

Imprégnation des cours d'eau haut-normands par les PCB



*Exploitation des résultats du plan local
PCB Haute-Normandie 2008-2011*

C. Fisson

GIP Seine-Aval, octobre 2012



Sommaire

Contexte	3
Imprégnation des eaux superficielles.....	5
Imprégnation à l'échelle régionale.....	5
Imprégnation des eaux souterraines.....	6
Imprégnation à l'échelle régionale.....	6
Imprégnation des sédiments.....	7
Imprégnation à l'échelle régionale.....	7
Imprégnation du biote (poissons et mollusques)	9
Campagnes d'échantillonnage	9
Imprégnation à l'échelle régionale.....	11
Teneurs en PCB _i	11
Empreinte des congénères de PCB _i	14
Teneurs en PCDD/F + PCB-DL	15
Analyse multimatrice	16
Risque sanitaire.....	18
Réglementation	18
Respect de la Teneur Maximale Admissible	18
Corrélation PCDD/F + PCB-DL et PCB _i	24
Conclusion	25
Liste des abréviations.....	26
Bibliographie.....	27
Annexe A – Teneurs Maximales Admissibles pour les PCB	28
Annexe B – Expression de la toxicité : les TEF et les TEQ	29

Contexte

Les **polychlorobiphényles (PCB)** sont des composés aromatiques organochlorés dérivés du biphényle. Ces molécules ont été synthétisées industriellement sous forme de mélanges techniques. De formule chimique $C_{12}H_{(10-n)}Cl_n$ (avec $1 \leq n \leq 10$), ils forment une famille de **209 composés** (dénommés usuellement congénères) se différenciant par le nombre (de 1 à 10) et la position des atomes de chlore sur la molécule de biphényle. Sont à différencier :

- Les **PCB de type dioxine (PCB-DL)** qui regroupent 12 congénères de PCB (congénères 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189). Leur configuration plane induit des mécanismes de toxicité semblables à ceux des dioxines et des furanes. De ce fait, l'évaluation de l'exposition humaine et du risque sanitaire est réalisée conjointement pour les PCB de type dioxine et les **polychlorodibenzodioxines et polychlorodibenzofuranes (PCDD/F)**.
- Les **PCB non apparentés aux dioxines (PCB-NDL)** qui regroupent le reste des congénères de PCB. De configuration non coplanaire, ils présentent d'autres mécanismes de toxicité.

Les **PCB indicateurs (PCBi)** regroupent 7 congénères (6 PCB-NDL : congénères 28, 52, 101, 138, 153, 180 + 1 PCB-DL : congénère 118). Ils sont à rechercher en priorité dans les analyses de matrices organiques (sédiments, sang, chair, graisse) du fait de leur persistance et de leur abondance relative dans l'environnement ainsi que de leurs propriétés toxicologiques.

Les mélanges techniques de PCB ont été massivement **utilisés des années 1930 aux années 1970**. Du fait de leurs caractéristiques physico-chimiques particulières (inflammabilité, stabilité thermique et chimique, faible tension de vapeur, constante diélectrique élevée), les PCB ont été employés pour de **nombreuses applications** (fluides diélectriques, fluides caloporteurs, fluides hydrauliques, additifs lubrifiants, additifs ignifugeants, agents plastifiants et adhésifs, agents dispersants, etc).

En réponse à plusieurs restrictions dont celles de l'OCDE en 1973, les fabricants ont progressivement cessé la production de PCB : Kanegafuchi (Japon) en 1972, Monsanto (Etats-Unis) en 1977, Bayer (Allemagne) et Caffaro (Italie) en 1983. En France, Prodelec a restreint l'usage des PCB aux condensateurs destinés à l'exportation en 1985. En France, un décret de 1987 interdit la vente, l'acquisition ou la mise sur le marché d'appareils contenant des PCB. **Les PCB ne sont aujourd'hui plus produits.**

Deux caractéristiques majeures des PCB expliquent qu'ils soient retrouvés dans l'environnement : leur stabilité chimique et leur très faible dégradabilité engendrent **une forte persistance dans l'environnement** ; leur caractère lipophile (affinité pour les graisses et faible solubilité dans l'eau) induit une tendance à la **bioaccumulation dans les organismes et le long de la chaîne alimentaire.**

Des expositions à des doses élevées de PCB (rejets accidentels, activités professionnelles) peuvent provoquer des effets cutanés (chloracné, pigmentation des ongles et de la peau) ou oculaires (hypersécrétion), liés à la **toxicité aiguë** des PCB. La **toxicité chronique** des PCB est préoccupante et liée à leur

capacité d'accumulation dans l'organisme au cours du temps. Les PCB sont classés comme **perturbateurs endocriniens** (classe 1), **cancérogènes probables** (classe 2A) et des effets sur la fonction respiratoire (infections, bronchites chroniques), gastro-intestinaux (diminution de l'appétit, vomissements, diarrhées, anorexie), hépatiques, endocriniens (action sur la thyroïde), immunologiques (infection respiratoires, non-prise des vaccins : cas des enfants Inuits au Québec) et neurotoxique (développement du système nerveux au stade fœtal et chez les jeunes enfants) ont été rapportés dans la littérature.

La présente étude s'inscrit dans la **déclinaison locale du plan national PCB** et plus particulièrement dans son axe III (Renforcer la surveillance des milieux aquatiques et des produits de la pêche mis sur le marché et adopter les mesures de gestion des risques appropriées) [MEDAD, MAP, MSJS, 2008]. Elle constitue **un bilan de l'imprégnation en PCB des cours d'eau de Haute-Normandie** et complète les synthèses antérieures [Fisson, 2011 ; Dargnat & Fisson, 2010 ; Préfecture HN, DREAL-HN, GIP Seine-Aval, 2010] en intégrant les données les plus récentes des réseaux de surveillance, du plan national PCB et du plan local PCB (tableau I).

Tableau I : Données traitées dans le cadre de la présente étude.

Campagne	Matrice suivie	Localisation des sites	Producteur des données	Éléments recherchés
2008 - 2010	Eaux superficielles	Cours d'eau haut-normands	AESN (RCS)	PCBi
2006 - 2009	Eaux souterraines	Nappes d'eau haut-normandes	AESN (ADES)	PCBi
2008 - 2010	Sédiment	Cours d'eau haut-normands	AESN (RCS)	PCBi
2009	Sédiment (carotte)	Seine	DREAL (plan local PCB)	PCBi ; PCDD/F + PCB-DL
2008, 2009	Sédiment	Seine + affluents Seine + cours d'eau côtiers	AESN, ONEMA (Plan national PCB)	PCBi
2008, 2009, 2010	Biote (poissons)	Seine + affluents Seine + cours d'eau côtiers	ONEMA (Plan national PCB)	PCBi ; PCDD/F + PCB-DL
2008, 2009, 2010, 2011	Biote (poissons, mollusques)	Seine + affluents Seine + cours d'eau côtiers + bassins et canaux portuaires	DREAL, AESN, ARS (Plan local PCB)	PCBi ; PCDD/F + PCB-DL

Les TEF utilisables pour le calcul des TEQ (PCDD/F et PCB-DL), ainsi les teneurs maximales admissibles en PCDD/F, PCB-DL et 6PCBi-NDL ont fait l'objet d'une révision applicable au 1^{er} janvier 2012 [CE, 2011 ; Annexes A et B]. Les calculs des TEQ et l'analyse du respect des TMA ont été réalisés sur la base de cette réglementation, ce qui peut engendrer des différences avec les travaux antérieurs.

Imprégnation des eaux superficielles

Imprégnation à l'échelle régionale

Sur la période 2008-2010, le suivi de la contamination par les PCB des eaux superficielles (eaux brutes) des cours d'eau haut-normands a fait l'objet de 1779 prélèvements sur 76 sites représentant 42 cours d'eau.

La majorité des analyses (96% pour les congénères pris individuellement ; 90% pour la somme des 7PCBi) est inférieure à la limite de détection fixée à 1ng/l pour chaque congénère. En prenant la contamination moyenne exprimée par la somme des 7PCBi sur cette même période, 82% des sites présentent une contamination inférieure à 1ng/l (figure 1).

L'estuaire moyen de la Seine présente des concentrations en PCBi de quelques dizaines de ng/l (à Berville-sur-mer : concentration moyenne de 14ng/l ± 17 (n=10) et maximum de 54,5ng/l mesuré en janvier 2009). Ces valeurs sont expliquées par la forte concentration en matière en suspension (MES) dans le **bouchon vaseux** (de plusieurs centaines de mg/l à quelques g/l, contre quelques mg/l à quelques dizaines de mg/l généralement retrouvés dans les cours d'eau). Les mesures étant réalisées dans l'eau brute (non filtrée) et les PCB ayant tendance à s'adsorber sur les MES, les mesures témoignent ainsi plus de la présence de MES contaminés par les PCB (remise en suspension de sédiments) que d'une source locale en PCB. Le même phénomène est observé jusqu'à Vieux-Port, mais dans une moindre mesure.

L'estuaire amont de la Seine (de Poses à Vieux-Port) présente une imprégnation moyenne par les PCB, témoin de leur rémanence dans l'estuaire : concentration moyenne en 7PCBi de 0,68ng/l ± 1,96 (n=372) et maximum de 16,90ng/l mesuré en avril 2009 à Caudebec-en-Caux.

