

*Santé environnement*

# Faisabilité de réaliser une étude d'imprégnation aux PCB dans la population du littoral haut-normand

Cire Normandie

Mélanie Martel

Arnaud Mathieu

## Sommaire

Abréviations	2
<b>1. Contexte</b>	<b>4</b>
<b>2. Matériels et méthode</b>	<b>4</b>
<b>3. Résultats</b>	<b>5</b>
3.1 Caractéristiques des PCB	5
3.1.1 Différents types de PCB	5
3.1.2 Les effets des PCB sur la santé	6
3.1.3 Réglementation sanitaire des PCB	7
3.1.4 Réglementation concernant leur utilisation	8
3.2 État des lieux de la contamination de l'estuaire de la Seine et du littoral haut-normand aux PCB	9
3.2.1 Définitions	9
3.2.2 Contexte des PCB en Haute-Normandie	10
3.2.3 Contamination de l'eau	10
3.2.4 Contamination des sédiments	11
3.2.5 Contamination du biote	12
3.2.6 Bilan	15
3.3 Comportements susceptibles d'exposer les haut-normands aux PCB	17
3.3.1 Pratiques de pêche	17
3.3.2 Consommation des produits issus de la pêche	18
3.3.3 Exposition et imprégnation aux PCB	20
3.3.4 Arrêtés/interdictions	20
3.3.5 Bilan	22
3.4 État des lieux sur les biomarqueurs disponibles des PCB	22
3.4.1 Les différentes matrices de dosage des PCB	22
3.4.2 Bilan de la pertinence des biomarqueurs des PCB	25
<b>4. Conclusion</b>	<b>25</b>
Références bibliographiques	27

# Faisabilité de réaliser une étude d'imprégnation aux PCB dans la population du littoral haut-normand

Cire Normandie

## Ont participé à ce rapport

### Auteurs

Mélanie Martel<sup>1</sup>  
Arnaud Mathieu<sup>1</sup>

### Relecteurs

Cédric Fisson<sup>2</sup>, Jean Duchemin<sup>3</sup> (partie III-2)  
Mathilde Merlo<sup>4</sup> (partie III-3)  
Clémence Fillol<sup>5</sup>, Marie-Laure Bidondo<sup>5</sup> (partie III-4)

<sup>1</sup> Cire Normandie, Institut de veille sanitaire (InVS)

<sup>2</sup> Groupement d'intérêt public Seine-Aval (GipSA)

<sup>3</sup> Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN)

<sup>4</sup> Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses)

<sup>5</sup> Département santé environnement (DSE), InVS

# Abréviations

<b>Ademe</b>	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
<b>AESN</b>	Agence de l'eau Seine-Normandie
<b>Afssa</b>	Agence française de sécurité sanitaire des aliments
<b>ALARA</b>	As Low As Reasonably Achievable: « <i>Aussi bas que raisonnablement possible</i> »
<b>Anses</b>	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
<b>Circ</b>	Centre international de recherche sur le cancer
<b>ARS</b>	Agence régionale de santé
<b>DJT</b>	Dose journalière tolérable
<b>DSE</b>	Département santé environnement
<b>EAT</b>	Études de l'alimentation totale
<b>Gip</b>	Groupement d'intérêt public
<b>GRSE</b>	Groupe régional santé environnement
<b>HAP</b>	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
<b>Ifremer</b>	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
<b>Inca</b>	Étude individuelle nationale sur les consommations alimentaires
<b>Ineris</b>	Institut national de l'environnement industriel et des risques
<b>InVS</b>	Institut de veille sanitaire
<b>JECFA</b>	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (comité international) (FAO/OMS d'experts sur les additifs alimentaires)
<b>OCDE</b>	Organisation de coopération et de développement économique
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé
<b>OSPAR</b>	Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est « Oslo-Paris »
<b>PCB</b>	polychlorobiphényles
<b>PCDD</b>	polychlorodibenzo-p-dioxines
<b>PCDF</b>	polychlorodibenzo furanes
<b>PCB-DL</b>	polychlorobiphényles <i>dioxin like</i> (PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189)

<b>PCB<sub>i</sub></b>	polychlorobiphényles indicateur (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)
<b>PCB-NDL</b>	polychlorobiphényles <i>non dioxin like</i>
<b>PCT</b>	Polychloroterphényle
<b>PF</b>	Poids frais
<b>PNSE</b>	Plan national santé environnement
<b>POP</b>	Polluant organique persistant
<b>PRSE</b>	Plan régional santé environnement
<b>PS</b>	Poids sec
<b>RIVM</b>	Institut national de santé publique et d'environnement des Pays-Bas
<b>RNB</b>	Réseau national de bassin
<b>RNO</b>	Réseau national d'observation
<b>TEQ</b>	Toxic Equivalent Quantity (facteur d'équivalence toxique)
<b>TMA</b>	Teneur maximale admissible

# 1. Contexte

Le Plan national santé environnement de 2<sup>e</sup> génération (PNSE 2) vise à établir des priorités en matière de santé environnement en donnant une vision globale et une cohérence à l'ensemble des mesures prises dans ce domaine.

Le deuxième Plan régional santé environnement (PRSE 2) de Haute-Normandie est une déclinaison régionale du PNSE 2. Le projet de plan a été élaboré en concertation entre les services de l'État, des experts, des associations et des collectivités qui forment le Groupe régional santé environnement (GRSE). Dans la partie relative au littoral, aux eaux de loisirs et aux produits de la pêche et de l'aquaculture, quatre actions ont été définies :

- protéger efficacement la ressource destinée à l'alimentation en eau potable et aux activités de baignade ;
- maîtriser la qualité sanitaire de l'eau distribuée ;
- améliorer la connaissance sur l'imprégnation du milieu par les contaminants historiques, les risques environnementaux et sanitaires associés et réduire leurs rejets ;
- améliorer la connaissance sur l'imprégnation du milieu par les micropolluants émergents, les risques environnementaux et sanitaires associés.

Pour la réalisation de ces deux dernières études, l'Agence régionale de santé (ARS) a souhaité impliquer la Cire dans le but d'étudier la faisabilité de la mesure de l'imprégnation aux polychlorobiphényles (PCB) de la population du littoral haut normand.

Il a été proposé que les niveaux d'imprégnation de cette population soient comparés au niveau de la contamination de la population haute normande située hors littoral. L'Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN), associée à l'ARS, propose que le bio-indicateur soit établi au moyen d'une étude exploratoire de tissus humains (cordons ombilicaux, lait maternel, graisse de liposuccions, etc.).

Les résultats attendus sont : (i) l'identification d'éventuels groupes de population surexposés aux PCB en fonction de leur comportement alimentaire et (ii) répondre à la pertinence de réaliser une étude locale d'imprégnation aux PCB.

## 2. Matériels et méthode

Pour construire les résultats recherchés, une revue de la littérature scientifique a été réalisée afin d'obtenir un état des lieux de la contamination de l'environnement en PCB et sur les possibilités d'études sur ce sujet. Pour effectuer cette recherche, un croisement des données trouvées a été fait en focalisant sur la zone d'étude « Haute-Normandie ».

Afin de réaliser un état des lieux des connaissances sur l'environnement et la qualité des milieux des recherches ont été effectuées sur :

- les PCB et leurs imprégnations dans le milieu (sédiments et biote), notamment en Haute-Normandie (consultation des rapports des réseaux de surveillance tels que l'Institut français de la recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) et l'AESN ; échanges et entretiens avec Cédric Fisson du Gip Seine-Aval) ;
- les effets des PCB sur la santé humaine (consultation des données de l'InVS et de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris).

Afin de réaliser un état des lieux des connaissances sur les possibilités d'études sur le sujet, des recherches ont été effectuées sur :

- les pratiques et habitudes de pêche des hauts normands (consultation de plusieurs études telles que celles produites par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) ou encore l'AESN) ;
- les biomarqueurs en biosurveillance humaine (données issues de la recherche bibliographique sur différentes bases telles que PubMed et ScienceDirect).

## 3. Résultats

### 3.1 Caractéristiques des PCB

Le terme PCB regroupe un ensemble de substances chimiques définies comme hydrocarbures halogénés à haut poids moléculaire. Ils sont fabriqués par chlorations progressives et cela peut conduire à la substitution de certains atomes d'hydrogène par des atomes de chlore. Il existe ainsi un grand nombre de combinaisons différentes liées au nombre d'atomes de chlore et aux positions qu'ils occupent dans l'espace : en théorie 209 congénères avec des niveaux différents de toxicité [1].

Par ailleurs, les PCB sont des polluants organiques persistants (POP) des écosystèmes terrestres et aquatiques, c'est-à-dire des substances chimiques qui sont rémanentes et qui s'accumulent dans les tissus biologiques. Ils ont en commun une grande stabilité chimique et physique, ils sont lipophiles et présentent une faible biodégradabilité, ce qui explique qu'ils s'accumulent dans les organismes vivants [2].

Dans l'industrie, compte tenu de leurs caractéristiques physico-chimiques, de leurs propriétés thermiques d'isolants électriques et d'inflammabilité, ils ont été largement utilisés comme fluide caloporteur pour l'isolation électrique et le refroidissement des transformateurs et des condensateurs électriques. Les PCB ont ainsi connu un développement industriel considérable entre 1930 et 1980 [1,2].

#### 3.1.1 Différents types de PCB

Les 209 congénères de PCB sont répartis selon 2 catégories (soit PCB de type dioxine et les autres PCB) établies en prenant en compte uniquement les effets tératogènes des PCB :

- PCB Dioxin-Like (PCB-DL) : une de leurs caractéristiques principales est leur mécanisme de toxicité qui est semblable à celui des dioxines. Des facteurs d'équivalent toxique (TEQ) ont été attribués aux congénères les plus toxiques. Depuis 1997, les PCB-DL sont au nombre de 12 congénères. Ils ont été découverts en 1993, lorsque les congénères de PCB ont été inclus dans l'évaluation des risques liés aux dioxines : les Polychlorodibenzodioxines (PCDD) et les Polychlorodibenzofuranes (PCDF) [3]. Les aliments les plus riches en PCB-DL sont ceux d'origine animale, tels que les poissons, le lait et les œufs [1] ;

- PCB Non Dioxin-Like (PCB-NDL) : les PCB non apparentés aux dioxines présentent d'autres mécanismes de toxicité pris en compte dans la gestion du risque PCB. Ces PCB, très chlorés, sont peu métabolisables (stockés dans les graisses, le système nerveux, le sang et les muscles) et sont très abondants dans les mélanges industriels contrairement aux PCB-DL. Tout comme les PCB-DL, ils sont majoritairement retrouvés dans les matrices alimentaires et en particulier les poissons, les viandes et les produits laitiers [1].

Une catégorie de PCB a été définie à partir des PCB-NDL en relation avec des données de persistance et d'abondance relative dans les chaînes alimentaires : les PCB indicateurs (PCBi) ;

- PCB indicateurs (PCBi) : en 1982, 7 PCB<sub>i</sub> (Σ7 PCB<sub>i</sub>) parmi les 209 congénères ont été sélectionnés par le bureau communautaire de référence de la commission européenne (Bruxelles) comme étant les composés à rechercher en priorité dans les analyses de matrices organiques (sédiments, sang, chair, graisse) du fait de leur persistance et de leur abondance dans l'environnement ainsi que de leurs propriétés toxicologiques [4,5,6]. D'après différentes études, ils représenteraient près de 50 % de la totalité des congénères de PCB quantifiés dans les matrices biologiques ainsi que dans les tissus humains [7]. En effet, les PCB<sub>i</sub> étant moins bien métabolisés que les PCB-DL, ils sont plus abondants dans les matrices organiques où les PCB-DL ne représentent que 10 à 20 % de la totalité des PCB en poids [5].

Parmi les PCB<sub>i</sub>, le PCB 118 est le seul PCB *Dioxin Like* (propriétés similaires à celles des dioxines) parmi les 7 PCB indicateurs, de ce fait il est parfois exclu des PCB<sub>i</sub> lors d'études [2].

### 3.1.2 Les effets des PCB sur la santé

Plusieurs effets toxiques ont été rapportés chez l'animal et chez l'homme. Les études sur des animaux (ou *in vitro*) ont clairement montré des effets toxiques sur différentes fonctions des mammifères. La plupart des connaissances scientifiques concernant la toxicité des PCB pour l'homme se fondent sur des études épidémiologiques réalisées sur des populations exposées accidentellement (accidents de Yusho au Japon en 1968 et de Yu-Cheng à Taïwan en 1979) ou professionnellement (cohortes de travailleurs des usines de production de PCB et de fabrication de condensateurs et transformateurs). D'autres études épidémiologiques ont étudié les effets neurocomportementaux des expositions pré et postnatale aux PCB en population générale (cohortes mères-enfants, adultes) aux États-Unis, au Canada et en Europe [8].

Aujourd'hui, il est avéré que la toxicité des PCB chez l'homme est essentiellement liée à leur accumulation dans l'organisme sur le long terme (toxicité chronique). En effet, la toxicité sur le court terme (toxicité aiguë) est rare en population générale et donc peu documentée (accidents industriels). Par ailleurs, l'exposition ponctuelle à des PCB *via* la consommation d'un aliment très contaminé aura peu d'impact sur la charge corporelle de ces molécules stockées dans l'organisme [2,8].

