croaker	0,14+-0,02	0,001+-0,0004	0,11+-0,02	0,09+-0,01	
flet	0,05+-0,001	0,01+-0,002	0,31+-0,09	0,06+-0,01	
porgie	0,1+-0,01	0,004+-0,001	0,14+-0,046	0,14+-0,017	
redsnapper	0,24+-0,01	0,002+-0,001	0,15+-0,1	0,12+-0,01	
Coquilles St Jacques	0,01+-0,001	0,02+-0,003	0,04+-0,01	0,34+-0,1	
crevettes (petites)	0,02+-0,001	0,00013+-0,0001	0,04+-0,01	0,29+-0,05	
crevettes (grandes)	0,01+-0,01	0,004+-0,002	0,03+-0,01	0,17+-0,02	
merlan	0,04+-0,004	0,009+-0,005	0,07+-0,014	0,09+-0,011	
yellow fish tuna	0,65+-0,1	0,03+-0,005	0,20+-0,05	0,04+-0,01	

**BURGER J. et GOCHFELD M.**, Environmental Research 99 (2005) 403-412

Heavy metals in commercial fish in New Jersey

grands prédateurs Océan Indien	Hg	Cd	mg/kg poids sec					
			Cu	Pb	Zn	Fe	Mn	Se
<b>Canal du Mozambique</b>								
espadon (41)	1,61+-1,11	1,04+-1,09	0,64+-0,32	0,12+-0,12	41,7+-34,7	22,44+-19,1	0,24+-0,23	2,45+-1,21
yellowfin tuna (24)	0,56+-0,38	0,25+-0,21	0,97+-0,24	0,09+-0,14	64,1+-47,3	39,6+-16,8	0,27+-0,11	5,00+-1,78
Common dolphin fish (6)	0,98+-0,92	0,12+-0,06	0,78+-0,17	0,14+-0,05	44,7+-11,9	12,6+-2,22	0,26+-0,02	1,85+-0,85
<b>Ile de la Réunion</b>								
espadon (7)	3,97+-2,67	0,60+-0,45	0,65+-0,46	0,01+-0,04	73,5+-49,8	18,9+-7,4	0,18+-0,05	4,00+-1,78
yellowfin tuna (17)	1,15+-2,30	0,23+-0,20	1,99+-1,47	0,02+-0,07	160+-135	50,6+-34,0	0,30+-0,12	6,26+-4,03
skipjack tuna (37)	0,67+-0,26	0,61+-0,37	1,02+-0,89	0,07+-0,08	125+-94	70,2+-34,4	0,36+-0,16	15,8+-12,2
Common dolphin fish (42)	0,21+-0,19	0,13+-0,16	0,88+-0,62	0,06+-0,16	65,8+-38,3	23,4+-19,0	0,33+-0,07	3,17+-3,21