Parmi les affluents de la Seine et les cours d'eau côtiers, **l'aval du**

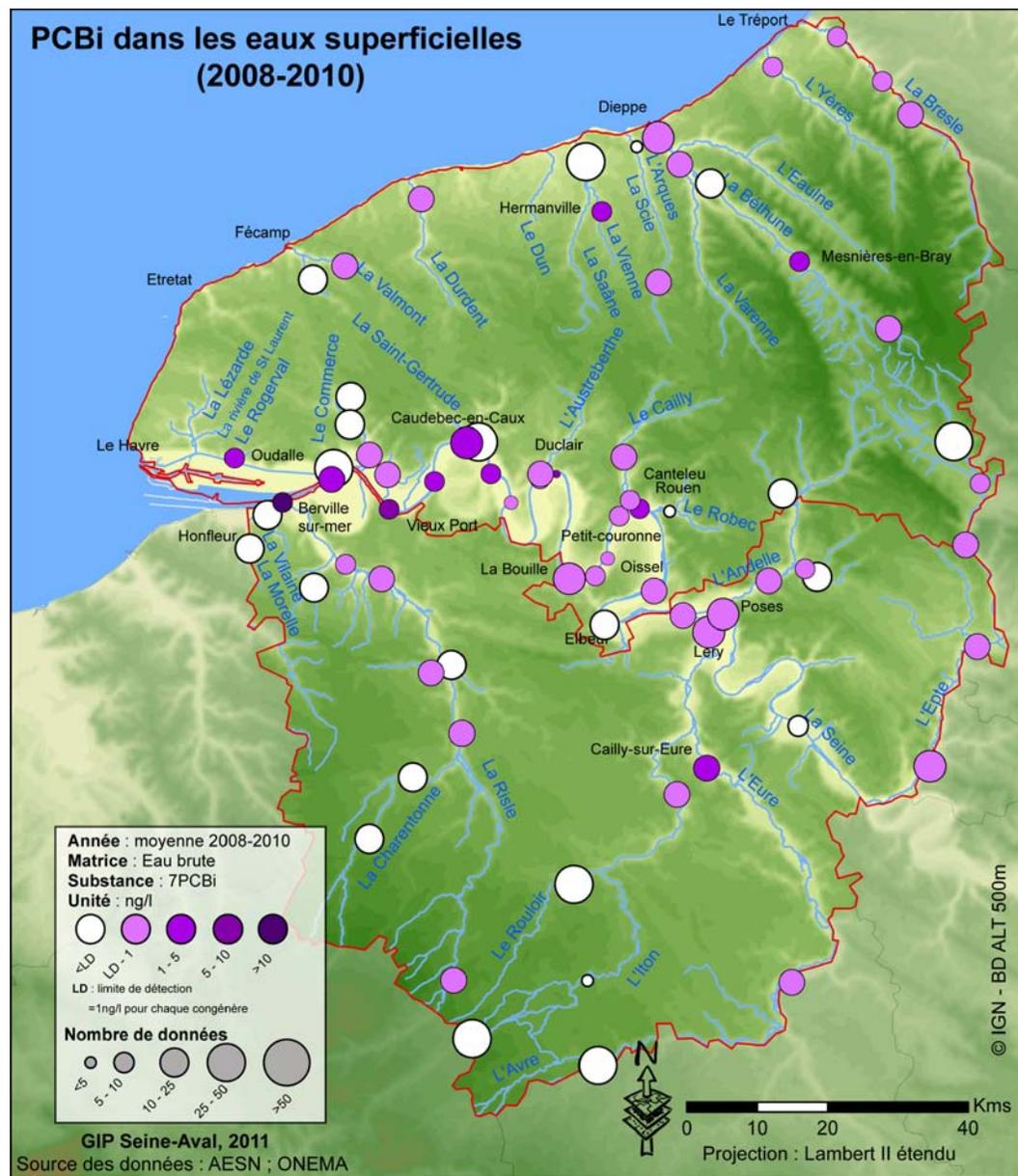


Figure 1 : Concentration moyenne en PCBi dans les eaux de surface.

Rogerval (à Oudalle), **la Vienne** (à Hermanville), **l'Eure** (à Cailly-sur-Eure et à Lery), **la Béthune** (à Mesnière-en-Bray), **la Sainte-Geترude** (à Caudebec-en-Caux) ont présenté une forte concentration en PCBi (>20ng/l) lors d'un prélèvement sur la période 2008-2010, mais les concentrations moyennes sur la période restent faibles (respectivement $2,8\text{ng/l} \pm 9,3$; $3,7\text{ng/l} \pm 8,6$; $1,4\text{ng/l} \pm 5,1$; $1,6\text{ng/l} \pm 5,5$; $1,7\text{ng/l} \pm 5,5$). Ceci témoigne, qu'au-delà de la présence d'un bruit de fond, des contaminations plus éparées peuvent se produire (source locale, remise en suspension, etc.).

Imprégnation des eaux souterraines

Imprégnation à l'échelle régionale

La figure 2 présente les concentrations moyennes en PCBi dans les eaux souterraines suivies en Haute-Normandie pour la période 2006-2009. Sont ainsi regroupés 860 prélèvements sur 170 sites. Une seule analyse a permis la détection de PCB (à Maromme en septembre 2007, où le CB52 a été mesuré à 3ng/l). Toutes les autres analyses sont inférieures à la limite de détection (10ng/l ou moins pour 91% des analyses).

Une recherche complémentaire des PCB-NDL et des PCB-DL a également été réalisée dans les eaux souterraines de 10 nappes karstiques de Haute-Normandie, susceptibles d'être influencées par des zones industrielles ou des décharges. Pour les PCB-NDL, toutes les mesures sont inférieures à la limite de quantification (1 ng/L) et confirment les résultats précédents. Pour les PCB-DL, les concentrations sont comprises entre 0,01 et 0,4 pg TEQ_{OMS(98)}/l et des investigations complémentaires pourraient être réalisées sur les sites les plus touchés (DRASS-DDASS-AESN, 2006-2008).

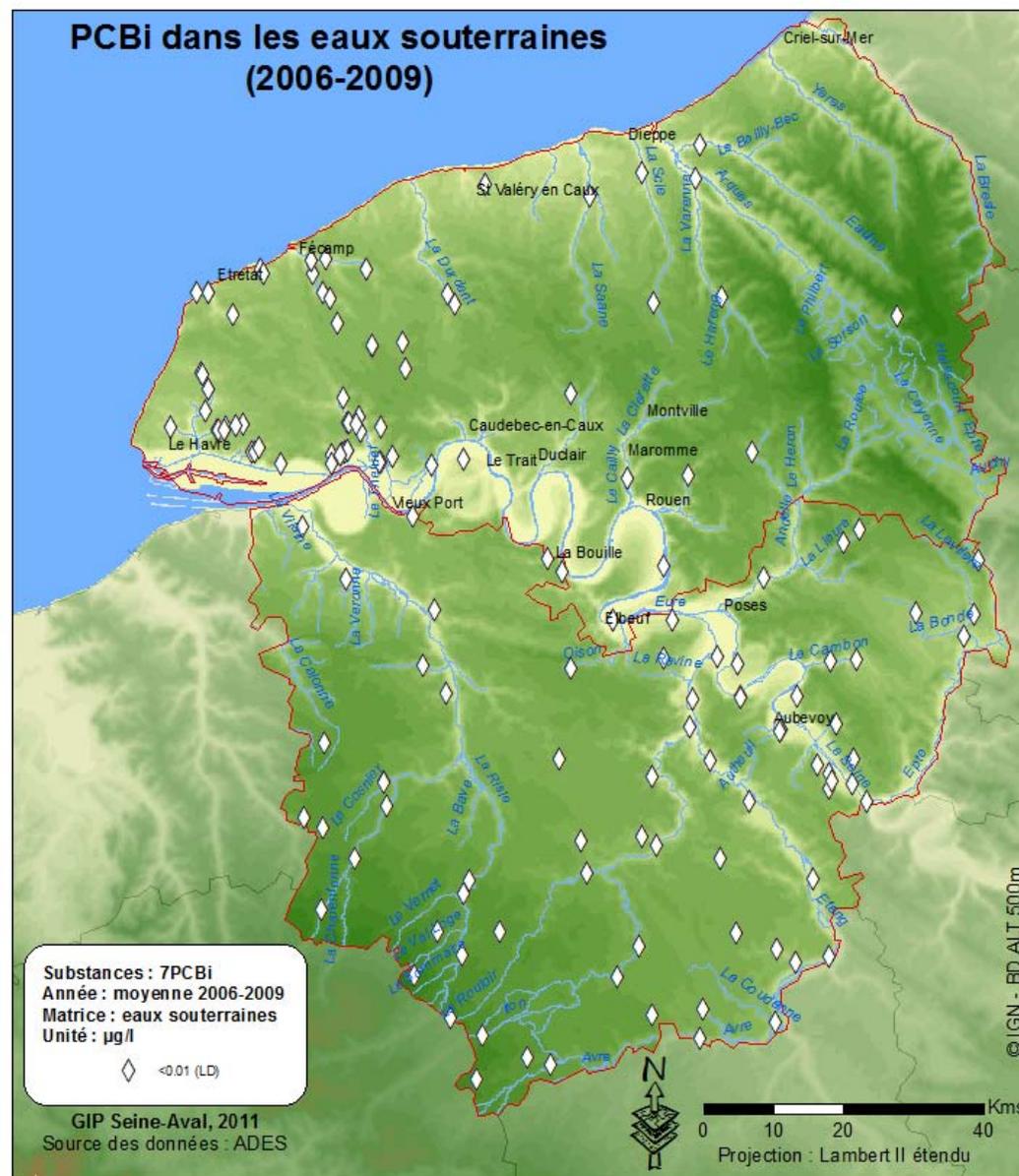


Figure 2 : Concentration moyenne en PCBi dans les eaux souterraines.