Selon la nature du composé actif (type de congénère, nature du mélange de PCB), le type d'exposition et la population exposée, les PCB auront un impact sur diverses fonctions du corps humain [8] :

- effets sur la reproduction : chez la femme, diminution des cycles de menstruation, avortements spontanés, faible poids de naissance, et diminution du nombre de spermatozoïdes chez l'homme ;
- effets sur le système endocrinien : perturbation du fonctionnement de la thyroïde ;
- effet sur le système immunitaire : réduction de la réponse antigène-anticorps, nombre plus élevé de maladies infectieuses de l'enfant durant le premier mois ;
- effet mutagène-cancérogène : relation entre la teneur en PCB des tissus cancéreux dans le cas du cancer du sein et relation entre l'exposition au PCB et cancer du tractus biliaire, de l'intestin et de la peau. Des effets cutanés et oculaires (chloracné, irritations de la peau, hyperpigmentation, hypersécrétion des glandes lacrymales) ;
- effets sur le système neurologique : chez l'enfant, diminution du quotient intellectuel, des capacités de mémorisation, d'apprentissage et visuelles, et chez l'adulte, une diminution du champ de vision, moins bonne mémorisation du langage et une capacité auditive réduite sont observées.

Il apparaît que les effets sur les développements mental et moteur du jeune enfant exposé pendant la grossesse et l'allaitement constituent l'effet le plus critique observé chez l'homme. En effet, l'exposition *in utero* aux dioxines et aux PCB est associée à des effets sur le développement neurocomportemental chez le jeune enfant [9]. De plus, la population des Inuits, esquimaux du Nord Canada, fait l'objet d'un suivi tout particulier. Cette population accuse les taux de concentration les plus élevés en PCB, bien qu'elle n'en fasse pas usage. La contamination de cette population s'explique par la consommation élevée de poissons gras et de mammifères marins qui ont accumulé, dans leur graisse, PCB et pesticides organochlorés. Les nouveau-nés et les jeunes enfants souffrent de maladies infectieuses liées à une déficience immunitaire [10].

Cependant, comme les risques associés aux dioxines et PCB sont liés à l'accumulation progressive de ce polluant dans l'organisme et l'allaitement ayant lieu sur une période de quelques mois, les quantités de dioxines et PCB apportées par le lait maternel représentent une faible partie (environ 5 %) de la dose totale absorbée au cours de la vie [8].

Par ailleurs, les avantages liés à l'allaitement sont supérieurs aux éventuels risques liés à l'exposition du lait contaminé aux PCB : l'allaitement maternel est recommandé par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), si possible de manière exclusive durant les six premiers mois de la vie du nourrisson. C'est un aliment évolutif essentiel ; les changements de composition au cours de la lactation (colostrum, lait de transition, lait définitif) et de la tétée (lait plus riche en lipides en fin de tétée) sont utiles à l'enfant dont les systèmes enzymatiques n'ont pas atteint leur maturité à la naissance. Les avantages de l'allaitement maternel ont été démontrés dans de nombreuses études : psychoaffectifs, immunologiques (réduit les risques d'infections et d'allergies), nutritifs, digestifs et métaboliques [8].

Plusieurs études suggèrent un lien entre l'exposition aux PCB et un risque accru de cancers (foie, rein, sein). Néanmoins, l'ensemble des données disponibles examinant la relation entre cancers et



expositions aux PCB souffrent de limites méthodologiques. Ainsi, la communauté scientifique internationale ne s'accorde pas sur la classification des PCB concernant les effets cancérigènes [2,8]. En 2004, l'Union européenne n'a pas reconnu les PCB parmi les substances classées cancérigènes alors que le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) et l'US-EPA (Environmental Protection Agency) les ont classés cancérigènes probables respectivement en 1987 et en 1997 [8].

Toutefois, les résultats scientifiques sur les effets sanitaires des PCB sur l'homme restent incomplets et les recherches se poursuivent pour préciser et approfondir ces connaissances. Ces questions sont extrêmement complexes puisque les personnes exposées aux PCB peuvent également avoir été exposées à d'autres substances toxiques en même temps, ce qui complique la part attribuable de l'exposition aux PCB dans l'éventuel impact sur la santé humaine.

### 3.1.3 Réglementation sanitaire des PCB

- Doses journalières tolérables (DJT) : elles sont obtenues à partir de résultats d'études toxicologiques et épidémiologiques auxquels sont appliqués des facteurs de sécurité correspondant à l'extrapolation d'effets observés chez l'animal à d'éventuels effets chez l'homme et des différences entre les individus. Les DJT représentent la dose qu'un individu peut consommer quotidiennement tout au long de sa vie sans que cela n'engendre d'effet néfaste. Les DJT s'expriment en masse de contaminant par kilogramme de poids corporel et par jour. Plusieurs organismes ont fixé des DJT tels que l'OMS et le Joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA) ou encore l'Institut national de santé publique et d'environnement des Pays-Bas (RIVM), les valeurs sont récapitulées dans le tableau 1 [1] ;

- Valeurs d'imprégnation critiques : la toxicité des PCB n'est pas directement liée à la quantité consommée à un instant donné mais essentiellement à la quantité accumulée dans l'organisme au cours du temps. Compte tenu de leur caractère lipophile et persistant, les PCB s'accumulent préférentiellement au niveau des tissus adipeux (notamment dans la fraction lipidique du sang). On parle alors d'une imprégnation sanguine, il s'agit d'une mesure plus stable de l'exposition qu'une seule estimation de l'exposition externe. Sur la base d'une expertise, l'Anses a proposé des valeurs d'imprégnation critiques en PCB correspondant à des niveaux de charge corporelle en dessous desquels la probabilité d'effets sur la santé est considérée comme négligeable. Ces valeurs sont récapitulées dans le tableau 1 [11] ;

- Teneurs maximales admissibles (TMA) :

- pour les PCB-DL : au niveau national, l'arrêté du 16 février 1988 indique que « les poissons d'eau douce dont la chair et les autres parties comestibles contiennent des PCB à une teneur supérieure à 2 mg/kg de poids frais sont considérés comme impropres à la consommation humaine ». Depuis le 19 décembre 2006, cette teneur maximale globale a été remplacée par une TMA en PCB-DL plus restrictive (fixée au niveau européen) [1] ;
- PCB-NDL et PCB<sub>i</sub> : aucune teneur maximale réglementaire n'a été proposée pour les PCB-NDL et les PCB<sub>i</sub> (manque de connaissance sur le sujet). La réglementation européenne fixe des teneurs maximales en PCB-NDL dans divers aliments. Les niveaux proposés pour la somme des PCB<sub>i</sub> correspondent à des seuils fixés selon le principe ALARA (« As Low As Reasonably Achievable ») à partir des données de contamination transmises par les États membres de la commission européenne [12].

Les valeurs des TMA sont résumées dans le tableau 1.

I Tableau 1 | Principaux seuils réglementaires applicables pour les PCB

Congénères	Seuil	Application
<b>Réglementation sanitaire (PCB-DL associés aux dioxines/furanes pour l'évaluation du risque sanitaire)</b>		
Dose journalière tolérable (JEFCA, 2001 ; OMS, 2002 ; RIVM, 2001) [1]		
PCDD/F+PCB-DL	70 pg TEQ/kg PC/mois	Exposition du consommateur
209 PCB	20 ng/kg PC/jour	
7 PCB <sub>i</sub>	10 ng/kg PC/jour	
Valeur d'imprégnation critique (Anses, 2010) [11]		
PCB totaux	700 ng/g LP	Femme enceinte ou allaitante et en âge de procréer
PCDD/F+PCB-DL	50 pg TEQ/g LP	Le reste de la population
PCB totaux	1800 ng/g LP	
PCDD/F+PCB-DL	80 pg TEQ/g LP	
Teneur maximale admissible (CE, 2011) [13]		
6 PCB <sub>i</sub>	75 ng/g PF	Chair musculaire de poisson, produits de la pêche et produits dérivés, à l'exclusion : - de l'anguille sauvage capturée ; - du poisson d'eau douce sauvage capturé ; - du foie de poisson et des produits dérivés ; - des huiles marines.
PCDD/F+PCB-DL	6,5 pg/g PF	
6 PCB <sub>i</sub>	125 ng/g PF	Chair musculaire de poisson d'eau douce sauvage capturé (à l'exception des espèces de poissons diadromes capturées en eau douce, et produits dérivés).
PCDD/F+PCB-DL	6,5 pg/g PF	
6 PCB <sub>i</sub>	300 ng/g PF	Chair musculaire d'anguille sauvage capturée ( <i>Anguilla anguilla</i> ) et produits dérivés.
PCDD/F+PCB-DL	10 pg/g PF	
Teneur maximale admissible (projet CE, seuils fixés selon le principe ALARA, 2007) [1,12]		
PCB <sub>i</sub> - ND	100 µg/kg PF	Poissons
PCB <sub>i</sub> - ND	200 µg/kg PF	Anguilles

PS : Poids sec ; PC : Poids corporel ; LP : Lipide plasmatique ; PF : Poids frais ; PCDD/F : Polychlorodibenzo-p-dioxine/furanes

### 3.1.4 Réglementation concernant leur utilisation

#### 3.1.4.1 Réglementation internationale

La mise sur le marché des PCB et des appareils en contenant a été limitée dans la plupart des pays industrialisés depuis les années 1970 grâce à de nombreuses réglementations.

L'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) a adopté le 13 février 1973 une décision pour l'usage des PCB uniquement pour les systèmes clos pour les pays membres de l'OCDE. De plus, le 13 février 1987, les pays membre de l'OCDE ont décidé d'interdire toute utilisation de PCB à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1989.

#### 3.1.4.2 Réglementation européenne

Au niveau européen, plusieurs directives ont été proposées afin de limiter la mise sur le marché et de définir les modalités d'élimination des PCB :

- le Conseil de l'Union européenne a adopté la directive 96/59/CE du 16 septembre 1996 (Journal officiel L243 du 24/09/1996, p. 31) concernant l'élimination des PCB et des PCT (Polychloroterphényles), ce qui signifie que tous les appareils contenant des PCB devaient être mis hors service d'ici la fin de l'année 2010. La directive 96/59/CE a été transcrite en droit français et conduit à l'établissement d'un inventaire puis d'un plan d'élimination progressif et de décontamination des appareils contenant des PCB (décret 2001-63 du 18 janvier 2001) ;

- le 24 octobre 2001, l'Union européenne a adopté une stratégie pour limiter la présence de dioxines, de furanes et de PCB dans l'environnement afin de protéger la santé humaine et environnementale (COM (2001) 593 final ; JO C 322 du 17/11/2001). La Commission estime que l'approche intégrée élaborée par cette stratégie devrait lui permettre de maîtriser le problème des dioxines et des PCB dans les prochaines années. Les trois objectifs principaux de la stratégie sont : (i) évaluer l'état actuel de l'environnement et de l'écosystème ; (ii) réduire à court terme l'exposition humaine à ces

substances et la maintenir à moyen et long terme à des niveaux inoffensifs ; (iii) réduire les effets sur l'environnement. La stratégie établit aussi un objectif quantitatif. Il s'agit de ramener la quantité de ces substances absorbées par le corps humain au-dessous d'une limite hebdomadaire fixée à 14 pg TEQOMS98/kg PC. Un premier rapport sorti le 10 juillet 2007 récapitule les principaux progrès accomplis au cours de la période 2004-2006 [14].

### 3.1.4.3 Réglementation française [15]

En France, les pouvoirs publics ont imposé des mesures progressives pour tenir compte de la durée de vie et du nombre important des appareils contenant des PCB :

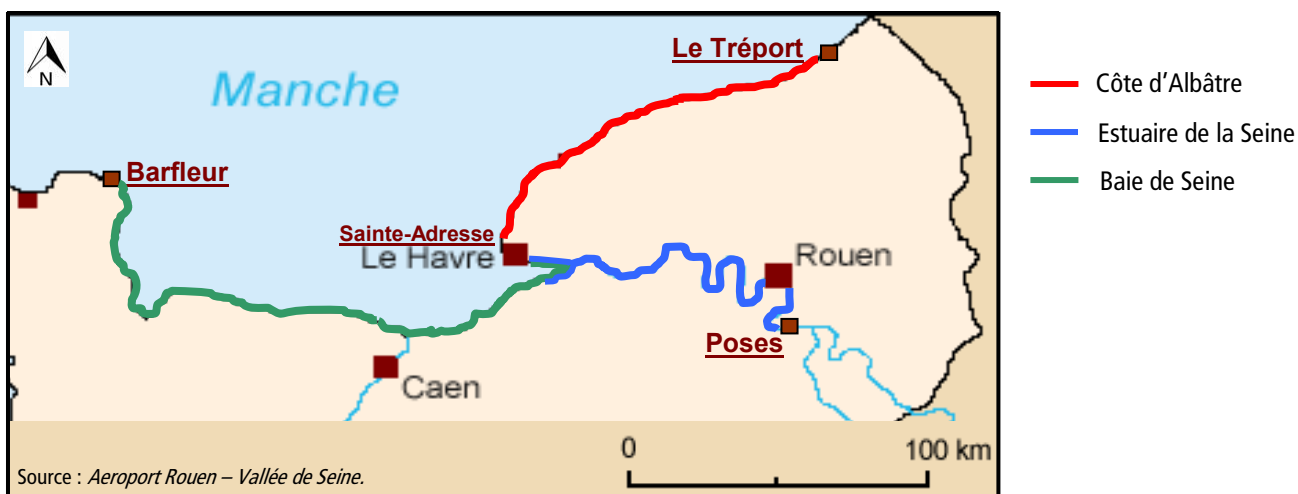
- interdiction de l'utilisation des PCB dans les applications ouvertes (encres, adhésifs, additifs dans certaines huiles, etc.). L'usage reste autorisé dans certains systèmes clos permettant leur récupération comme les transformateurs et condensateurs électriques (Arrêté du 8 juillet 1975) ;
- interdiction de la vente, acquisition ou mise sur le marché des appareils contenant des PCB ou des produits en renfermant plus de 0,005 % en poids (Décret du 2 février 1987) ;
- tout appareil doit comporter une étiquette avec la mention suivante : « cet appareil contient des PCB qui pourraient contaminer l'environnement et dont l'élimination est réglementée ». Dans le cas où le fluide PCB d'un transformateur a été remplacé par un fluide de substitution, l'étiquetage sera libellé ainsi « appareil ayant contenu des PCB substitués par (nom de marque et nature chimique du nouveau fluide), en conformité avec le décret du 2 février 1987 » (Arrêté du 9 septembre 1987) ;
- tout détenteur d'un appareil contenant un volume supérieur à 5 dm<sup>3</sup> de PCB est tenu d'en faire la déclaration au préfet du département où se trouve l'appareil avant le 25 avril 2001 (avis relatif à l'application du décret n° 2001-63 du 18/01/01, JO du 13/03/01). Sur la base de ces déclarations, un inventaire national est constitué pour assurer le suivi de l'évolution du parc des appareils (Décret du 18 janvier 2001).
- la tenue à jour de cet inventaire a été confiée à l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe). Au 30 juin 2002, l'inventaire a dénombré 545 610 appareils, principalement utilisés pour la production, le transport mais surtout pour la distribution d'énergie électrique sur tout le territoire, dont 19 150 appareils en Haute-Normandie. Lors de cet inventaire, la quantité de PCB a été définie au niveau régional : 835 tonnes pour la Haute-Normandie contre 33 462 tonnes au niveau national. Ce même décret soumet à l'agrément de l'administration toute activité de traitement, soit de destruction des molécules de PCB, de décontamination des appareils, objets, matériaux ou fluides contenant des PCB, soit de substitution du fluide PCB ou de régénération des fluides PCB ;
- objectif 2010 : décontamination et élimination des appareils contenant des PCB et PCT. Différents critères ont été pris en compte dans la mise en place du calendrier d'élimination et de décontamination. La commission PCB en a retenu cinq : l'âge des appareils, la puissance, le niveau de maintenance des appareils, la sensibilité des secteurs d'utilisation (public et environnement) et les aspects économiques (Arrêté du 26 février 2003).