**KOJADINOVIC J.et al.**, Environmental Pollution 146 (2007) 548-566

Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean

## Concentration en métaux traces dans les poissons

Mer Egée	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	Fe	Ni	Mn
mg/kg poids sec								
European anchovy ( <i>Engraulis encrasicolus</i> )	0.65 ± 0.04	1.98 ± 0.10	0.95 ± 0.08	0.33 ± 0.01	40.2 ± 3.2	95.6 ± 8.1	2.63 ± 0.15	5.61 ± 0.40
Gilthead seabream ( <i>Sparus aurata</i> )	0.50 ± 0.03	1.03 ± 0.10	0.86 ± 0.05	0.62 ± 0.05	56.3 ± 4.5	69.7 ± 5.6	3.19 ± 0.20	3.98 ± 0.32
Whiting ( <i>Merlangius merlangus</i> )	0.55 ± 0.04	0.97 ± 0.06	1.25 ± 0.10	0.93 ± 0.07	48.6 ± 3.9	104 ± 9.8	1.92 ± 0.10	1.96 ± 0.10
Black scorpionfish ( <i>Scorpaena porcus</i> )	0.80 ± 0.06	1.47 ± 0.11	0.73 ± 0.06	0.66 ± 0.06	95.3 ± 8.7	81.5 ± 7.1	3.63 ± 0.25	4.80 ± 0.40
Red mullet ( <i>Mullus barbatus</i> )	0.45 ± 0.04	1.63 ± 0.12	0.98 ± 0.07	0.84 ± 0.07	106 ± 9.1	163 ± 12	4.34 ± 0.35	6.54 ± 0.50
Bluefish ( <i>Pomatomus saltor</i> )	0.60 ± 0.05	1.92 ± 0.10	1.83 ± 0.10	0.38 ± 0.02	35.4 ± 3.2	68.6 ± 5.3	3.89 ± 0.30	1.28 ± 0.10
Atlantic horse mackerel ( <i>Trachurus trachurus</i> )	0.50 ± 0.03	0.95 ± 0.07	0.95 ± 0.04	0.68 ± 0.05	37.4 ± 2.9	74.3 ± 6.1	3.93 ± 0.25	7.40 ± 0.60
Flathead mullet ( <i>Mugil cephalus</i> )	0.45 ± 0.03	0.98 ± 0.08	1.26 ± 0.10	0.61 ± 0.04	40.2 ± 3.3	82.7 ± 5.6	5.68 ± 0.40	4.21 ± 0.24
Atlantic bonito ( <i>Sarda sarda</i> )	0.90 ± 0.07	1.06 ± 0.10	0.84 ± 0.05	0.76 ± 0.05	48.7 ± 3.7	73.5 ± 6.3	4.96 ± 0.33	2.68 ± 0.22

O. DOGAN ULUOZLU et al. , Food Chemistry 104 (2007) 835-840

Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey

**Tab. A20 : Caractéristiques des principales sources de dioxines (PCDD et PCDF, selon Evers *et al.* 1993).**

Sources	Type d'émission	Caractéristiques de ces émissions
<b>COMBUSTION</b>		<b>"Empreintes de combustion"</b>
<b>Incinération</b> (déchets solides urbains, chimiques, ou hospitaliers)	Air/diffus et sources localisées	Présence de tous les congénères HpCDD/F et OCDD en majorité
<b>Echappements de véhicules</b>	Air/diffus	PCDD = PCDF
<b>Recyclage des métaux</b>	Air/sources localisées	Présence de tous les congénères $\Sigma(\text{PCDF}) > \Sigma(\text{PCDD})$
<b>PROCEDES INDUSTRIELS</b>		
<b>Production de dérivés aromatiques chlorés</b>		
Chlorophénols et produits dérivés	Sol et eau/diffus	2378/1378-TCDD ; 1368/1378-TCDD ; 2468-TCDF
Pentachlorophénol	Eau/diffus	12468-PnCDF HxCDFs, HpCDFs/Ds, OCDD/F
PCB	Décharges et eau/diffus	PCDF seulement
<b>Production de dérivés aliphatiques chlorés</b>		<b>"Empreintes de chloration"</b>
1,2 dichloroéthane	Eau/sources localisées	
<b>Production de chlore par Electrolyse</b> (anodes en graphite)	Eau/sources localisées	Présence de tous les furannes chlorées de tétra à octa OCDF/D et HpCDF élevés ; Absence tétra et penta CDD ; Rapport $\Sigma(\text{PCDF})/\Sigma(\text{PCDD}) > 10$
<b>Blanchiment pâte à papier et papier</b>	Eau/sources localisées	<b>"Empreintes de blanchiment au chlore"</b> Importance des congénères substitués en 2378 Absence des HxCDF, HpCDF et OCDF
<b>Production de métaux non-ferreux</b>	Eau/sources localisées	Importance des PnCDF ; Rapport : $\Sigma(\text{PCDF})/\Sigma(\text{PCDD}) > 10$