Imprégnation des sédiments

Imprégnation à l'échelle régionale

La figure 3 présente les teneurs moyennes en PCB_i dans les sédiments fins de surface des principaux cours d'eau haut-normands pour la période 2008-2010. Sont ainsi regroupés 213 prélèvements sur 77 sites (43 cours d'eau). Les trois quarts des sites ont fait l'objet d'une analyse par an, soit trois analyses sur la période considérée ; 9% et 16% des sites ont été analysés respectivement 2 et 1 fois.

La Seine (à Poses, Oissel, Rouen, Petit-Couronne et la Bouille), **l'Austreberthe** (à Duclair) et **le Cailly** (à Canteleu) présentent les teneurs moyennes les plus élevées (>50µg/kg PS). Pour la Seine, une décroissance globale de la teneur en PCB_i est observée de l'amont vers l'aval de l'estuaire.

Des teneurs en PCB_i supérieures à 100µg/kg PS ont été mesurées sur **l'Austreberthe** (à Duclair) et sur **le Cailly** (à Canteleu) en 2008, sur **la Seine** (à Oissel) en 2009 et sur **la Seine** (à Poses et Oissel) et **l'Austreberthe** (à Duclair) en 2010. Les teneurs ponctuellement élevées peuvent s'expliquer par la contamination du sédiment (source locale ou dépôt de sédiments contaminés) ou par la mise à nu (lors d'une tempête, d'une crue, de travaux, etc.) de sédiments plus anciens et plus.

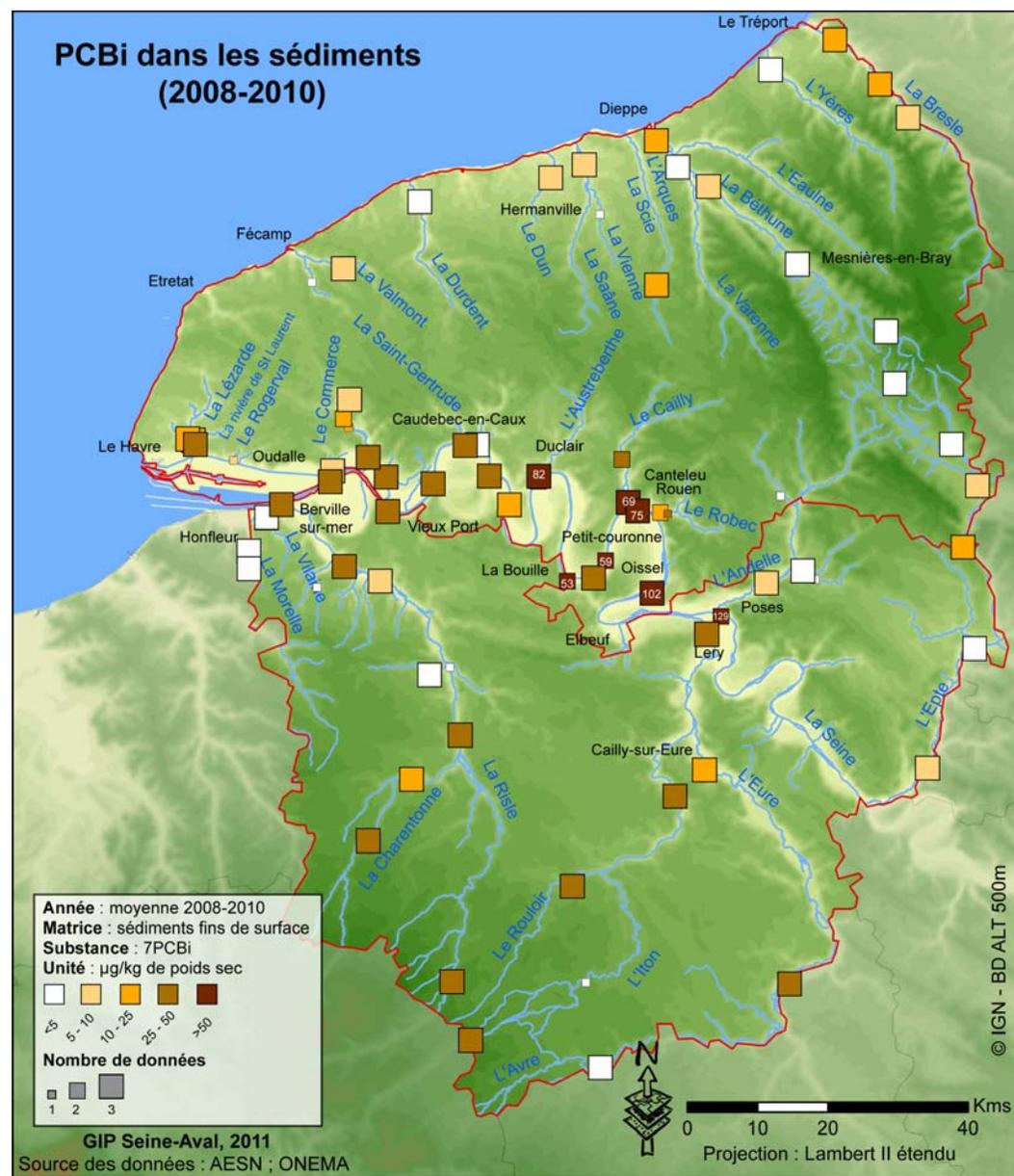


Figure 3 : Teneur moyenne en PCB_i dans les sédiments fins de surface.

Carottes dans l'estuaire de la Seine

Une campagne complémentaire a été réalisée en 2009 sur des sites de l'estuaire amont de la Seine (Poses – La Bouille). Les zones présumées de forte contamination (dépôt de sédiments fins en bordure du cours d'eau) ont été ciblées. Un prélèvement en surface et un prélèvement en profondeur (15cm) ont été réalisés pour chacun des six sites [CSLN, 2009].

Les sédiments prélevés dans les vasières d'Oissel, de Martot et le bras mort d'Orival, présentent les teneurs les plus élevées en PCB_i et en PCDD/F+PCB-DL ; les sédiments prélevés à la confluence de la Seine et de l'Andelle présentent les teneurs les plus faibles (tableau II).

Mis à part dans le bras mort d'Orival, les sédiments de surface présentent des niveaux de contamination moindres que ceux prélevés en profondeur, d'un facteur 2 en moyenne. Les sédiments de surface étant plus récents que les sédiments en profondeur, ceci montre une diminution des apports récents en PCB. Les ordres de grandeur sont cohérents avec les mesures récentes obtenues dans le cadre du réseau de suivi de la qualité des eaux de la Seine (figure 3).

Tableau II : Teneurs en PCB_i et PCDD/F+PCB-DL dans des sédiments prélevés en Seine et enrichissement entre les sédiments de surface et en profondeur (15cm).

Site de prélèvement en Seine		(µg/kg PS)		(pg TEQOMS-2006/g PS)	
Confluence de l'Andelle	surface	5	x2	0,5	x0,6
	profondeur	10		0,3	
Vasière de Martot	surface	59	x2,6	10	x2
	profondeur	150		20	
Bras mort d'Orival	surface	94	x0,7	9	x0,8
	profondeur	68		7	
Vasière de Oissel	surface	107	x3,6	11	x2,9
	profondeur	386		31	
Bras mort intertidal en aval de Oissel	surface	37	x1,7	4	x1,9
	profondeur	65		7	
Vasière de la Bouille	surface	43	x1,4	7	x1
	profondeur	61		7	
Moyenne	surface	58	x2,1	7	x1,8
	profondeur	123		12	

Imprégnation du biote (poissons et mollusques)

Campagnes d'échantillonnage

Les campagnes d'échantillonnage de poissons et de mollusques dans les cours d'eau haut-normands (Seine, affluents de la Seine, cours d'eau côtiers) et les bassins et canaux portuaires ont été réalisées en 2008, 2009, 2010 et 2011 dans le cadre du plan national et du plan local PCB. L'effort d'analyse représente 549 lots, 22 taxons de poissons et 2 de mollusques (tableau III ; figure 4).

Les espèces de poisson peuvent être réparties selon leur **guilde écologique** (tableau III) :

- **Espèces d'eau douce** : ablette, brème commune et bordelière, carpe commune, chevaine, gardon, ide mélanote, ombre commun, perche, rotengle, sandre ;
- **Espèces anadromes** (vivent en milieu marin et se reproduisent en eau douce) : éperlan, truite de mer, saumon ;
- **Espèces catadromes** (vivent en eau douce se reproduisent en milieu marin) : anguille, flet, truite fario ;
- **Espèces marines** : bar, mullet, sole.