## 3.2 État des lieux de la contamination de l'estuaire de la Seine et du littoral haut-normand aux PCB

### 3.2.1 Définitions

- Le biote désigne l'ensemble des animaux que l'on trouve dans un secteur donné. Dans le cadre de cette étude, il est défini par l'ensemble des produits de la mer et d'eau douce, présent en Haute-Normandie (poissons, crustacés, mollusques).
- La baie de Seine est définie comme la portion de la Manche qui s'étend de la pointe de Barfleur au cap de la Hève à Sainte-Adresse (figure 1).
- L'estuaire de la Seine correspond aux 160 derniers kilomètres du fleuve qui subit l'influence de la marée, défini entre Poses et Honfleur/Le Havre (figure 1).
- La Côte d'Albâtre est définie par la partie du littoral qui s'étend du Havre au Tréport (figure 1).

I Figure 1 | Représentation de la baie de Seine (vert), estuaire de la Seine (bleu) et la côte d'Albâtre (rouge) en Normandie.



### 3.2.2 Contexte des PCB en Haute-Normandie

Les PCB sont interdits d'utilisation depuis 1987 en France. La contamination actuelle de l'estuaire de la Seine est le résultat du relargage dans les milieux de PCB émis il y a plusieurs années. Sur la Seine, les PCB ont été détectés dès 1978 et des analyses montrent des niveaux élevés à des périodes antérieures [16]. L'analyse des mélanges, puis de congénères individuels des PCB (début 1990) ont alors été intégrés dans les réseaux de surveillance environnementaux (réseau national de bassin ; le réseau d'observation de la contamination chimique ; le réseau de suivi de la qualité des eaux de la Seine et le réseau national de surveillance des ports maritimes).

La surveillance des PCB dans l'estuaire de la Seine est réalisée pour trois compartiments de l'écosystème : l'eau, les sédiments et le biote [1].

### 3.2.3 Contamination de l'eau

Du fait de la grande variabilité du milieu estuarien (marées et crues), le suivi des PCB dans l'eau ne représente que la situation ponctuelle du lieu et du moment de la mesure.

Un suivi de la contamination en  $\Sigma 7$  PCB<sub>i</sub> des eaux brutes (non filtrées) de la Seine a été réalisé entre 1988 et 2005 et montre une diminution de la fréquence des pics de concentration qui pouvaient être observés jusqu'au milieu des années 1990.

À Poses, des pics de contamination en PCB ont été observés mais de faible intensité. Ils sont le témoin de contaminations ponctuelles supérieures au bruit de fond. Les concentrations dépassent épisodiquement 50 ng/L et les limites de détection sont dépassées ponctuellement.

À Honfleur, les concentrations de PCB<sub>i</sub> mesurées sont fluctuantes et plus élevées que les stations en amont. Ces pics de concentration sont directement corrélés avec la concentration en matières en suspension (Honfleur, se trouvant dans la zone d'influence du bouchon vaseux) et non liés à une source locale.

### 3.2.4 Contamination des sédiments

Le suivi de la contamination des sédiments de surface prélevés dans l'estuaire de la Seine et la baie de Seine permet d'appréhender la contamination diffuse sur le territoire et d'identifier les sites les plus touchés.

Le suivi des sédiments est réalisé par plusieurs réseaux de surveillance sur l'estuaire de la Seine, ses affluents et la baie de Seine :

- le réseau national de bassin (RNB) : surveillance de la qualité des eaux superficielles françaises ;
- le réseau national de la contamination chimique (ROCCH) : évalue les niveaux et tendances de la contamination chimique du littoral et des paramètres généraux de la qualité du milieu ;
- le réseau de suivi de la qualité des eaux de la Seine ;
- le réseau national de surveillance des ports maritimes.

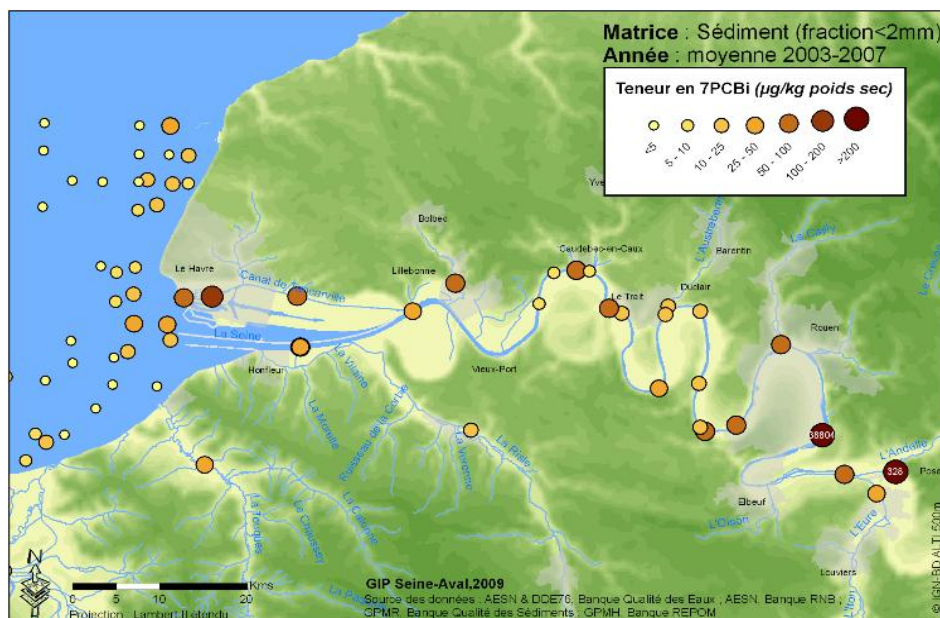
### 3.2.4.1 Baie de Seine / Côte d'Albâtre

Le suivi des sédiments marins le long du littoral français permet de mettre en évidence la pression chimique exercée par les différents fleuves français et de comparer les côtes maritimes entre elles. La baie de Seine et la Côte d'Albâtre font partie des secteurs du littoral français les plus contaminés en PCBi [1]. Cependant, les sédiments de la baie de Seine sont moins contaminés que les sédiments de l'estuaire de la Seine (moins de 50 µg/kg de poids sec pour la baie de Seine contre plus de 100 µg/kg de poids sec pour la Seine), du fait d'une dilution de ceux-ci dans le milieu marin [17]. Les zones les plus touchées sont au large du Havre, d'Honfleur et de Fécamp.

### 3.2.4.2 Estuaire de la Seine

La contamination moyenne des sédiments fins de surface prélevés dans l'estuaire de la Seine et ses affluents révèlent une contamination diffuse et généralisée de l'ordre de la centaine de µg de PCBi par kg de poids sec de sédiments. Les mesures réalisées sur les sédiments dragués pour l'entretien des chenaux de navigation et des bassins portuaires sont du même ordre de grandeur et respectent les normes de gestion réglementant l'activité de dragage [17].

I Figure 2 | Contamination en PCBi des sédiments à l'échelle de l'estuaire de la Seine, GIP Seine-Aval, 2009.



Des zones plus contaminées ont été identifiées avec des teneurs en 7PCBi supérieur à 200 µg/kg de poids sec : barrage de Poses, vasière d'Oissel et bassin du port du Havre (figure 2). Les teneurs plus élevées s'expliquent par des apports historiques dus à une concentration d'activités humaines et/ou industrielles, ainsi qu'à une sédimentation active de matériaux fins contaminés. Quelques stations de suivi semblent confirmer l'existence d'une baisse de la contamination d'amont en aval, entre Poses et Honfleur [1,17].

La comparaison de ces teneurs aux critères d'évaluation écotoxicologique proposés par la convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est « Oslo-Paris » (OSPAR) montre que seuls les sédiments de la baie de Seine respectent en majorité ces critères (tableau 2). Les niveaux médians des teneurs en PCB dans les sédiments de l'estuaire et du bassin-versant de la Seine sont sept fois plus élevés et indiquent un risque potentiel pour l'environnement dans ces secteurs [1].

I Tableau 2 | Réglementation environnementale des critères d'évaluation écotoxicologique (OSPAR, 1998) pour les PCB.

Congénères	Seuils	Application
7 PCB <sub>i</sub>	1 – 10 µg/kg de poids sec	Sédiment
	1 – 10 µg/kg de poids sec	Poissons
	5 – 50 µg/kg de poids sec	Moules

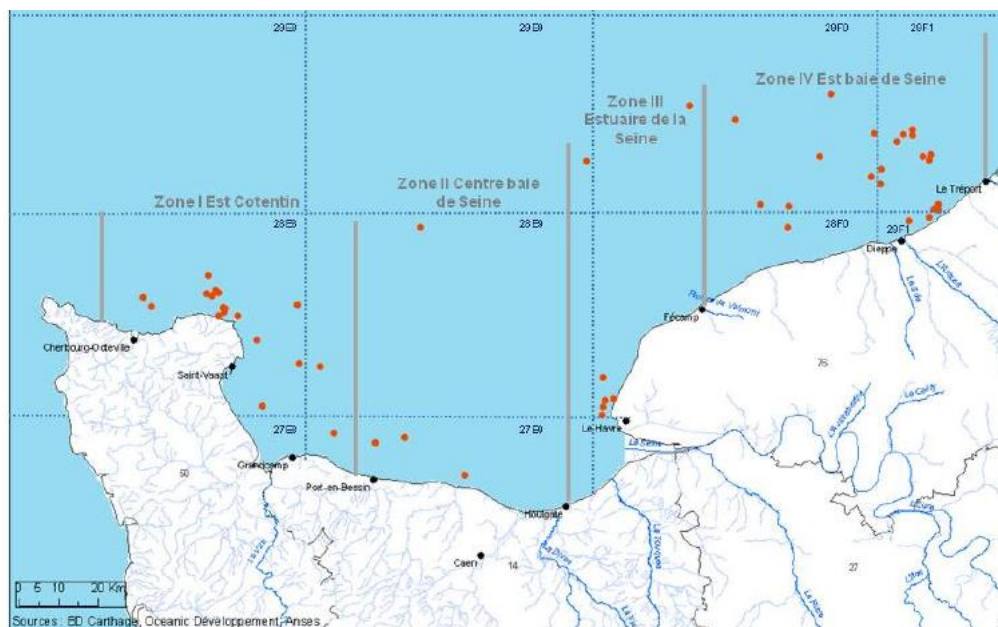
### 3.2.5 Contamination du biote

Le suivi de divers organismes (crustacés, mollusques, poissons) prélevés dans la baie de Seine ou dans l'estuaire de la Seine permet d'appréhender le niveau de contamination de différentes espèces susceptibles d'enregistrer la pression chimique exercée par le milieu qui les entoure et les nourrit [17].

Une étude de l'Anses en 2010 [18] a mis en évidence le niveau de contamination de différentes espèces sur 4 zones qui correspondent au littoral de la baie de Seine et la côte d'Albâtre (figure 3) :

- zone I : baie de Seine à l'est de Port-en-Bessin ;
- zone II : Port-en-Bessin à Houlgate ;
- zone III : Houlgate à Fécamp ;
- zone IV : Fécamp au Tréport.

I Figure 3 | Campagne de prélèvements 2010 dans la baie de Seine et zones de prélèvements (Anses, 2010)



Dans cette partie, les résultats de cette étude de l'Anses ont été croisés avec d'autres études du Gip Seine-Aval (données provenant essentiellement des mesures de l'AESN). Cela afin d'éviter un biais méthodologique dû à des échantillons non représentatif pour certaines zones (effectifs de poisson pêchés parfois faibles).