Les poissons peuvent également être regroupés selon leur **comportement vis-à-vis des PCB** (tableau III) :

- **Espèces fortement bioaccumulatrices** (tissus généralement plus riches en lipides) : anguille, barbeau, blageon, brème, carpe, silure, vairon ;
- **Espèces faiblement bioaccumulatrices** : ablette, brochet, carassin, chevaine, flet, gardon, goujon, hotu, perche, rotengle, sandre, tanche ;
- **Non définie** : alose, bar, éperlan, ide mélanote, lamproie, ombre commun, mullet, saumon, sole, truite de mer, vandoise ;
- **Cas particulier des truites de rivière** : cette espèce présente, en fonction des bassins hydrographiques, une grande variabilité dans ses niveaux de contamination et semble difficilement classable au sens où elle ressort aussi bien comme espèce faiblement bioaccumulatrice qu'espèce fortement bioaccumulatrice. Dans le cas de situations de faible contamination, l'interprétation est rendue délicate compte tenu des possibles pratiques de ré-empoissonnements dont fait régulièrement l'objet cette espèce et seules des cinétiques de contamination des truites fonction de la contamination du milieu permettraient une interprétation pertinente (à faire en conditions contrôlées). Cependant, cette espèce étant consommée, elle fait l'objet d'un suivi de contamination.

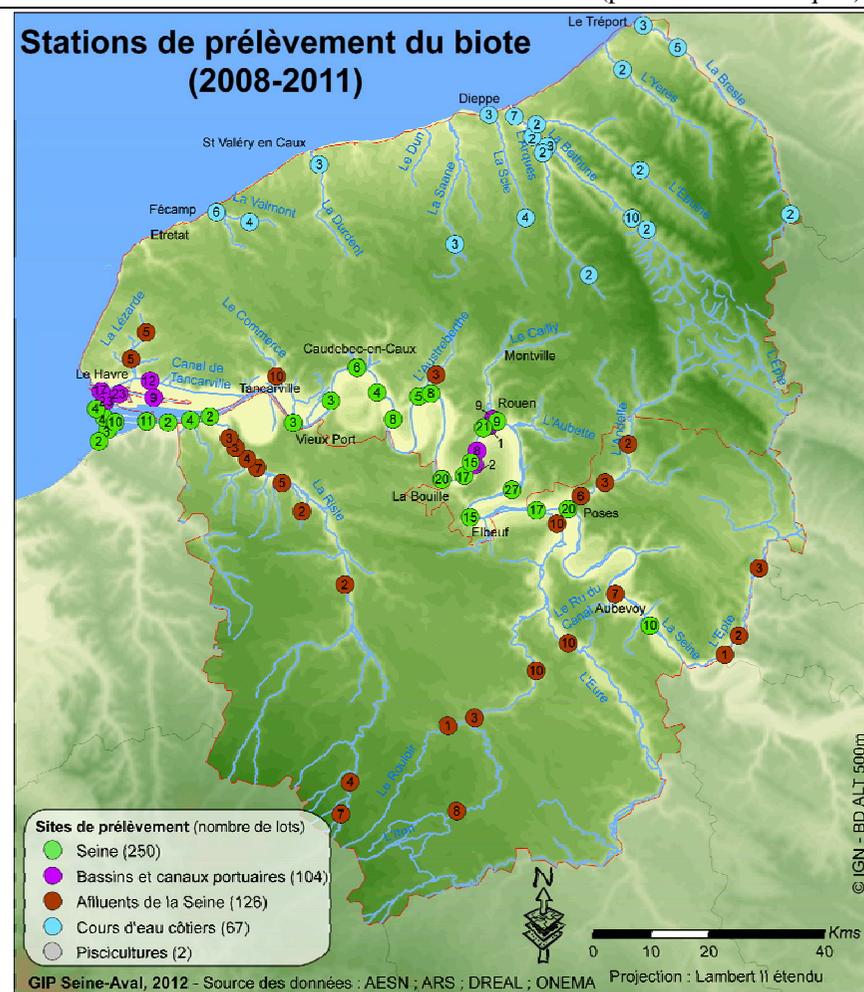


Figure 4 : Sites de prélèvement de biote et nombre de lots échantillonnés.

Tableau III : Nombre de lots et caractéristiques des poissons et des mollusques analysés –PCBi (PCDD/F + PCB-DL).

Espèce			Seine		Bassins et canaux		Affluent Seine				Côtier				Pisciculture
	Guilde écologique*	Bioaccumulation†	2008	2009	2009	2010	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011	2011
Anguille - <i>Anguilla anguilla</i>	CAT	forte	39	34	20 (21)	17	15	5	25	19 (12)	5	5	10	25 (19)	
Brème (commune / bordelière) - <i>Abramis brama</i> / <i>Blikka bjoerkna</i>	FWA	forte	19	21	4				8 (6)						
Carpe commune - <i>Cyprinus carpio</i>	FWR	forte							1						
Ablette - <i>Alburnus alburnus</i>	FWA	faible					1								
Chevaine - <i>Squalius cephalus</i>	FWA	faible					3	4	14 (10)	2 (1)		5	1	3	
Flet - <i>Platichthys flesus</i>	CAT	faible					3				1				
Gardon - <i>Rutilus rutilus</i>	FWA	faible	25	26	4	1			8 (7)				4	1	
Perche - <i>Perca fluviatilis</i>	FWA	faible	5	12	2	1	4	1	5						
Rotengle - <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	FWA	faible		5											
Sandre - <i>Sander lucioperca</i>	FWA	faible	9	15	3										
Bar - <i>Dicentrarchus labrax</i>	MJA	non définie	3	3	12	10									
Eperlan - <i>Osmerus eperlanus</i>	ANA	non définie	4	5											
Ide melanote - <i>Leuciscus idus</i>	FWA	non définie		5											
Mulet (porc / doré) - <i>Liza ramada / aurata</i>	CAT / MAA	non définie		1											
Ombre commun - <i>Thymallus thymallus</i>	FWR	non définie							1						
Saumon - <i>Salmo salar</i>	ANA	non définie	2												
Sole (juvénile - adulte) - <i>Solea solea</i>	MJA - MAA	non définie	3	3	12	14									
Truite de mer - <i>Salmo trutta trutta</i>	ANA	non définie							2					1	
Truite fario - <i>Salmo trutta fario</i>	CAT	non définie					1		1	3	1		2	6	
Truite arc en ciel (repeuplement) - <i>Oncorhynchus mykiss</i>															1
Truite fario (repeuplement) - <i>Salmo trutta fario</i>															1
Total poissons			109	129	57 (58)	43	27	10	65 (58)	24 (16)	7	10	17	36 (30)	2
Corbicule - <i>Corbicula fluminea</i>				6											
Moule - <i>Mytilus edulis</i>			3	3	4										
Total mollusques			3	9	4										

*Guildes écologiques, adaptées de la définition proposée par le groupe de travail national sur les poissons d'estuaires réuni par le CEMAGREF dans le cadre d'un programme LITEAU

ANA : « Anadromous », espèces amphihalines dulçaquicoles, se reproduisant en rivière et colonisant la mer pour des périodes allant de plusieurs saisons à plusieurs années

CAT : "Catadromous", espèces amphihalines marines, se reproduisant en mer et colonisant les cours d'eau pour des périodes allant de plusieurs saisons à plusieurs années

ESR : « Estuarine Residents », espèces bouclant tout leur cycle biologique en estuaire

FWA : « Freshwater Adventious », espèces se reproduisant en eau douce, faisant des incursions plus ou moins longues et à tous stades dans la partie saumâtre des estuaires

FWR : « Freshwater Residents », espèces sténohalines se reproduisant en eau douce, faisant des incursions rares en eaux saumâtre en amont des estuaires

MAR : « Marine Residents », espèces strictement marines faisant des incursions exceptionnelles dans les estuaires

MAA : « Marine Adventious », espèces se reproduisant en mer, relativement eurythermes, apparaissant régulièrement et à toute saison dans les estuaires

MJA : « Marine Juvenile Adventious », espèces se reproduisant en mer, colonisant activement l'estuaire à des fins trophiques, principalement ou exclusivement au stade juvénile et préférentiellement au printemps et l'été

†Classement des espèces selon leur caractère bioaccumulateur vis-à-vis des PCB, au regard de leur contamination, sans préjugés de considération écologique (ANSES, saisines n°2009-SA-0118 et 2011-SA-0076)

Imprégnation à l'échelle régionale

Teneurs en PCBi

La figure 5 présente les teneurs moyennes en 7PCBi dans les poissons (muscle) et les mollusques (chair) prélevés dans la Seine, ses affluents, les cours d'eau côtiers et des bassins et canaux portuaires en Haute-Normandie pour la période 2008-2011. Sont ainsi regroupés 550 prélèvements sur 21 cours d'eau, 9 bassins ou canaux portuaires et 2 piscicultures. Les teneurs moyennes et les valeurs individuelles sont représentées par espèce et catégorie de taille. Cette compilation de données acquises dans un objectif de surveillance et de connaissance apporte une image de l'imprégnation des cours d'eau de Haute-Normandie, mais ne rend pas compte d'un certain nombre de facteurs jouant sur le niveau de contamination des poissons (taux de matière grasse, activité sexuelle, comportement alimentaire,...).

L'**anguille**, poisson gras et très sensible aux contaminations du sédiment dans lequel elle s'enfouit, est bien connue pour accumuler de nombreuses substances chimiques. Cette espèce présente les teneurs les plus élevées en PCBi (de quelques centaines à plusieurs milliers de $\mu\text{g}/\text{kg}$ PF), quelle que soit la taille des individus pêchés (petits, moyens, gros). La **brème**, également connue pour sa capacité à bioaccumuler les PCB, présente des teneurs en PCBi de quelques centaines à quelques milliers de $\mu\text{g}/\text{kg}$ PF, les lots constitués de petits individus étant les moins contaminés (les petits individus sont plus jeunes et ont donc été exposés moins longtemps à la contamination, d'où les teneurs plus faibles retrouvées dans le muscle). Les lots constitués de grands individus présentant les teneurs en PCBi les plus faibles ($<100 \mu\text{g}/\text{kg}$ PF) proviennent de sites moins impactés (Risle, Iton et Andelle).

Un lot de **truite de mer** prélevé dans la Risle maritime présente une teneur élevée en PCBi ($>2000 \mu\text{g}/\text{kg}$ PF). Concernant les **truites de rivière** (truite fario), la pratique de ré-empoissonnement peut expliquer la forte variabilité des teneurs observées. Cette espèce ne peut donc pas être considérée comme

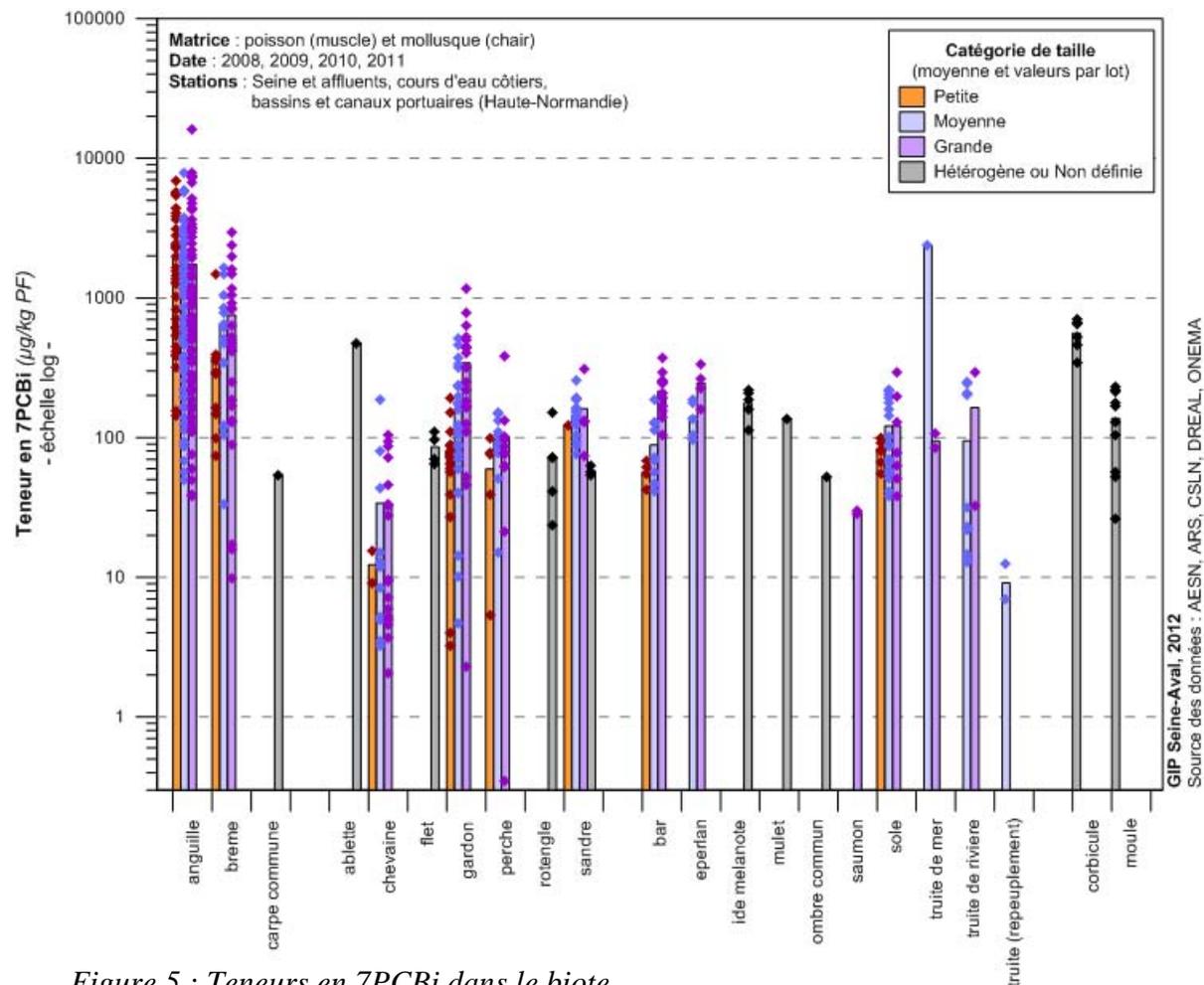


Figure 5 : Teneurs en 7PCBi dans le biote.

espèce indicatrice de l'imprégnation d'un cours d'eau donné. Deux lots de truites (arc-en-ciel et fario) élevées en pisciculture ont été analysés et présentent des faibles teneurs en PCBi (<12 µg/kg PF)

Le **gardon**, le **bar**, la **sole**, le **sandre** et la **perche** présentent des teneurs de quelques centaines de µg/kg PF. Le **chevaine** présente les teneurs les plus faibles (quelques dizaines de µg/kg PF).

Les Tableaux IV, V et VI regroupent les teneurs moyennes par espèce pour les différents cours d'eau. Les poissons prélevés dans la **Seine** (et dans les bassins portuaires du port de Rouen) présentent les plus fortes teneurs, quelle que soit l'espèce considérée. Parmi les cours d'eau côtiers échantillonnés, la **Bresle**, l'**Arques** et la **Scie** présentent les niveaux de contamination les plus élevés. En ce qui concerne les affluents de la Seine, la **Risle maritime**, l'**Eure**, l'**Austreberthe** et l'**Andelle** sont les cours d'eau où les poissons présentant les plus fortes teneurs ont été prélevés.

Tableau IV : Teneurs en PCBi (µg/kg PF) dans le biote échantillonné en Seine et dans les bassins et canaux portuaires.

Cours d'eau		Seine					Port de Rouen	Port du Havre			
		Amont Poses	Poses - Rouen	Rouen - La Bouille	La Bouille - Tancarville	Tancarville - embouchure	Bassins portuaires	Bassins portuaires	Canal de Tancarville	Grand Canal Maritime du Havre	Port 2000
Bioaccumulation forte	Anguille	2741 ± 1682 (n=11)	3634 ± 1940 (n=16)	4629 ± 3566 (n=15)	2988 ± 1855 (n=16)	2148 ± 838 (n=15)	3890 ± 2512 (n=5)	1207 ± 557 (n=14)	421 ± 91 (n=5)	136 ± 45 (n=4)	964 ± 337 (n=9)
	Brème	480 ± 93 (n=5)	743 ± 535 (n=12)	650 ± 728 (n=16)	1351 ± 692 (n=6)		587 ± 152 (n=4)				
Bioaccumulation faible	Gardon	270 ± 335 (n=9)	338 ± 199 (n=17)	134 ± 67 (n=20)	209 ± 184 (n=5)		114 ± 68 (n=5)				
	Perche	147 (n=1)	141 ± 108 (n=6)	105 ± 26 (n=10)			72 ± 7 (n=3)				
	Rotengle				72 ± 44 (n=5)						
	Sandre	92 ± 48 (n=3)	207 ± 66 (n=5)	124 ± 31 (n=13)	91 ± 27 (n=3)		165 ± 23 (n=3)				
Bioaccumulation non définie	Bar					161 ± 57 (n=6)		227 ± 81 (n=9)	68 ± 29 (n=6)	49 ± 7 (n=4)	122 ± 14 (n=3)
	Eperlan					188 ± 73 (n=9)					
	Ide mélanote			193 ± 23 (n=4)	113 (n=1)						
	Mulet			136 (n=1)							
	Saumon			28 (n=1)	30 (n=1)						
	Sole					122 ± 68 (n=6)		100 ± 49 (n=15)			125 ± 81 (n=11)
Mollusques	Corbicule	642 (n=1)	528 ± 150 (n=3)	567 ± 101 (n=2)							
	Moule					190 ± 35 (n=6)		80 ± 24 (n=2)	52 (n=1)	27 (n=1)	

moyenne ± écart-type (n : nombre de lots analysés) en 7PCBi (µg/kg PF)

<50 50 - 100 100 - 500 500 - 1000 >1000

Tableau V : Teneurs en PCB_i (µg/kg PF) dans le biote échantillonné dans les affluents de la Seine.