### 3.2.5.1 Baie de Seine/Côte d'Albâtre

Les poissons pêchés en baie de Seine présentent des teneurs en PCB variables selon les espèces (les poissons gras et sédentaires sont plus contaminés), le poids des individus (les poissons âgés et plus gros sont plus contaminés) et les lieux de pêche (gradient de contamination croissant d'Ouest en Est de la baie de Seine).

Les poissons analysés dépassent rarement 1 000 µg/kg de poids sec à l'exception de la majorité des anguilles (poissons gras et très sensibles à la contamination du sédiment dans lequel elles s'enfouissent, bien connu pour accumuler de nombreuses substances chimiques). Pour de nombreux individus, la contamination des tissus peut atteindre quelques centaines de µg/kg de poids sec [1].

Une analyse globale des différents résultats des suivis du biote par la Direction générale de l'alimentation du ministère de l'alimentation de l'agriculture et de la pêche, des suivis environnementaux de l'AESN et de l'Ifremer montrent les résultats suivants (en rapport à la teneur maximale admissible, tableau 1, partie III.4) [1,17,18] :

- les seiches, les poulpes, les merlans, les calamars, les soles, les raies présentent globalement de faibles teneurs en PCB, conformes aux seuils de réglementation, les maquereaux ayant une taille inférieure à 40 cm également ;
- les poissons plats (tels que les barbues et les carrelets), les rougets barbets et les bars peuvent dépasser les seuils réglementaires pour les plus gros individus ;
- les sardines apparaissent non-conformes aux seuils de réglementation sur l'ensemble de la baie de Seine ;
- les anguilles dépassent les seuils réglementaires.

Les teneurs en  $\Sigma 7$  PCB<sub>i</sub> dans la chair des crustacés varient de quelques µg/kg poids sec pour les crevettes grises à plus de 1000 µg/kg pour les tourteaux et étrilles les plus contaminés prélevés dans l'est de la baie de Seine. Ces derniers apparaissent d'ailleurs en moyenne non-conformes sur les niveaux réglementaires (convention d'OSPAR : 1 à 10 µg de PCB/kg de poids sec) [18].

Les espèces vivant dans les fonds (tourteaux, étrilles) et présentant un comportement de type détritivore, apparaissent comme étant plus contaminées aux PCB que les autres espèces [18].

Les teneurs en  $\Sigma 7$  PCB<sub>i</sub> dans la chair des mollusques varient de quelques dizaines de µg/kg poids sec pour les coquilles Saint-Jacques et les bulots prélevés dans l'ouest de la baie de Seine (aux alentours de Barfleur à Port-en-Bessin) à plusieurs centaines de µg de PCB/Kg pour les moules et les huîtres prélevées dans l'est de la baie de Seine (aux alentours d'Octeville, Sainte-Adresse) (non-conforme aux limites réglementaires allant de 5 à 50 µg de PCB/kg de poids sec) [1,18].

Selon les tissus analysés, les teneurs peuvent également varier : pour les coquilles Saint-Jacques, la teneur en  $\Sigma 7$  PCB<sub>i</sub> dans la chair est inférieure à 12µg/kg de poids sec alors que les teneurs dans l'hépatopancréas<sup>1</sup> des mêmes individus dépassent toujours cette valeur (jusqu'à plus de 100 µg/kg de poids sec) ; même observation pour les bulots et pour les crabes [17,18].

L'évolution temporelle des teneurs de PCB<sub>i</sub> dans les moules sur le littoral de la baie de Seine permet de mettre plusieurs éléments en évidence [1] :

- la plupart des points normands présentent des contaminations stables depuis le début des années 1990, aucune tendance significative n'étant mise en évidence ;
- l'ouest de la baie de Seine présente les teneurs en  $\Sigma 7$  PCB<sub>i</sub> les plus faibles et ne dépasse pas 100 µg/kg poids sec ;
- l'embouchure de l'estuaire de la Seine est la zone la plus contaminée, avec des teneurs de  $\Sigma 7$  PCB<sub>i</sub> pouvant dépasser 1 000 µg/kg du poids sec.

---

<sup>1</sup> Organe de l'appareil digestif des mollusques, arthropodes et poissons. Il assure chez ces animaux les fonctions qui sont assurées séparément chez les mammifères par le foie et le pancréas.



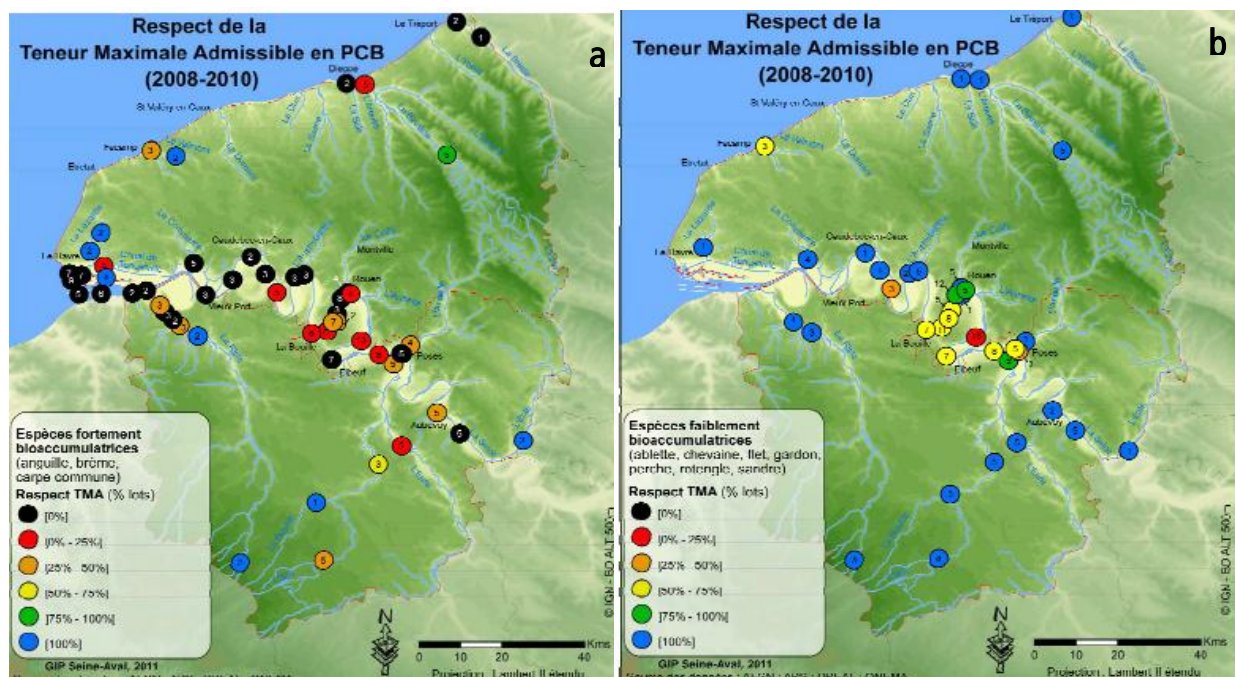
### 3.2.5.2 Estuaire de la Seine

Pour les poissons pêchés dans différentes zones de l'estuaire de la Seine, il ne ressort pas de gradient de contamination systématique selon le lieu de pêche. Les anguilles présentent les teneurs les plus élevées en  $\Sigma 7$  PCBi (plusieurs milliers de  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de poids frais), quelle que soit la taille des individus pêchés dans l'estuaire de la Seine [1,17]. La brème est également fortement contaminée, avec des teneurs de  $\Sigma 7$  PCBi comprises entre 100 et 2 000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de poids frais et comme pour la baie de Seine, les petits individus sont les moins contaminés [1]. Pour les espèces accumulant fortement les PCB (anguille, brème, carpe commune), le taux général de respect de la TMA est d'environ 20 % sur l'ensemble de l'estuaire. Pour les espèces accumulant faiblement les PCB (ablette, chevine, flet, gardon, perche, rotengle, sandre), seuls les lots prélevés à l'amont de l'estuaire de la Seine (entre Poses et la Bouille + Heurteauville) et à l'aval de l'Eure (Lery) présentent des dépassements de la TMA (figure 4) [1].

Les individus les plus contaminés ont été pêchés au niveau de Pont-de-l'Arche, à proximité de l'agglomération rouennaise et près de Duclair (pour les anguilles) et de la Mailleraye-Sur-Seine (pour les brèmes).

Le bar, l'éperlan, le gardon, la perche, le sandre et la sole présentent des teneurs en  $\Sigma 7$  PCBi d'une centaine de  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de poids frais [18].

I Figure 4 | Respect de la TMA en PCB pour les espèces de poissons a) fortement bio-accumulatrices ; b) faiblement bio-accumulatrices (Gip Seine-Aval, 2011).



Le saumon, poisson migrateur, présente les teneurs en  $\Sigma 7$  PCBi les plus faibles (quelques dizaines de  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de poids frais), ce qui pourrait s'expliquer par sa présence intermittente dans l'estuaire et donc sa moindre exposition à la contamination (figure 5) [18].

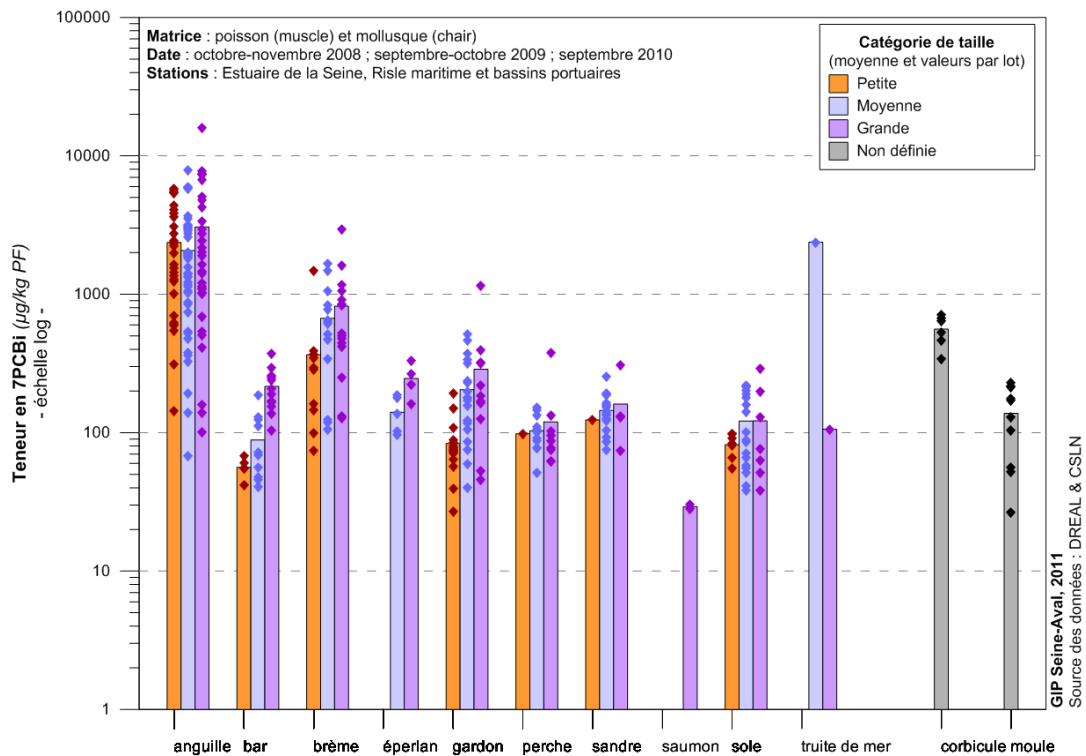
Les teneurs en PCB-DL dans les poissons et mollusques pêchés dans l'estuaire de la Seine sont variables selon les espèces considérées. Un gradient de contamination, fonction de la taille des individus composant les lots, semble se dégager pour la plupart des espèces, à l'exception des anguilles [1].

Une comparaison de la contamination des poissons avec la valeur limite en EQT, soit 8  $\mu\text{g}$  TEQoms98/g de poids frais montre des conformités pour les échantillons de saumon et de sole. La



majorité des échantillons de moules, d'anguilles, de brèmes et les échantillons des autres espèces (bar, gardon, perche, sandre) présentent des teneurs majoritairement inférieures à la norme [1,17].

I Figure 5 | Contamination en PCBi des poissons de l'estuaire de la Seine (GIP Seine-Aval, 2010).



### 3.2.6 Bilan

Les effets toxiques des PCB sont essentiellement liés à la charge corporelle de ceux-ci, c'est-à-dire à l'accumulation de molécules dans l'organisme au cours du temps, de façon chronique. Les PCB sont lipophiles et persistants ce qui explique leur accumulation dans les tissus adipeux.

Une forte imprégnation aux PCB peut engendrer un risque de cancer du rein, du foie ou du sein, des effets sur la reproduction, une perturbation du fonctionnement de la thyroïde, une diminution du système immunitaire et des problèmes neurologiques tant chez l'enfant que chez l'adulte.

Les principales mesures reposent sur la fixation de teneurs maximales dans les denrées alimentaires. Des doses journalières tolérables (dose qu'un individu peut consommer quotidiennement tout au long de sa vie sans que cela n'engendre d'effet néfaste sur la santé) ont été définies par l'OMS pour les PCB-DL et pour les PCB-NDL. Sur la base d'une expertise, l'Anses a proposé des valeurs d'imprégnation critiques en PCB correspondant à des niveaux de charge corporelle en dessous desquels la probabilité d'effets sur la santé est considérée comme négligeable.

La contamination de l'estuaire de la baie de Seine résulte du relargage de PCB émis il y a plusieurs années.