Cours d'eau		Affluents de la Seine										
		Andelle	Austreberthe	Commerce	Epte	Eure	Iton	Lézarde	Risle	Risle maritime	Rouloir	Ru du canal
Bioaccumulation forte	Anguille	1195 ± 1374 (n=7)	2499 ± 699 (n=3)	422 ± 58 (n=5)	455 ± 331 (n=4)	550 ± 296 (n=10)	433 ± 200 (n=6)	134 ± 88 (n=7)	494 ± 152 (n=6)	977 ± 423 (n=10)	187 (n=1)	355 ± 143 (n=5)
	Brème	129 ± 40 (n=2)					16 (n=1)		62 ± 72 (n=4)	75 (n=1)		
	Carpe commune						54 (n=1)					
Bioaccumulation faible	Ablette					474 (n=1)						
	Chevaine	5 (n=1)			2 (n=1)	36 ± 35 (n=7)	21 ± 30 (n=4)		40 ± 53 (n=10)			
	Flet			91 ± 19 (n=3)								
	Gardon						4 ± 0 (n=2)			48 ± 8 (n=3)	6 ± 3 (n=3)	
Bioaccumulation non définie	Perche			41 (n=1)		42 ± 36 (n=2)	12 ± 9 (n=3)	39 (n=1)		52 (n=1)		57 ± 19 (n=2)
	Ombre commun						52 (n=1)					
	Truite de mer									1241 ± 1135 (n=2)		
	Truite fario	241 (n=1)		295 (n=1)	22 (n=1)				18 ± 4 (n=2)			

moyenne ± écart-type (n : nombre de lots analysés) en 7PCBi (µg/kg PF) <50 50 - 100 100 - 500 500 - 1000 >1000

Tableau VI : Teneurs en PCB_i (µg/kg PF) dans le biote échantillonné dans les cours d'eau côtier et en pisciculture.

Cours d'eau		Cours d'eau côtiers									
		Arques	Béthune	Bresle	Durdent	Eaulne	Saane	Scie	Valmont	Varenne	Yères
Bioaccumulation forte	Anguille	666 ± 281 (n=5)	275 ± 315 (n=9)	457 ± 333 (n=6)	405 ± 18 (n=2)	101 ± 11 (n=4)	110 ± 61 (n=3)	583 ± 47 (n=3)	217 ± 209 (n=5)	277 ± 89 (n=6)	131 ± 39 (n=2)
Bioaccumulation faible	Chevaine		10 ± 10 (n=6)	55 ± 37 (n=3)							
	Flet	69 (n=1)									
Bioaccumulation non définie	Gardon			40 (n=1)				14 (n=1)	80 ± 21 (n=3)		
	Truite de mer				84 (n=1)						
	Truite fario	47 (n=1)		32 (n=1)			14 ± 1 (n=2)	219 ± 24 (n=3)	28 ± 5 (n=2)		
	Truite fario (repeuplement)										
	Truite arc en ciel (repeuplement)										

moyenne ± écart-type (n : nombre de lots analysés) en 7PCBi (µg/kg PF) <50 50 - 100 100 - 500 500 - 1000 >1000

Empreinte des congénères de PCB_i

L'étude de la répartition des congénères de PCB_i dans le muscle de poisson montre une **stabilité dans l'empreinte de la contamination** dans les différents lots de poissons, avec une prédominance du CB153 (en moyenne, entre 30% et 40% de la Σ7 PCB_i) et du CB138 (entre 10 et 25%). Le CB28, qui est plus facilement métabolisé, est le moins représenté (moins de 2%). Aucune différence notable n'est observée selon les espèces. Une analyse par secteur échantillonné ne met pas en évidence de différence géographique marquante (figure 6).

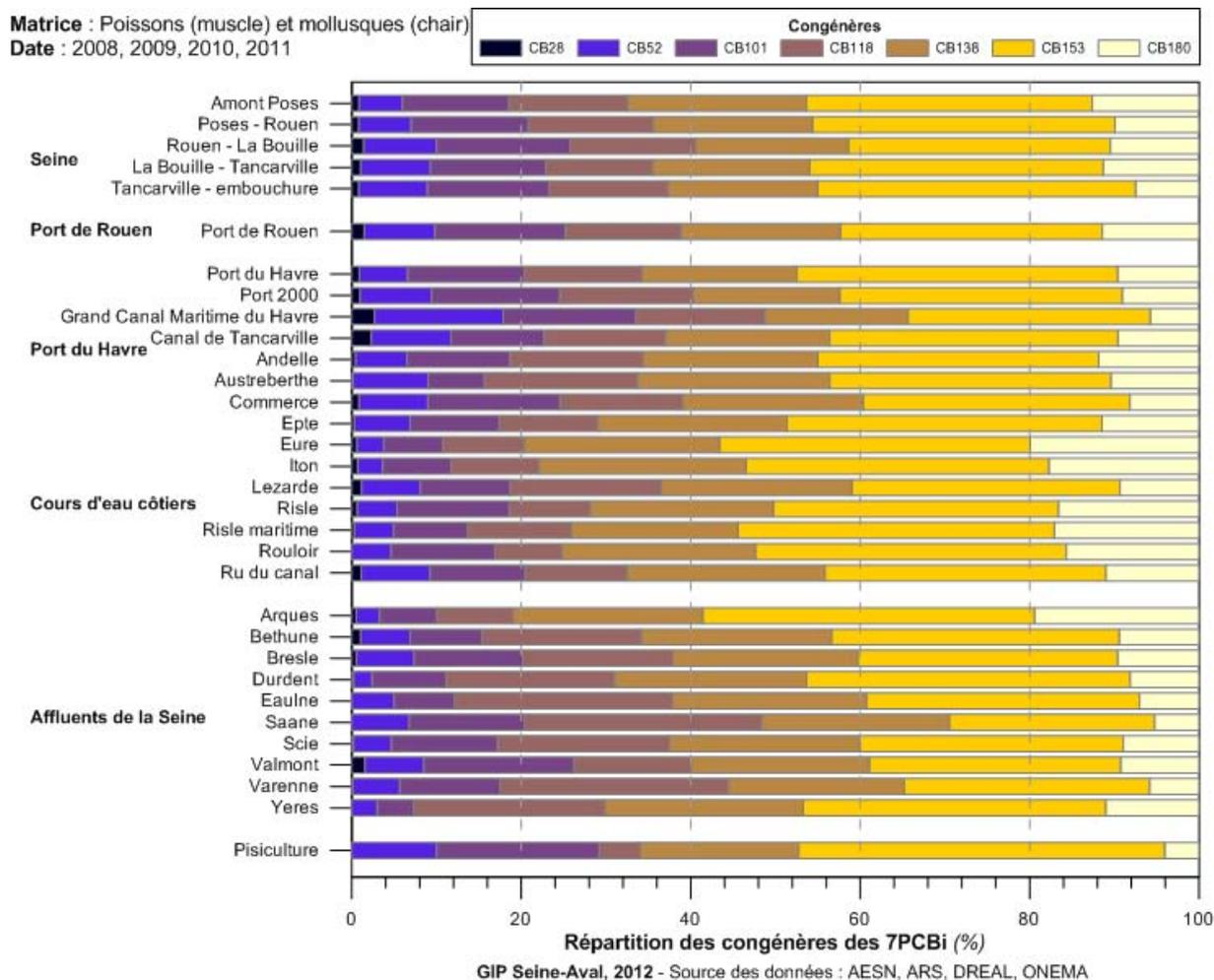


Figure 6 : Répartition des 7 congénères de PCB_i.

Teneurs en PCDD/F + PCB-DL

La figure 8 présente les teneurs moyennes en PCDD/F + PCB-DL dans les poissons (muscle) et les mollusques (chair) prélevés dans la Seine, ses affluents, les cours d'eau côtiers et des bassins et canaux portuaires en Haute-Normandie pour la période 2008-2011. Sont ainsi regroupés 527 prélèvements sur 21 cours d'eau, 9 bassins ou canaux portuaires et 2 piscicultures. Les teneurs moyennes et les valeurs individuelles sont représentées par espèce et catégorie de taille (figure 7).

Les teneurs en PCDD/F + PCB-DL¹ dans les poissons et mollusques pêchés dans les cours d'eau de Haute-Normandie varient selon les espèces considérées et la taille des individus. Les poissons les plus contaminés sont l'**anguille** (jusqu'à 239 pg TEQ_{OMS(06)/g PF}) et la **brème** (jusqu'à 105 pg TEQ_{OMS(06)/g PF}), espèces fortement bioaccumulatrices.

Une relation entre la taille des individus composant les lots et leur niveau de contamination semble se dégager pour la plupart des espèces, bien que le nombre, souvent faible, et variable de lots échantillonnés et la non-discrimination par secteur géographique pousse à relativiser ce résultat.

Les PCB-DL contribuent majoritairement à la TEQ globale (plus de 80% de la TEQ est expliquée par les PCB-DL pour 96% des échantillons et plus de 90% de la TEQ est expliquée par les PCB-DL pour 76% des échantillons). Les PCDD et PCDF représentent donc moins de 10% de la TEQ pour les trois-quarts des échantillons.