Dans les eaux de surface de l'estuaire de la Seine, une chute des concentrations en PCB a été observée jusque dans les années 2000. Les concentrations en PCB sont aujourd'hui au niveau des limites de détection et hors épisode de rejet accidentel (port 2000 à Le Havre a remué 20 000 tonnes de vases entre 2002 et 2005), l'eau ne présente plus de contamination décelable dans le cadre des réseaux de surveillance. Cependant, des concentrations plus élevées sont observées à Honfleur, due

à la présence du bouchon vaseux (accumulation de matières en suspension liée à la rencontre des masses d'eau douce et marine) qui entraîne une concentration plus forte en PCB dans l'eau brute. Cela reflète l'adsorption des PCB sur les matières en suspension.

Pour le compartiment sédimentaire (sédiment de surface), la contamination de la baie de Seine et du littoral respectent les critères d'évaluation écotoxicologique définis par OSPAR pour les PCB (<10 µg/kg de poids sec). Cependant des dépassements ont été observés sur différentes zones, entre Honfleur et Fécamp, mais ces dépassements restent inférieurs à 50 µg/kg de poids sec. Les propriétés du compartiment sédimentaire et des PCB en font une zone de stockage de ces derniers.

D'après l'AESN, les reconcentrations constantes dans le biote montrent que ces seuils sont trop élevés, vu le pouvoir bioconcentrateur de la faune marine avec les PCB.

Concernant les sédiments de l'estuaire de la Seine, aucune évolution n'est visible depuis le début des années 1990. Les sédiments fins de surface de l'estuaire de la Seine peuvent présenter une contamination élevée (>100 µg/kg Ps) avec une empreinte marquée des PCB. Certains points chauds sont également surveillés :

- barrage de Poses ;
- vasière d'Oissel ;
- bassins du port du Havre.

L'estuaire de la Seine reçoit les apports issus du bassin-versant de la Seine, qu'ils soient directs, diffus ou accidentels ; d'origines industrielle, agricole ou urbaine. À ces sources dites amont, il faut ajouter le stock présent dans l'estuaire et les apports internes à l'estuaire. Le sédiment peut ainsi être une source secondaire de contamination en cas de remise en suspension, lors d'une crue, d'une tempête, de travaux (remise en suspension des sédiments par activités de dragages d'un chenal dans l'estuaire de la Seine et clapage des sédiments de dragage dans la baie de Seine).

Un certain nombre de mollusques et de poissons présents dans l'estuaire de la Seine et la baie de Seine dépasse les teneurs maximales admissibles pour les PCDD/F, PCB-DL et PCBi.

La contamination des poissons est à discuter selon les espèces et les caractéristiques de ceux-ci : les poissons gras et/ou vivant à proximité du fond (contact avec le sédiment) seront plus sujets à des contaminations élevées.

Les poissons de la baie de Seine dépassant les TMA sont :

- les anguilles ;
- les sardines ;
- les gros poissons type rougets barbets et poissons plats ;
- les crustacés de type détritivores.

Pour les poissons de l'estuaire de la Seine, les anguilles et les brèmes (pour les plus gros individus) dépassent la TMA. Tout au long de l'estuaire de la Seine, les poissons fortement bioaccumulateur dépassent la TMA, pour les poissons faiblement bioaccumulateur, on retrouve les zones en amont de l'estuaire entre Poses et la Bouille et en aval de l'Eure.

De plus, les concentrations en PCB peuvent varier selon les organes des espèces. Les organes les plus concentrateurs de PCB sont les hépatopancréas des crabes, des coquilles Saint-Jacques et des bulots [1,17,27].

## 3.3 Comportements susceptibles d'exposer les haut-normands aux PCB

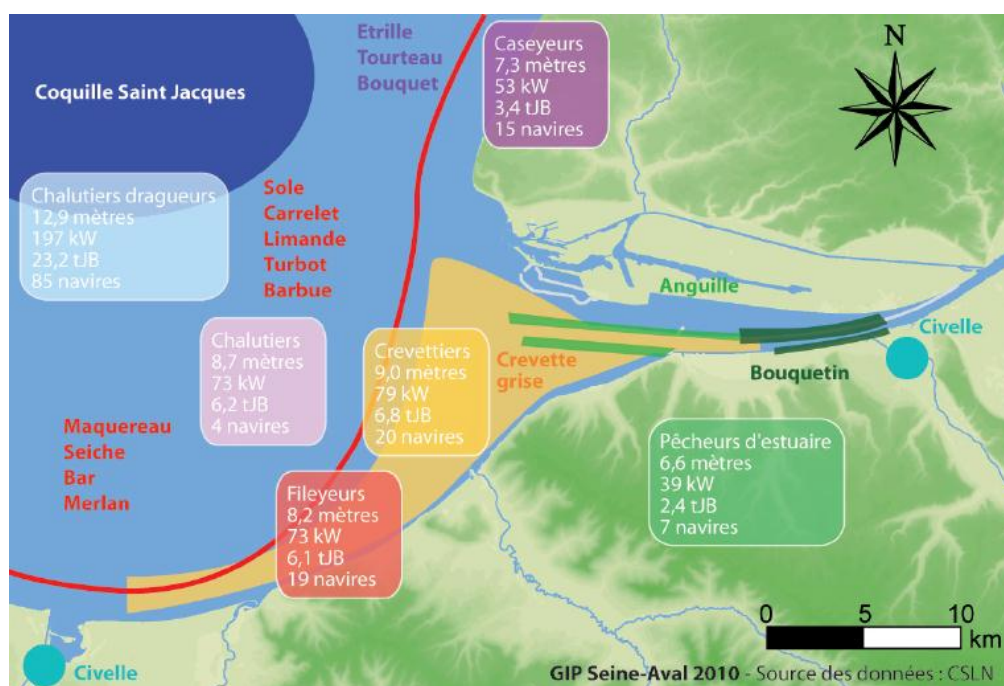
### 3.3.1 Pratiques de pêche

#### 3.3.1.1 Caractéristiques de la pêche en Normandie

Le long du littoral se pratique surtout la pêche à pied ainsi que la pêche en plongée (au bord de l'eau ou sur un bateau plus au large). Au niveau de l'estuaire de la Seine, c'est la pêche à la ligne qui est la plus pratiquée [6,19]. En 2011, le nombre total de pêcheurs de loisir pratiquant en mer ou en eau douce sur le bassin Seine Normandie était d'environ 7000 personnes (dont 5043 disposent d'une carte de pêche à l'année, les autres utilisant des cartes « découvertes », « vacances » ou « journée », donc des pêcheurs occasionnels ; fédération de pêche 76).

Les étrilles et les tourteaux (ne répondant pas aux normes sanitaires) sont pêchés sur la côte d'Albâtre et l'anguille dans l'estuaire de la Seine (figure 6). À part ces espèces, les autres poissons pêchés respectaient les normes et ne sont pas fortement bio-accumulateurs [20].

I Figure 6 I Localisation des zones de pêche des principales espèces de la baie de Seine (GIP Seine-Aval, 2010).



#### 3.3.1.2 Baie de Seine/Côte d'Albâtre

Une enquête sur les sites de Saint-Jouin-Bruneval, Octeville-sur-mer et Le Havre, a été réalisée et révèle la présence de pêcheurs à pied alors que la consommation de coquillages ramassés sur ces sites est interdite à l'année. Une majorité de ces pêcheurs mangeait les produits de leur propre pêche (99 %). 389 pêcheurs ont été interrogés pour une population de pêcheurs estimée à 450 individus [21].

Les résultats de cette enquête révèlent que la pêche à pied est une activité essentiellement masculine et de séniors (en moyenne plus de 50 ans). Les pratiquants sont issus des classes populaires et vivent à proximité des sites de l'étude. Chez ces pêcheurs, plus de la moitié pêchait des crustacés (58 % dont 12 % des moules). Ils pratiquaient la pêche depuis longtemps et réalisaient seulement une quinzaine de sorties par an [21].

Bien qu'il existe une interdiction permanente de ramassage des coquillages sur ces sites depuis 2010 et qu'une alerte dinophysis était en cours sur le littoral jusqu'à Veulette-sur-mer, peu de pêcheurs identifiaient un risque sanitaire (11,2 % dans l'enquête). Ce problème peut être dû à une connaissance approximative de la réglementation. En effet, dans cette enquête pour 90,5 % des pêcheurs interrogés, la pêche était autorisée sur ces zones. Cette enquête a également révélé que même en cas d'interdiction, 37 % des pêcheurs interrogés continueraient à venir pêcher sur ces sites par plaisir, habitude et parce qu'ils ne comprennent pas les raisons de l'interdiction [21].

### 3.3.1.3 Estuaire de la Seine

Les pêcheurs amateurs pratiquent le plus souvent la pêche depuis plus de 10 ans. Une pratique du no-kill et des connaissances sur les contaminations font qu'ils ne consomment pas toujours le poisson qu'ils ont pêché. Parmi les motivations du choix des lieux de pêche, on observe la proximité du lieu d'habitation et la qualité de l'environnement [11]. Il n'y a plus de pêche professionnelle en eau douce en Normandie (fédération de pêche 76).

Les cultures marines et la pêche à pied dans le secteur de l'estuaire et de la baie de Seine orientale sont des activités fortement impactées par la qualité phytotoxique, chimique et bactériologique des coquillages. Au niveau de l'estuaire de la Seine, la zone de Trouville est régulièrement classée « zone insalubre » : toute activité d'élevage et de pêche à pied professionnelle est interdite, ainsi que la pêche de loisir. Bien que la qualité phytotoxique des eaux s'améliore, l'estuaire de la Seine reste insalubre pour la production de coquillages et la pêche à pied [22].

## 3.3.2 Consommation des produits issus de la pêche

### 3.3.2.1 Généralités

L'analyse a consisté à étudier les résultats des études (i) individuelle nationale des consommations alimentaires (Inca 2), (ii) des consommations alimentaires de produits de la mer (Calipso) et (iii) de l'étude nationale d'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce de l'Anses et de comparer les consommations moyennes de poissons et crustacés par la population des hauts-normands.

L'exposition d'un individu aux PCB est fonction de ses habitudes alimentaires (produits consommés plus ou moins contributeurs) et de l'origine de ces produits (contamination plus ou moins élevée). À l'échelle de la population nationale et rapportée à la vie entière, 28 % des personnes ont une exposition supérieure à la dose mensuelle tolérable en PCB-DL + PCDD/F [1]. Pour les forts consommateurs de produits de la mer issus du commerce, ce dépassement est quasi-systématique [1,23].

### 3.3.2.2 Consommation « standard » de poissons dans la population haute-normande

Dans l'étude Inca 2 de l'Anses [24], chacune des régions a été classée dans la catégorie « Sud », ou « Nord » d'une part et dans la catégorie « Est » ou « Ouest » d'autre part. La Normandie se trouve dans la catégorie « Nord » ainsi que dans la catégorie « Ouest », la consommation moyenne de poissons est de 181g/semaine chez l'adulte et 116 g/semaine chez l'enfant. Pour les crustacés, les adultes en consomment en moyenne 27 g/semaine et les enfants 9 g/semaine (tableau 3).

I Tableau 3 | Consommations moyennes de poissons et crustacés chez l'adulte et l'enfant, étude Inca 2, Anses 2007 (catégorie « Nord » - catégorie « Ouest »).

	Poissons (g/semaine)	Crustacés (g/semaine)
Adultes (18-79 ans)	181 - 187	27 - 36
Enfants (3-17 ans)	116 - 124	9 - 11

### 3.3.2.3 Gros consommateurs en baie de Seine

Dans l'étude Calipso de l'Anses [23], la baie de Seine (commune du Havre) apparaît parmi les 4 sites côtiers sélectionnés pour l'enquête. En comparaison aux consommateurs « standards » (telle que donnée ci-dessus), la population adulte de gros consommateurs vivant en baie de Seine (définie par une consommation de produits de la mer d'au moins deux fois par semaine) consomme en moyenne 590g de poisson par semaine et 235 g de crustacés par semaine (tableau 4).

Cette consommation est trois fois supérieure à une consommation standard pour le poisson et huit fois supérieure pour une consommation standard de crustacés.

I Tableau 4 | Consommations moyennes de poisson et crustacés par groupe d'âge et sexe, Calipso, Anses 2006.

	Poissons (g/semaine)	Crustacés (g/semaine)
Hommes (18-64 ans)	450	210
Femmes (18-64 ans)	610	250
Personnes âgées (>65 ans)	800	270
Femmes en âge de procréer (18-44 ans)	500	210

### 3.3.2.4 Provenance des poissons d'eau de mer et crustacés consommés

En moyenne chez les forts consommateurs de poissons de la mer, 61 % des personnes achètent leur poisson dans un centre commercial, 19 % chez un poissonnier, 10 % au port et 4,1 % mangent du poisson issu de leur propre pêche [23].

Pour les crustacés, 58,2 % les achètent dans un centre commercial, 22,7 % chez le poissonnier, 7,4 % au port et 3,4 % issus de leur propre pêche [23].

### 3.3.2.5 Gros consommateurs de poissons d'eau douce (la Seine de Paris jusqu'à l'estuaire de la Seine)

Dans l'étude d'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce de l'Anses [11], les cours d'eau ont été classés en trois catégories : contaminations fortes, moyennes et faibles. La Seine faisait partie des sites reconnus comme étant fortement contaminés par les PCB. Les résultats ci-dessous sont donc extrapolés de la classe « fortement contaminée », sauf indication contraire.

Globalement, pour tous les sites de l'étude, la consommation annuelle moyenne des poissons d'eau douce est peu fréquente, environ une fois/mois et parmi ceux consommés, il y a une plus grande consommation de poissons faiblement bio-accumulateurs (10,5 fois/an contre 2,5 fois/an pour les poissons fortement bio-accumulateurs) [11].

Parmi les poissons fortement bio-accumulateurs consommés, on retrouve l'anguille qui est interdite à la consommation depuis 2008 (tableau 5). La consommation de poissons fortement bio-accumulateurs est plus importante chez les personnes plus âgées [11].

I Tableau 5 | Consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs, dans la zone fortement contaminée, étude nationale d'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce, Anses 2011.

Poissons fortement bio-accumulateurs	Fréquences annuelles moyennes de consommation
Anguille	2,9
Barbeau	0,3
Brème	2
Carpe	1,4
Silure	2,5

### 3.3.3 Exposition et imprégnation aux PCB

Ce paragraphe distingue :

- des données d'exposition alimentaire obtenues par croisement de données de consommation et de contamination des denrées alimentaires. Ces expositions sont comparées à des valeurs toxicologiques de référence de type : dose journalière tolérable (DJT) ou dose mensuelle provisoire tolérable (DMPT) ;

- des données d'imprégnation obtenues par la mesure des teneurs en PCB dans le sang (teneurs dans les lipides sériques). Compte tenu de la persistance des PCB et de leur accumulation progressive dans l'organisme, la mesure d'une imprégnation présente l'avantage de représenter une exposition cumulée dans le temps. Une imprégnation peut être comparée à une valeur d'imprégnation critique, seuil en dessous duquel la probabilité d'effets sur la santé est considérée comme négligeable.

Les gros consommateurs de poisson dépassent souvent les doses maximales admissibles (DJT ou DMTP) pour les PCB<sub>i</sub> et PCB-DL. L'augmentation de l'exposition est associée à l'augmentation de l'âge [1,11,23,25].

Le tableau 6 montre l'exposition moyenne aux PCB<sub>i</sub> et PCB-DL des gros consommateurs des produits de la mer et le tableau 7 montre l'imprégnation moyenne aux PCB totaux et PCB-DL des consommateurs des poissons d'eau douce dans la zone fortement contaminée.

I Tableau 6 | Exposition alimentaire des forts consommateurs de produits de la mer aux PCB au Havre (Calipso, 2006).

	n	Moyenne (Écart-type)	
		PCB-DL <sup>2</sup> (pg TEQ <sub>OMS</sub> /kg pc/mois)	PCB <sub>i</sub> <sup>3</sup> (ng/kg pc/j)
Homme (18-64 ans)	45	58.46 (57.47)	54.3 (54.3)
Femme (18-64 ans)	180	91.33 (224.91)	72.9 (84.3)
Sujets âgés (>65 ans)	26	104.19 (107.96)	95.7 (102.9)
Femme en âge de procréer (18-44 ans)	98	68.30 (75.76)	67.1 (80)

À âge équivalent, on observe des valeurs d'exposition plus importantes chez les femmes que chez les hommes. Il est également observé une augmentation de l'exposition en fonction de l'âge, comme déjà vue dans la littérature. Ainsi, les femmes en âge de procréer sont moins exposées par les PCB que le reste de la population d'étude. Ce constat pourrait également conforter l'hypothèse d'une diminution de l'exposition aux PCB par élimination des graisses pendant la grossesse et l'allaitement.

<sup>2</sup> DMTP fixée par l'OMS à 70 pg TEQ/kg pc/mois.

<sup>3</sup> DJT fixée par l'OMS à 10 ng/kg pc/jour.

Les classes d'âge qui dépassent les doses journalières tolérables sont les femmes de 18 à 64 ans et les personnes âgées pour les PCB-DL. Toutes les tranches d'âges sont concernées pour les PCB<sub>i</sub> où aucune classe ne respecte les DJT.

Cependant, bien que des dépassements soient observés, les résultats de l'étude alimentaire totale française 2 de l'Anses [26] montrent une réduction importante des expositions aux PCB par rapport à 2005 et 2007 (environ d'un facteur 4). Cette tendance est cohérente avec la diminution des contaminations à la fois alimentaires et environnementales observées en Europe et dans le monde, et traduit certainement l'efficacité des mesures de gestion européennes et nationales afin de réduire les contaminations [26,27].

**I Tableau 7 | Description des imprégnations aux PCB totaux et PCB-DL en fonction de l'âge chez les pêcheurs de poissons d'eau douce et les membres de leur foyer dans la zone fortement contaminée (étude nationale d'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce, 2011).**

	<i>Moyenne géométrique</i>	
	PCB-DL <sup>4</sup> (pg TEQ <sub>2005</sub> /g MG)	PCB Totaux (138 ; 153 ; 180) <sup>5</sup> (ng/g MG)
Totaux	<b>6.6 (5.9-7.3)</b>	<b>462.5 (410.0-521.7)</b>
18/44 ans	<b>4.3 (3.8-4.8)</b>	<b>262.9 (224.1-308.4)</b>
45 ans et plus	<b>9.8 (8.7-11.1)</b>	<b>740.6 (661.0-829.8)</b>

Chez les pêcheurs en eau douce et membres de leur foyer, en moyenne aucune catégorie ne dépasse les valeurs d'imprégnation critiques, que ce soit pour les PCB totaux ou pour les PCB-DL. Pour l'ensemble des sites de l'étude, peu de pêcheurs (2,5 %) dépassent les valeurs critiques d'imprégnation. Comme précédemment, les imprégnations augmentent avec l'âge.

### 3.3.4 Arrêtés/interdictions

Du fait de la contamination des poissons par les PCB, la pêche est réglementée sur un certain nombre de cours d'eau affluents de la Seine et la Seine elle-même. Une interdiction de la pêche des anguilles en vue de leur commercialisation et de leur consommation a ainsi été prescrite en 2008 pour la Seine, son estuaire et le littoral pour les départements du Calvados, de l'Eure et de la Seine-Maritime. Cette interdiction a ensuite été élargie pour tous les poissons pêchés dans la Seine en aval de Vernon (31).

Une interdiction de la pêche des anguilles (2008) et sardines (2010) en vue de leur commercialisation et de leur consommation a été prise pour la baie de Seine. Une interdiction de consommation des coquillages existe également depuis 2004 pour plusieurs contaminants (tableau 8) [28,29].

De plus, au niveau du bassin de l'Arque et des affluents : Eaulne, Béthune, Varenne et la Bresle, une réglementation a été mise en place en février 2011 et limite à dix captures par an, le nombre de proies par pêcheurs, dont deux saumons de plus de 75 cm [30].

Plusieurs arrêtés ponctuels sont également publiés dans l'année : à titre d'exemple, suite au rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses) qui avait publié des résultats des teneurs en moyenne en PCB non-conformes aux limites réglementaires, le Préfet a pris le 29 juillet 2011 un arrêté d'interdiction de la pêche des tourteaux et étrilles sur une zone de la baie de Seine s'étendant d'Houlgate à Fécamp. Fin novembre 2011, l'arrêté a été levé suite au retour à la normale des teneurs en PCB [18,31].

<sup>4</sup> Valeurs d'imprégnation critiques proposées par l'Afssa 2008 pour les PCB-DL et PCDD/F : 50 pg TEQ/g lipide pour les femmes en âge de procréer et 80 pg TEQ/g de lipides plasmatiques pour le reste de la population.

<sup>5</sup> Valeurs d'imprégnation critiques proposées par l'Afssa 2010 pour les PCB totaux : 700 ng de PCB totaux/g de lipides plasmatiques pour les femmes en âge de procréer et 1800 ng de PCB totaux/g de lipides plasmatiques pour le reste de la population.

I Tableau 8 | Cours d'eau du bassin de la Seine où la pêche est réglementée.

Cours d'eau	Département	Interdictions	Espèces
La Seine (+ l'Arques et la Béthune)/Littoral/estuaire	Calvados, Eure, Seine-Maritime	Interdiction de la pêche en vue de la commercialisation et de la consommation.	Anguilles et espèces fortement bio-accumulatrices
Le Thérain	Seine-Maritime	Interdiction de la pêche, du transport et de la détention en vue de consommation.	Anguilles, Barbeaux, Brèmes, Carpes et Silures
La Seine (en aval de Vernon)	Seine-Maritime, Eure	Interdiction de la pêche, du transport et de la détention en vue de consommation.	Tous les poissons
Eaux maritimes	Seine-Maritime, Calvados, Manche	Interdiction de la pêche, en vue de la consommation et de la commercialisation.	Sardines
Littoral de l'estuaire de la Seine à Antifer	Seine-Maritime	Interdiction de la pêche, en vue de la consommation et de la commercialisation.	Coquillages (moules...)
Littoral d'Issigny au Tréport	Seine-Maritime, Calvados, Eure	Interdiction de la pêche, en vue de la consommation et de la commercialisation.	Anguilles

### 3.3.5 Bilan

En Seine-Maritime, 4283 pêcheurs d'eau douce adhèrent à une fédération de pêche à l'année. Au niveau de la baie de Seine et de la côte d'Albâtre, ces pêcheurs sont surtout masculins et ont plus de 50 ans. Ce sont des personnes vivant à proximité d'un lieu de pêche et pratiquant une quinzaine de sorties par an. Sur l'estuaire de la Seine, les pêcheurs vivent également souvent à proximité d'un lieu.

Pour la population générale, l'alimentation représente 90 % de l'exposition aux PCB. La comparaison de l'exposition des consommateurs aux doses mensuelles tolérables montre des dépassements d'exposition (i) chez les gros consommateurs de produits de la mer à toute tranche d'âge pour les PCB<sub>i</sub> et (ii) pour les femmes et personnes âgées pour les PCB-DL. Pour les pêcheurs d'eau douce, peu de dépassements des valeurs critiques d'imprégnation ont été observés. Il est noté que la consommation de poissons d'eau douce est faible et les poissons le plus fréquemment consommés sont des poissons faiblement bioaccumulateurs.

Plusieurs interdictions existent en Seine-Maritime telle que l'interdiction de pêcher des anguilles (poissons fortement bioaccumulateurs), dans un but de consommation, sur toute la Seine en aval de Vernon et sur la côte d'Albâtre. Cependant, ces interdictions apparaissent peu respectées.

## 3.4 État des lieux sur les biomarqueurs disponibles des PCB

Un biomarqueur est une substance que l'on dose dans l'organisme humain. Pour qu'un biomarqueur soit utile, il faut être capable d'interpréter les concentrations mesurées :

- il doit renseigner sur l'exposition quand ses concentrations sont corrélées à l'exposition externe ;
- il doit permettre d'évaluer le risque toxique quand les relations entre les variations de concentration et la survenue d'effet(s) nocif(s) sont connues [32,33].

### 3.4.1 Les différentes matrices de dosage des PCB

Les PCB sont des polluants persistants de l'environnement. Ils sont lipophiles et ont généralement des demi-vies plus longues qu'une semaine. Ils sont ainsi préférentiellement stockés dans les tissus adipeux et sont présents dans le sérum, le plasma et le lait. Il est nécessaire de réaliser le dosage des lipides sériques en parallèle pour ajuster les résultats des concentrations en PCB mesurées.



### 3.4.1.1 Le sérum

Le dosage des PCB peut être réalisé sur un échantillon de 10 mL de sérum, soit un prélèvement de 20 mL de sang sur l'individu. En France, c'est la matrice la plus utilisée [32]. La mesure des PCB dans le sérum reflète généralement une exposition passée cumulée.

- **Avantage(s)**
  - en 2006, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments a estimé que « le sang, de par sa distribution homogène dans l'organisme, apparaît actuellement comme l'indicateur le plus pertinent de la charge corporelle en dioxines et PCB-DL » ;
  - les principales valeurs de référence mondiales sont établies dans la matrice sanguine (Nhanes, GerES, etc.) ;
  - les techniques analytiques mises au point ces dernières années ont permis d'obtenir des limites de quantification très faibles, adaptées à des expositions environnementales.
- **Inconvénient(s) : méthode invasive.**

### 3.4.1.2 Le lait maternel

Le lait maternel est une matrice utilisée en biosurveillance humaine. Il est généralement employé pour la surveillance des produits chimiques lipophiles en raison de sa haute teneur en graisses. Les substances chimiques lipophiles sont stockées dans le corps et peuvent passer dans le lait au moment de l'allaitement. Comme la concentration en lipides du lait maternel n'est pas en quantité constante, un ajustement des lipides (des produits chimiques par gramme de lipides dans le lait maternel) est nécessaire pour comparer les niveaux de produits chimiques entre les mères [34].

Lorsque le lait maternel est employé comme matrice de dosage en biosurveillance humaine, il est important de prendre en compte le processus d'épuration qui est la réduction des produits chimiques dans le lait pendant l'allaitement [34,35]. Les POP ont été déterminés dans le lait maternel dans de nombreuses études. L'Organisation mondiale de la santé suit la présence de POP dans le lait maternel depuis 1976 grâce au système mondial de surveillance de l'environnement (GEMS / Food programme). Par ailleurs, l'OMS a réalisé des enquêtes supplémentaires mesurant les PCDD, les PCDF et les PCB-DL dans le lait maternel [36].

En France, l'étude pilote de la cohorte Elfe a mesuré les PCB dans le lait de 44 mères. Le protocole de l'étude nationale prévoyait un prélèvement de lait maternel chez les femmes primipares à l'hôpital puis au domicile mais le recueil de ce biomarqueur a été annulé à cause d'un taux de refus important [38].