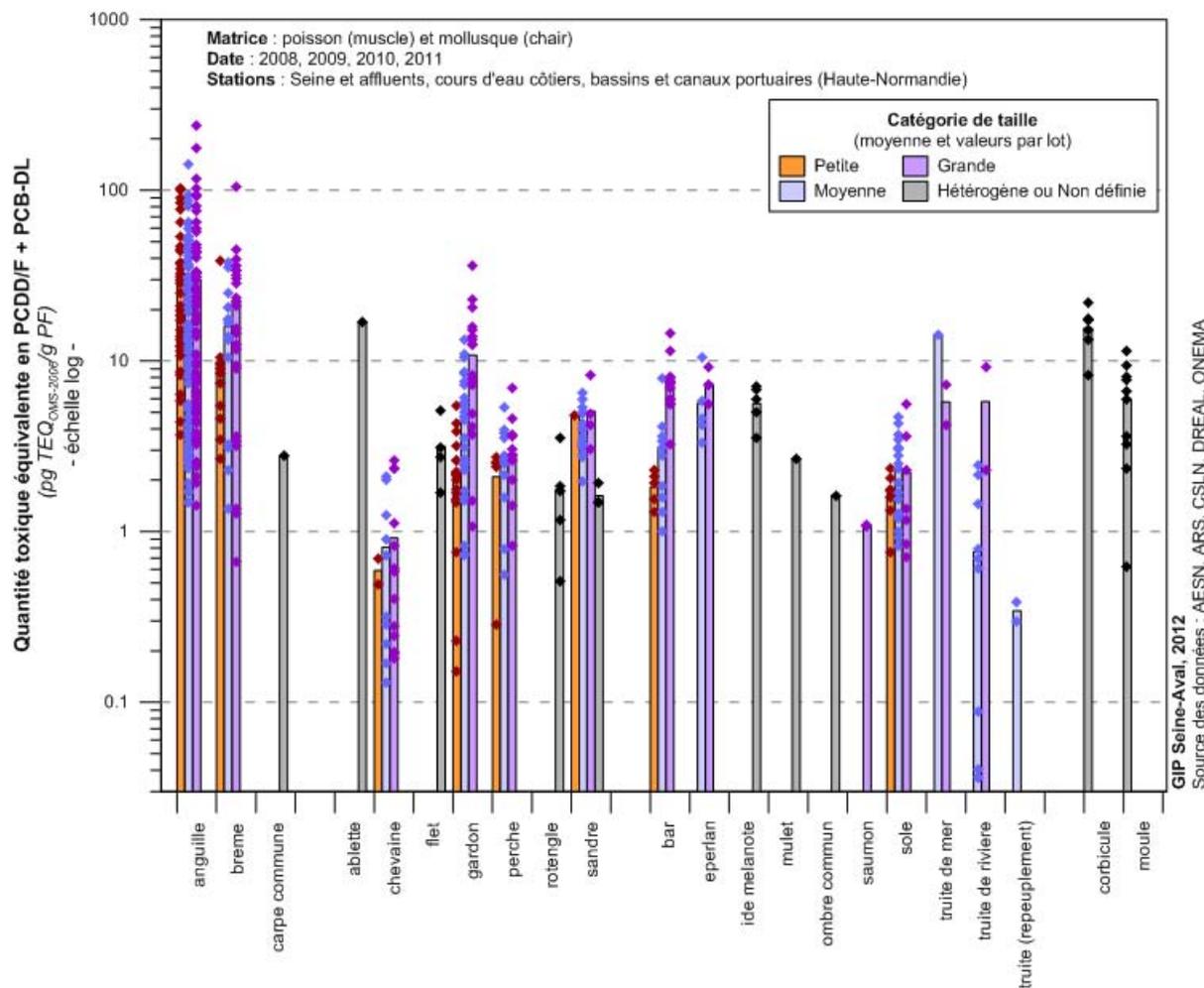


Figure 7 : Teneurs en PCDD/F + PCB-DL dans le biote.

¹ L'évolution de la réglementation sanitaire applicable depuis le 1^{er} janvier 2012 a modifié le calcul de la TEQ pour les PCDD/F + PCB-DL par l'application des TEF-2006 (en remplacement des TEF-1998). Une corrélation entre les deux modes de calculs a été déterminée :

$$\log(\text{TEQ}_{\text{OMS-2006}} \text{PCDD/F} + \text{PCB-DL}) = 0,927 \log(\text{TEQ}_{\text{OMS-1998}} \text{PCDD/F} + \text{PCB-DL}) - 0,191 \quad (n=523 ; r^2=0,99)$$

Analyse multimatrice

Les tableaux VIII, IX et X synthétisent les niveaux moyens de contamination en PCB_i dans les eaux superficielles, les sédiments fins et les poissons prélevés dans les cours d'eau haut-normands (respectivement pour la Seine, les affluents de la Seine et les cours d'eau côtiers).

Pour ces trois matrices, **la Seine présente les teneurs les plus élevées**, ce qui confirme sa contamination par les PCB.

Tableau VII : Imprégnation de la Seine en PCB_i.

Cours d'eau		Eau brute (ng/l)	Sédiment fin (µg/kg PS)	Poisson (µg/kg PF)		
				Bioacc. faible	Bioacc. ND	Bioacc. forte
Seine	Seine (amont Poses)	0 ± 0 (n=6)	141 (n=0)	219 ± 290 (n=13)		2034 ± 1746 (n=16)
	Seine (Poses - Rouen)	0,3 ± 1 (n=185)	93 ± 57 (n=7)	272 ± 185 (n=28)		2395 ± 2079 (n=28)
	Seine (Rouen - La Bouille)	0,6 ± 1,5 (n=39)	61 ± 16 (n=8)	124 ± 52 (n=43)	156 ± 64 (n=6)	2575 ± 3222 (n=31)
	Seine (Bouille - Tancarville)	1,7 ± 3,9 (n=159)	31 ± 11 (n=21)	129 ± 134 (n=13)	72 ± 42 (n=2)	2541 ± 1779 (n=22)
	Seine (Tancarville - embouchure)	6,8 ± 10,9 (n=36)	31 ± 9 (n=6)		161 ± 72 (n=21)	2148 ± 838 (n=15)

Parmi les cours d'eau côtiers échantillonnés, la **Bresle**, l'**Arques** et la **Scie** présentent les plus fortes teneurs en PCB_i, que ce soit dans les sédiments ou les poissons. La forte concentration moyenne dans les eaux de la **Vienne** s'explique par deux fortes mesures (en février et mai 2010) qui n'ont pas été confirmées par la mesure dans les sédiments (septembre 2010). Les autres cours d'eau côtiers échantillonnés présentent des niveaux de contamination moyens à faibles, selon la matrice.

Tableau VIII : Imprégnation des cours d'eau côtiers en PCB_i.

Cours d'eau		Eau brute (ng/l)	Sédiment fin (µg/kg PS)	Poisson (µg/kg PF)		
				Bioacc. faible	Bioacc. ND	Bioacc. forte
Cours d'eau côtiers	Arques	0,5 ± 2,3 (n=58)	11 ± 9 (n=4)	69 (n=1)	47 (n=1)	666 ± 281 (n=5)
	Béthune	0,4 ± 2,5 (n=95)	4 ± 3 (n=12)	10 ± 10 (n=6)		275 ± 315 (n=9)
	Bresle	0,4 ± 1,7 (n=66)	12 ± 9 (n=9)	51 ± 33 (n=4)	32 (n=1)	457 ± 333 (n=6)
	Dun		10 ± 6 (n=3)			
	Durdent	0,3 ± 1,7 (n=29)	3 ± 0 (n=3)		84 (n=1)	405 ± 18 (n=2)
	Eaulne					101 ± 11 (n=4)
	Ruisseau de Ganzeville	0 ± 0 (n=12)	3 (n=1)			
	Saône	0 ± 0,2 (n=30)	8 ± 6 (n=3)		14 ± 1 (n=2)	110 ± 61 (n=3)
	Scie	0,1 ± 0,5 (n=31)	13 ± 7 (n=3)	14 (n=1)	219 ± 24 (n=3)	583 ± 47 (n=3)
	Valmont	0,6 ± 2,7 (n=29)	6 ± 3 (n=3)	80 ± 21 (n=3)	28 ± 5 (n=2)	217 ± 209 (n=5)
	Varenne					277 ± 89 (n=6)
	Vienne	3,7 ± 8,6 (n=12)	3 (n=1)			
	Yères	0,2 ± 0,7 (n=17)	3 ± 0 (n=3)			131 ± 39 (n=2)

Tableau IX : Imprégnation des affluents de la Seine en PCB_i.