- **Avantage(s)**
  - donne des informations concernant les niveaux d'exposition de la mère et de son enfant ;
  - dosage dans une population sensible ;
  - le lait maternel a de hautes teneurs en graisses.
- **Inconvénient(s)**
  - difficulté à prélever les quantités de lait maternel suffisantes à l'hôpital (temps d'hospitalisation trop court pour une montée de lait importante) ;
  - contrainte pour les infirmières (recueil à la même heure pour toutes les femmes et il faut l'équivalent d'une tétée entière) ;
  - acceptation pas évidente de la population ciblée ;
  - dosage dans une population spécifique, pas représentative de la population générale ou de la population de la zone d'étude.

### 3.4.1.3 Sang du cordon ombilical

Le prélèvement du sang du cordon est un moyen de récupérer du sang du nouveau-né de façon non invasive et de recueillir différentes données permettant d'évaluer le capital « santé » à la naissance [38]. La cohorte Elfe utilise cette matrice à des fins d'analyse des répercussions de santé et d'évolution de l'enfant pour d'autres biomarqueurs (ex : plomb).

- **Avantage(s)**
  - non invasive ;
  - dosage dans une population sensible.
  
- **Inconvénient(s)**
  - refus pour des raisons culturelles ou religieuses ;
  - surcharge de travail pour les infirmières du service de maternité car le sang coagule très vite ;
  - difficulté à pondérer la quantité de lipide du sang du cordon ombilical par rapport au sang d'un adulte (le sang du cordon présentant moins de lipide) [32] ;
  - difficulté de recueillir le volume de sang nécessaire pour le dosage des PCB avec les exigences analytiques demandées pour des concentrations en population générale ;
  - dosage dans une population spécifique, pas représentative de la population générale ou de la population de la zone d'étude ;
  - absence de valeur de référence pour les PCB.

### 3.4.1.4 Le placenta

Le placenta peut être utilisé comme matrice de dosage pour la biosurveillance. L'utilisation du placenta a été proposée dès 1974. Le placenta a été employé dans des études de biosurveillance à plusieurs reprises pour mesurer les produits chimiques organiques, les pesticides organochlorés, l'exposition aux PCDD, PCDF et PCB, les HAP et les phtalates [38].

- **Avantage(s)**
  - facile à recueillir ;
  - présente de grandes quantités d'échantillon pour l'analyse ;
  - dosage dans une population sensible ;
  - présente les mêmes avantages que le sang.
  
- **Inconvénient(s)**
  - matrice difficile à analyser en raison de nombreuses interférences ;
  - dosage dans une population spécifique, non représentative de la population générale ou de la population de la zone d'étude ;
  - absence de valeur de référence pour les PCB.

### 3.4.1.5 Les graisses de liposuccions

Le tissu adipeux a été peu utilisé comme matrice de dosage des PCB.

- **Avantage(s) : les PCB sont lipophiles**
  
- **Inconvénient(s)**
  - difficulté d'interprétation due aux manques de données sur ce biomarqueur ;
  - possibilité d'interférences analytiques dues à la récupération ou à la matrice elle-même ;
  - plusieurs études ont démontré que le modèle toxico-cinétique à un seul compartiment, basé sur l'hypothèse que les dioxines lipophiles se distribuent de façon homogène dans les graisses de l'organisme, n'est pas totalement valide et que les concentrations mesurées au niveau de la fraction

graisseuse d'un tissu ne peuvent être d'emblée extrapolées à tout l'organisme (étude chez l'animal) [39] ;

- méthode invasive ;
- le recours à la liposuction cible une frange de la population particulière qui pourrait biaiser le recrutement de la population à étudier : plus de femmes, milieu aisé, personnes ayant un comportement alimentaire riche en graisses ou avec des problèmes métaboliques ;
- absence de valeur de référence pour les PCB.

D'autres matrices de dosage existent dans les études de biosurveillance mais ne sont pas pertinentes dans le cadre de l'étude des PCB : urines, cheveux et méconium, par exemple.

### 3.4.2 Bilan de la pertinence des biomarqueurs des PCB

En général et même si de nombreuses matrices peuvent être utilisées pour le dosage des biomarqueurs, la matrice idéale doit avoir plusieurs caractéristiques, par exemple, elle doit être accessible en quantité suffisante pour l'analyse, son recueil ne doit pas constituer un risque sanitaire pour le donateur, elle doit contenir des niveaux chimiques détectables par les techniques disponibles et son dosage doit refléter la charge corporelle. De plus, elle doit être facile à collecter et à stocker [32].

D'après les caractéristiques décrites dans le paragraphe précédent sur les différents biomarqueurs des PCB disponibles, le dosage des PCB dans le sérum est le biomarqueur le plus pertinent. Il reflète une exposition passée cumulée. Son prélèvement est invasif contrairement au dosage des PCB dans le lait maternel ou le placenta mais on dispose de plus de données dans la littérature sur ce biomarqueur et son dosage n'est pas limité à une population particulière. En plus de cibler la population des nouveau-nés, le dosage dans le sang de cordon paraît difficilement réalisable en raison de la difficulté à récupérer un volume suffisant pour l'analyse des PCB.

## 4. Conclusion

Le but de cette étude est d'étudier la pertinence de la mesure de l'imprégnation aux PCB de la population du littoral haut normand. Les résultats attendus étaient :

- identifier d'éventuels groupes de population surexposés aux PCB en fonction de leurs comportements alimentaires (consommation de poissons dans le secteur de l'étude) ;
- répondre à la faisabilité d'une étude de biosurveillance locale.

Les PCB peuvent être toxiques chez l'homme, une forte imprégnation aux PCB peut engendrer : des risques de cancers, des effets sur la reproduction, une perturbation du fonctionnement de la thyroïde, une diminution du système immunitaire ou encore des problèmes neurologiques.

Les sédiments et quelques types de poissons et/ou crustacés de l'estuaire de la Seine, la baie de Seine et la côte d'Albâtre dépassent les seuils pour le taux de PCB (seuil de la convention d'OSPAR, convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est). Les zones où les sédiments de surfaces sont le plus contaminés par les PCB sont le barrage de Poses, la vasière d'Oissel et le bassin du port du Havre. Parmi les poissons dont la charge de PCB est la plus élevée, on retrouve les anguilles, les sardines, les gros spécimens de brèmes, rougets barbets, poissons plats et tous les crustacés de type détritivores tels que les tourteaux et les étrilles. De plus, les moules, qui sont des mollusques filtreurs, apparaissent souvent imprégnées aux PCB. Les poissons respectant le moins la TMA sont retrouvés du côté de Dieppe, Le Tréport, Fécamp pour le littoral et quasiment tout le long de la Seine pour l'estuaire.

L'alimentation est responsable à 90 % de l'exposition de l'homme aux PCB. La littérature montre que la population la plus à risque d'exposition est celles des pêcheurs (professionnels ou de loisir). Parmi eux, les pêcheurs de loisir, gros consommateurs de produit de leur pêche sont plus à risque d'exposition étant donné qu'il n'existe aucune traçabilité relative aux produits qu'ils consomment.

En Seine-Maritime, les études réalisées révèlent que le niveau de consommation de poisson pêché, en particulier d'espèces bio-accumulatrices de PCB, est faible. Les pêcheurs de loisirs sont plus exposés aux PCB quand ils consomment des produits de la mer, alors que leur imprégnation dépasse peu les valeurs critiques d'imprégnation quand ils consomment des produits d'eau douce. Dans l'étude sur l'imprégnation aux PCB des pêcheurs d'eau douce de l'Anses, 27 sur 622 participants dépassent le seuil d'imprégnation critique en dessous duquel les risques sont écartés.

Plusieurs réglementations ont été mises en place : interdiction de consommer les poissons pêchés sur la Seine et pour les affluents de la Seine où la consommation de produits de la pêche est autorisée, une limitation de captures annuelle est de vigueur. Ces consignes ont pour bénéfice de limiter l'imprégnation aux PCB des consommateurs de produits d'eau douce. Par ailleurs, pour la consommation des produits d'eau de mer, il existe également des interdictions :

- interdiction de consommation de sardines de Barfleur à Dieppe ;
- interdiction de consommation d'anguilles d'Isigny au Tréport ;
- interdiction de consommation des coquillages du Havre à Antifer.

Ces consignes ont pour bénéfice de limiter l'exposition à des contaminants dont les PCB pour les consommateurs de produit de la mer. De plus, l'Anses a pu établir des fréquences de consommation maximale de poissons fortement bio-accumulateurs de PCB (anguille, barbeau, brème, carpe et silure) sans risque pour l'homme sur le long terme :

- pour les femmes en âge de procréer, enceintes ou allaitantes, ainsi que les enfants de moins de 3 ans, les fillettes et les adolescentes, la consommation de poisson fortement bio-accumulateur doit être limitée à une fois tous les deux mois ;
- pour le reste de la population la consommation de poissons fortement bio-accumulateur doit être limitée à deux fois par mois.

Concernant la contamination du milieu, l'Anses [26] constate une réduction importante des expositions aux PCB dans la population française par rapport aux précédentes évaluations de 2005 et 2007, s'appuyant sur des résultats des plans de surveillance. Les résultats des études sur le sujet révèlent que les imprégnations aux PCB dans les années 1980 étaient plus élevées dans l'environnement du fait de leur utilisation, interdite depuis. Par ailleurs, une réflexion est également engagée pour mettre en place une communication relative aux recommandations de consommation visant l'ensemble des produits de la pêche et intégrant les bénéfices nutritionnels et l'ensemble des risques physico-chimiques et microbiologiques, en particulier vis-à-vis des personnes sensibles.

Si une étude venait à renseigner l'imprégnation des personnes exposées aux PCB sur le littoral normand, elle devrait s'intéresser aux populations jeunes et âgées (30-65 ans) consommant des produits de la mer principalement. Cependant, il n'existe aucune information sur l'effectif que cela représente ni sur la réalité d'exposition.

Les différentes études utilisant des biomarqueurs proposent plusieurs méthodes avec chacune ses avantages et ses inconvénients qui peuvent se heurter à des considérations (religieuses, éthiques, sociales ou culturelles). Par ailleurs, les différentes études utilisant des biomarqueurs autres que dans le sérum, sont des matrices pour lesquelles des valeurs de référence relatives à leur contamination sont inexistantes chez l'homme, du moins en France. Une telle étude ne permettrait pas de répondre aux objectifs du PRSE 2 mais apporterait des informations visant à améliorer la connaissance scientifique.

## Références bibliographiques

- [1] Dargnat C, Fisson C. Les PolyChloroBiphényles (PCB) dans le bassin de la Seine et son estuaire. Rouen : GIP Seine-Aval ; 2010. 134p.
- [2] Abbes K, Bizzozero L, Jacqueline-Boutro K, *et al.* Les Polychlorobiphényles. Un problème nouveau pour une pollution ancienne. Rennes : EHESP ; 2010. 64 p.
- [3] Van den Berg M, Birnbaum LS, Bosveld ATC, Brunström, *et al.* Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environ Health Perspect* 1998, 106:775-92.
- [4] Chaveau L. PCB, un polluant en eaux troubles. *Science et avenir*, mai 2008. n°735.
- [5] Cravedi JP., Narbonne JF. Données récentes sur l'évaluation des dangers liés à la présence de PCB dans l'alimentation. Maisons-Alfort : Agence Française de sécurité sanitaire des aliments. 2002. 52 p.
- [6] McFaland VA., Clarke JU. A summary of the 209 PCB congener nomenclature. *Chemosphere* 2007, 68:1603-12
- [7] European Food Safety Authority (EFSA). Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to the presence of non dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCB) in feed and food. EFSA ; 2005 : 284, 1-137.
- [8] Institut de Veille Sanitaire. Dossier thématique: Polychlorobiphényles (PCB) [internet]. Saint-Maurice : InVS ; 2009. [Consulté le 23/02/2012]. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr/surveillance/pcb/default.htm>
- [9] PCB Risk Fifth Framework Programme. Evaluating human health risk from low-dose and longterm PCB exposure-Final report. Bruxelles: Commission européenne; 2004.
- [10] Dewailly E, Ayotte P, Bruneau S, Gingras S, Belles-Isles M, Roy R. Susceptibility to Infections and Immune Status in Inuits Infants Exposed to Organochlorines, *Environ Health Perspect* 2000, 108 : 205-11
- [11] Merlo M, Desvignes V, Volatier JL. Étude nationale d'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce. Maisons-Alfort : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et de travail ; 2011. 108 p.
- [12] Afssa. Avis relatif à l'établissement des teneurs maximales pertinentes en PCB qui ne sont pas de type dioxine dans divers aliments. Saisine n°2006-SA-0305 [internet]. Maisons-Alfort : Agence Française de sécurité sanitaire des aliments ; 2006. 20 p. [consulté le 12/01/2012]. Disponible à partir de l'URL : [http://www.stopauxpcb.com/\\_documents/AFSSA.pdf](http://www.stopauxpcb.com/_documents/AFSSA.pdf)
- [13] Commission européenne. Règlement (UE) no1259/2011 modifiant le règlement (CE) no1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en dioxines, en PCB de type dioxine et en PCB autres que ceux de type dioxine des denrées alimentaires. JOCE 2011. Disponible à partir de l'URL : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:320:0018:0023:FR:PDF>
- [14] EUROPA. Stratégie communautaire concernant les dioxines, les furannes et les PCB [internet]. ; 2001 [mis à jour le 12/10/2007 ; Consulté le 26/03/2012]. Disponible à partir de l'URL : [http://europa.eu/legislation\\_summaries/food\\_safety/contamination\\_environmental\\_factors/l21280\\_fr.htm#](http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/contamination_environmental_factors/l21280_fr.htm#)
- [15] Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. Plan national de décontamination et d'élimination des appareils contenant des PCB et PCT, approuvé par l'arrêté du 26 février 2003 [internet]. ADEME ; 2003. 45 p [consulté le 12/01/2012]. Disponible à partir de l'URL : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/plan-national-pcb.pdf>
- [16] Abarnou A, Duchemin J. Distribution et devenir de contaminants persistants dans les écosystèmes littoraux. Comparaison Manche Ouest-Manche Est. Rouen : Agence de l'eau Seine-Normandie ; 2008. 118 p.
- [17] GIP Seine-Aval, DREAL HN, Préfecture HN. 25 questions sur la contamination en PCB de l'estuaire de la Seine. Rouen : GIP Seine-Aval ; 2010. 31 p.
- [18] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et de travail. Demande d'interprétation des résultats d'analyse en dioxine et PCB des poissons, crustacés et mollusque pêchés en Baie de Seine. Saisine n° 2011-SA-0047 [internet]. Maisons-Alfort : Anses ; 2011. 10 p. [consulté le 06/01/2012] Disponible à partir de l'URL : [http://www.robinderbois.org/PCB/PCB\\_peche/ANSES\\_Baie\\_de\\_Seine%2013%20ai%202011.pdf](http://www.robinderbois.org/PCB/PCB_peche/ANSES_Baie_de_Seine%2013%20ai%202011.pdf)
- [19] Agence de l'Eau Seine Normandie. Étude socio-économique et spatialisée des usages de milieu aquatique [internet]. Rouen : AESN ; 2004. 93 p. [consulté le 10/12/2011] Disponible à partir de l'URL : [http://portaildoc.oieau.fr/entrepotsOAI/AESN/40/201347/201347\\_doc.pdf](http://portaildoc.oieau.fr/entrepotsOAI/AESN/40/201347/201347_doc.pdf)

- [20] Morin J, Duhamel S, De Roton S. Poissons, habitats & ressources halieutiques : cas de l'estuaire de la Seine. Rouen : GIP Seine-Aval ; 2010. 68 p.
- [21] Evrard B. La côte d'Albâtre comme terrain de jeux ? Aménagements, activités physiques et paysages vécus. [Thèse pour l'obtention du grade de docteur d'université]. Rouen : faculté des sciences du sport et de l'éducation physique ; 2010. 381p.
- [22] Cellule de suivi du littoral Normand. Projet d'expérimentations de clapage des sédiments de dragage d'entretien du port de Rouen en Baie de Seine orientale [internet]. Rouen : SOGREA/CSLN ; 2010. 97 p. [consulté le 03/02/2012] Disponible à partir de l'URL : [http://www.rouen.port.fr/publicmedia/original/338/31/fr/Piece4b\\_Autorisation\\_experimentation\\_clapage\\_GPMR\\_2010.pdf](http://www.rouen.port.fr/publicmedia/original/338/31/fr/Piece4b_Autorisation_experimentation_clapage_GPMR_2010.pdf)
- [23] Leblanc JC. et al. Étude des consommations alimentaires de produits de la mer et imprégnation aux éléments traces, polluants et oméga 3 (Calipso). Maisons-Alfort : Agence Française de sécurité sanitaire des aliments ; 2006. 125 p.
- [24] Bénétiér C, Bertin M, Calamassi-Tran G, Dufour A, Gauchard F, Lafay L, & al. Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 2 (INCA 2) (2006-2007) [internet]. Maisons-Alfort : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments ; 2009. 183 p. [consulté le 06/01/2012] Disponible à partir de l'URL : <http://www.destinationsante.com/IMG/pdf/INCA2.pdf>
- [25] Frery N, Zeghnoun A, Sarter H, Falq G, Pascal M, Berat B, De Crouy-Chanel P. Étude d'imprégnation par les dioxines des populations vivant à proximité d'usines d'incinération d'ordures ménagères [internet]. Saint- Maurice : Institut de Veille Sanitaire ; 2009 ; 143 p. [consulté le 22/05/2012] Disponible à partir de l'URL : [http://www.invs.sante.fr/publications/2009/impregnation\\_dioxines\\_uiom/impregnation\\_dioxines\\_uiom.pdf](http://www.invs.sante.fr/publications/2009/impregnation_dioxines_uiom/impregnation_dioxines_uiom.pdf)
- [26] Leblanc JC, Sirot V. Étude alimentation totale française 2 (EAT 2) - Contaminants inorganiques, minéraux, polluants organiques persistants, mycotoxines, phyto-estrogènes [internet]. Maisons- Alfort : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et de travail ; 2011. 158 p. [consulté le 09/01/2012] Disponible à partir de l'URL : <http://www.destinationsante.com/IMG/pdf/tome%20I.pdf>
- [27] Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. Avis relatif aux bénéfices/risques liés à la consommation de poissons- Saisine n° 2008-SA-0123 [internet]. Maisons-Alfort : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments ; 2010. 31 p. [consulté le 09/01/2012] Disponible à partir de l'URL : <http://www.afssa.fr/Documents/RCCP2008sa0123.pdf>
- [28] Direction départementale des territoires et de la mer. Arrêté interpréfectoral Seine-Maritime, Calvados, Manche du 8 février 2010. Interdiction de la pêche, la détention, le débarquement, le transport, la vente et la cession des sardines en vue de la consommation. Les eaux maritimes sous souveraineté ou juridiction française de Dieppe (76) à Barfleur (50). [consulté le 11/05/2012] Disponible à partir de l'URL : [http://www.robindesbois.org/PCB/PCB\\_peche/AP\\_sardines1\\_2010.pdf](http://www.robindesbois.org/PCB/PCB_peche/AP_sardines1_2010.pdf)
- [29] Direction départementale des territoires et de la mer. Arrêté préfectoral du 18 février 2011 fixant les périodes d'ouverture de la pêche en eau douce dans le département de la Seine-Maritime pour l'année 2011 [consulté le 11/05/2012]. Disponible à partir de l'URL : [http://www.seinemaritime.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Arrete\\_signe\\_ouverture\\_peche\\_annee\\_2011\\_pour\\_le\\_76\\_cle7bc958.pdf](http://www.seinemaritime.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Arrete_signe_ouverture_peche_annee_2011_pour_le_76_cle7bc958.pdf)
- [30] Direction départementale des territoires et de la mer. Arrêté préfectoral du 18 février 2011 permanent portant sur la réglementation de la pêche en eau douce dans le département de la Seine-Maritime [consulté le 11/05/2012]. Disponible à partir de l'URL : [http://www.latruitecauchoise.fr/modifarrete\\_2012.pdf](http://www.latruitecauchoise.fr/modifarrete_2012.pdf)
- [31] Direction départementale des territoires et de la mer. Arrêté 63/2011 du 29 juillet 2011 interdisant la pêche aux tourteaux et étrilles dans certaines eaux maritimes littorales en vue de la consommation et de la commercialisation [consulté le 11/05/2012]. Disponible à partir de l'URL : [http://www.calvados.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Arrete\\_no63-2011\\_Interdiction\\_peche\\_tourteaux\\_etrilles\\_PCB.pdf](http://www.calvados.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Arrete_no63-2011_Interdiction_peche_tourteaux_etrilles_PCB.pdf)
- [32] Esteban M, Castaño A. Non-invasive matrices in human biomonitoring: A review. Environment International 35. 2009 ; 438-49
- [33] Angerer J, Ewers U, Wilhelm M. Human biomonitoring: state of the art. Int J Hyg Environ Health 2007 ;210:201-28.
- [34] LaKind JS, Wilkins AA, Berlin CM. Environmental chemicals in human milk: a review of levels, infant exposures and health, and guidance for future research. Toxicol Appl Pharmacol 2004 ;198:184-08.
- [35] Ettinger AS, Tellez-Rojo MM, Amarasiriwardena C, Peterson KE, Schwartz J, Aro A. Influence of maternal bone lead burden and calcium intake on levels of lead in breast milk over the course of lactation. Am J Epidemiol 2006 ;163:48-56.
- [36] World Health Organization. Fourth WHO-coordinated survey of human milk for persistent organic pollutants in cooperation with UNEP. Guidelines for Developing a National Protocol [internet].

- Geneva: Food Safety, Foodborne Diseases and Zoonoses Department ; 2007, 12 p. [consulté le 03/04/2012]. Disponible à partir de l'URL : <http://www.who.int/foodsafety/chem/POPprotocol.pdf>
- [37] Vandentorren S, Oleko A. Enseignements de la collecte biologique en maternité de l'étude pilote Elfe [internet]. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire, département santé environnement ; 2007. 41 p. [consulté le 03/04/2012]. Disponible à partir de l'URL : [http://opac.invs.sante.fr/doc\\_num.php?exl\\_num\\_id=21](http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?exl_num_id=21)
- [38] Zhao G, Xu Y, LiW, Han G, Ling B. Prenatal exposures to persistent organic pollutants as measured in cord blood and meconium from three localities of Zhejiang, China. *Sci Total Environ* 2007 ;377:179–91
- [39] Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. Note relative a l'établissement d'une éventuelle corrélation entre les teneurs en dioxines (et PCB de type dioxine) des viandes et les valeurs susceptibles d'être établies du vivant de l'animal par biopsie de graisse sous-cutanée. Saisine n°2006-SA-0251 [internet]. Maisons-Alfort : AFSSA ; 2006. 3 p. [consulté le 10/04/2012] Disponible à partir de l'URL : <http://www.anses.fr/Documents/RCCP2006sa0251no.pdf>

## Faisabilité de réaliser une étude d'imprégnation aux PCB dans la population du littoral haut-normand

Cire Normandie

Dans le cadre du PRSE 2, l'Agence régionale de santé de Haute-Normandie a souhaité impliquer la Cire Normandie afin d'étudier la faisabilité de la mesure de l'imprégnation aux polychlorobiphényles (PCB) de la population du littoral haut-normand. La Cire a parcouru la littérature disponible sur le sujet et consulté des référents de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), l'Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN), le Groupement d'intérêt public (GIP) Seine-Aval et l'Institut de veille sanitaire, Département santé environnement (InVS-DSE).

Actuellement, du fait de la contamination des poissons par les PCB, la pêche est réglementée sur un certain nombre de cours d'eau de la région. Ainsi, il apparaît que la situation environnementale liée à la contamination des poissons par les PCB est surveillée et réglementée pour éviter l'exposition de la population locale.

Si une étude venait à renseigner l'imprégnation des personnes exposées aux PCB sur le littoral normand, elle devrait s'intéresser aux populations consommant des produits de la mer principalement. Cependant, il apparaît qu'il n'existe aucune information sur l'effectif que cela représenterait, ni sur la réalité d'exposition et il est établi que les pêcheurs de Seine-Maritime pêchent et consomment le poisson malgré leur connaissance des interdictions.

Par ailleurs, s'agissant des bénéfices individuels et collectifs qu'apporterait une étude sur l'imprégnation de la population aux PCB, il apparaît qu'aucune prise en charge n'existe et les résultats scientifiques sur les effets sanitaires des PCB sur l'homme restent incomplets. D'un point de vue collectif, le bénéfice serait lié à l'amélioration globale du niveau d'exposition et de l'état de santé de la population concernée. L'étude apporterait des fréquences de consommation maximale de poissons fortement bio-accumulateurs de PCB sans risque pour l'homme sur le long terme. Cependant, ces recommandations existent déjà.

L'ensemble des éléments collectés par la Cire montrent qu'au vu des connaissances disponibles et s'agissant de construire des recommandations pour les bénéfices individuels et collectifs de la population dans le contexte local du littoral haut-normand, il apparaît improductif de mettre en place une étude d'imprégnation. En effet, cette étude aboutirait à proposer des recommandations et des servitudes déjà mises en place, sans bénéfices supplémentaires pour la santé publique.

**Mots clés :** PCB, imprégnation, littoral haut-normand, biomarqueurs

### Feasibility study to measure the PCB impregnation on the Normandy coast

*In the context of PRSE 2, the Regional Health Agency of Upper Normandy wanted to involve the Cire for feasibility study of measuring the impregnation polychlorinated biphenyls (PCB) of the population of Upper Normandy coast. The Cire has traveled the available literature on the subject and consulted various referents (Anses, AESN, GIP Seine-Aval and l'InVS-DSE).*

*Currently, because of fish PCB's contamination, fishing is regulated in a number of watercourses in the region. Thus, the fishery is monitored and regulated to avoid exposure of the local population.*

*If a study were to inform the impregnation of people exposed to PCBs on the coast, it should focus on populations consuming seafood mainly. However, no information on the number it represents, or the reality of exposure exists. In addition, there is evidence that fishermen fishing and eating it despite their knowledge of prohibitions.*

*Moreover, with regard to benefices that would study the PCB's population impregnation, it appears that no care exists and scientific findings on the health PCB's effects on humans remain incomplete. Collectively, the study would provide maximum frequency of consumption of fish highly bio-accumulators of PCBs without risk to humans in the long term. However, these recommendations already exist.*

*All items collected show that, given the available knowledge and acting to build recommendations for local's population benefits, it is unproductive to set up a study of impregnation. This study leads to propose recommendations already in place without additional benefits for public health.*

Citation suggérée :

Martel M, Mathieu A. Faisabilité de réaliser une étude d'imprégnation aux PCB dans la population du littoral haut-normand. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2013. 29 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>

**INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE**

12 rue du Val d'Osne

94415 Saint-Maurice Cedex France

Tél. : 33 (0)1 41 79 67 00

Fax : 33 (0)1 41 79 67 67

[www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)

ISSN: 1958-9719

ISBN-NET: 978-2-11-131108-4

Réalisé par Service communication - InVS

Dépôt légal : mars 2013