Cours d'eau		Eau brute (ng/l)	Sédiment fin (µg/kg PS)	Poisson (µg/kg PF)			
				Bioacc. faible	Bioacc. ND	Bioacc. forte	
Affluents Seine	Andelle	0,2 ± 0,9 (n=30)	10 ± 3 (n=3)	5 (n=1)	241 (n=1)	958 ± 1290 (n=9)	
	Austreberthe	0,3 ± 1,3 (n=29)	82 ± 47 (n=3)			2499 ± 699 (n=3)	
	Avre	0 ± 0 (n=27)	3 ± 2 (n=3)				
	Brouisseriesse	0 ± 0,2 (n=29)	7 ± 3 (n=3)				
	Cailly	0,1 ± 0,3 (n=48)	56 ± 28 (n=5)				
	Charentonne	0 ± 0 (n=30)	25 ± 31 (n=6)				
	Commerce	0,1 ± 0,6 (n=62)	26 ± 18 (n=10)	78 ± 27 (n=4)	295 (n=1)	422 ± 58 (n=5)	
	Crevon	0 ± 0 (n=12)	3 (n=1)				
	Epte	0,3 ± 1,3 (n=86)	9 ± 9 (n=9)	2 (n=1)	22 (n=1)	455 ± 331 (n=4)	
	Eure	0,9 ± 3,6 (n=116)	26 ± 13 (n=11)	81 ± 135 (n=10)		550 ± 296 (n=10)	
	Fouillebroc	0 ± 0 (n=12)	3 (n=1)				
	Iton	0,1 ± 0,8 (n=64)	29 ± 18 (n=7)	14 ± 21 (n=9)	52 (n=1)	334 ± 244 (n=8)	
	Lévrière	0,7 ± 3,4 (n=30)	5 ± 0 (n=3)				
	Lézarde		12 ± 1 (n=3)	39 (n=1)	18 ± 4 (n=2)	134 ± 88 (n=7)	
	Lieure	0,3 ± 1,1 (n=18)	5 ± 1 (n=3)				
	Morelle	0 ± 0 (n=17)	4 ± 1 (n=6)				
	Rançon	0 ± 0,2 (n=29)	3 ± 0 (n=3)				
	Risle	0,3 ± 1,1 (n=104)	25 ± 15 (n=9)	40 ± 53 (n=10)		321 ± 247 (n=10)	
	Risle maritime	0,1 ± 0,3 (n=12)	25 ± 4 (n=3)	49 ± 7 (n=4)	1241 ± 1135 (n=2)	895 ± 479 (n=11)	
	Rivière de Mésangueville	0 ± 0 (n=30)	3 ± 0 (n=3)				
	Rivière de Saint-Laurent		44 ± 33 (n=3)				
	Robec	0 (n=1)	27 ± 7 (n=3)				
	Rogerval	2,8 ± 9,3 (n=12)	6 (n=1)				
	Rouelles		17 ± 4 (n=3)				
	Rouloir	0 ± 0 (n=30)	30 ± 10 (n=3)	6 ± 3 (n=3)		187 (n=1)	
	Ru du canal		23 (n=1)	57 ± 19 (n=2)		355 ± 143 (n=5)	
	Ruisseau d'Auchy	0,2 ± 0,7 (n=18)	5 ± 2 (n=3)				
	Ruisseau de la Croix blanche	0,1 ± 0,5 (n=30)	4 ± 1 (n=3)				
Ruisseau du Bec-Hellouin	0 ± 0 (n=12)	5 (n=1)					
Ruisseau du Val Jouen	0,3 ± 1,3 (n=18)	3 (n=1)					
Saint-Gertrude	1,7 ± 5,5 (n=12)	3 (n=1)					
Theluet	0,4 ± 1,5 (n=29)	28 ± 14 (n=3)					
Vilaine	0 ± 0 (n=16)	3 ± 0 (n=3)					
moyenne ± écart-type en 7PCBi (n : nombre de lots analysés)		Eau (ng/l)	<LD	LD - 1	1 - 5	5 - 10	>10
		Sédiment (µg/kg PS)	<5	5 - 10	10 - 25	25 - 50	>50
		Biote (µg/kg PF)	<50	50 - 100	100 - 500	500 - 1000	>1000

Parmi les affluents de la Seine, l'**Austreberthe**, l'**Andelle**, l'**Eure** et la **Risle maritime** se démarquent par un niveau d'imprégnation plus important dans les sédiments et le biote, sans pour autant atteindre les valeurs mesurées pour la Seine. Le **Cailly**, et dans une moindre mesure, la **rivière de Saint Laurent**, le **Robec** et le **Theluet** présentent des niveaux de contamination sédimentaires en PCB_i qui mériteraient des investigations complémentaires dans le biote. La forte concentration moyenne dans les eaux du **Rogerval** et la **Sainte-Gertrude** s'expliquent par une seule forte mesure (en février 2010) qui n'a pas été confirmée par la mesure dans les sédiments (respectivement en août et septembre 2010).

Risque sanitaire

Réglementation

La TMA correspond à la **Teneur Maximale Admissible** dans les denrées alimentaires. Pour les dioxines, les furanes et les PCB, elle est fixée par le règlement européen 1259/2011/CE (Annexe A)²:

- Pour les **PCDD/F**, elle est fixée à **3,5 pg TEQ_{OMS(2006)}/g de poids frais** pour la chair musculaire de poisson, les produits de la pêche (cours d'eau, estuaires, étangs côtiers, mers) et les produits dérivés.
- Pour la somme des **PCB-DL et des PCDD/F**, elle est fixée à **6,5 pg TEQ_{OMS(2006)}/g de poids frais** pour la chair musculaire de poisson, les produits de la pêche (cours d'eau, estuaires, étangs côtiers, mers) et les produits dérivés à l'exclusion des anguilles, pour lesquelles elle est fixée à **10 pg TEQ_{OMS(06)}/g de poids frais**.
- Pour les **6PCBi-NDL**³, elle est fixée à **75ng/g de poids frais** pour la chair musculaire de poisson, les produits de la pêche (cours d'eau, estuaires, étangs côtiers, mers) et les produits dérivés à l'exclusion des anguilles, pour lesquelles elle est fixée à **300 ng/g de poids frais** et des poissons d'eau douce sauvages non diadromes pour lesquelles elle est fixée à **125 ng/g de poids frais**.

Un échantillon est considéré comme ne respectant pas la TMA si au moins l'un des seuils sanitaires (PCDD/F, PCDD/F + PCB-DL ou 6PCBi-DNL) est dépassé.

Respect de la Teneur Maximale Admissible

Sur les 510 échantillons de biote considérés à l'échelle des cours d'eau de Haute-Normandie, **293 ne respectent pas la TMA (soit 57%)** :

- 99% des échantillons positifs le sont par dépassement du seuil lié aux 6PCBi, 69% par dépassement du seuil lié à la somme PCDD/F + PCB-DL et 2% par dépassement du seuil lié aux PCDD/F
- 66% des échantillons positifs concernent une espèce fortement bioaccumulatrice (anguille, brème)
- 56% des échantillons positifs concernent un prélèvement effectué dans l'estuaire de la Seine, 21% les bassins portuaires ou les canaux, 17% les affluents de la Seine et 5% les cours d'eau côtiers
- 92% des échantillons positifs concernent un lot de poissons de taille moyenne ou grande.

² Les teneurs maximales admissibles en PCDD/F + PCB-DL ont fait l'objet d'une révision applicable au 1er janvier 2012 [CE, 2011], ce qui peut engendrer des différences d'interprétation vis-à-vis des précédents rapports qui se basaient sur la réglementation antérieure [CE, 2006].

³ Ce sont les 7PCBi, sans le CB118

La comparaison de l'application de la réglementation actuellement en vigueur [CE, 2011] et de la réglementation antérieure [CE, 2006] donne les indications suivantes :

- 90% des interprétations sanitaires sont identiques (49% de dépassement et 41% de respect de la TMA)
- 9% de résultats (45 lots) respectant la réglementation antérieure sont déclassés avec la réglementation actuelle, par dépassement du seuil associé aux 6PCBi-NDL
- 1% de résultats (6 lots) ne respectant pas la réglementation antérieure, respectent par la réglementation actuelle.

Espèce	Total	Catégorie de taille				
		Grande	Moyenne	Petite	Hétér. ou ND	
Bioaccumulation forte	anguille	25% (n=219)	32% (n=72)	25% (n=101)	8% (n=36)	40% (n=10)
	brème	25% (n=51)	23% (n=26)	27% (n=15)	30% (n=10)	
	carpe commune	100% (n=1)				100% (n=1)
	total	25% (n=271)	30% (n=98)	25% (n=116)	13% (n=46)	45% (n=11)
Bioaccumulation faible	ablette	0% (n=1)				0% (n=1)
	chevaine	97% (n=33)	100% (n=18)	91% (n=11)	100% (n=2)	100% (n=2)
	flet	50% (n=4)				50% (n=4)
	gardon	58% (n=69)	20% (n=20)	57% (n=28)	95% (n=20)	100% (n=1)
	perche	90% (n=30)	91% (n=11)	83% (n=12)	100% (n=5)	100% (n=2)
	rotengle	80% (n=5)				80% (n=5)
	sandre	63% (n=27)	75% (n=4)	53% (n=19)	100% (n=1)	100% (n=3)
	total	72% (n=169)	66% (n=53)	66% (n=70)	96% (n=28)	78% (n=18)
Bioaccumulation non définie	bar	39% (n=28)	0% (n=13)	60% (n=10)	100% (n=5)	
	éperlan	0% (n=9)	0% (n=4)	0% (n=5)		
	ide melanote	20% (n=5)				20% (n=5)
	mulet	0% (n=1)				0% (n=1)
	ombre commun	100% (n=1)				100% (n=1)
	saumon	100% (n=2)	100% (n=2)			
	sole	50% (n=32)	57% (n=7)	44% (n=18)	57% (n=7)	
	truite de mer	33% (n=3)	50% (n=2)	0% (n=1)		
	Truite fario	64% (n=14)	50% (n=2)	64% (n=11)		100% (n=1)
	Truite de rivière (repeuplement)	100% (n=2)		100% (n=2)		
	total	44% (n=97)	27% (n=30)	49% (n=47)	75% (n=12)	38% (n=8)

Tableau X : Respect de la TMA (%) pour le biote prélevé en Haute-Normandie. n : nombre de lots analysés.

A l'échelle de la région Haute-Normandie, les échantillons de carpe commune (n=1), d'ombre commun (n=1), de saumon (n=2) et de truites de rivières prélevées en pisciculture (n=2) sont tous conformes à la TMA, mais le faible nombre de lots incite à la prudence quant à cette conclusion⁴. La majorité des échantillons de chevaine (32/33), de gardon (40/69), de perche (27/30), de rotengle (4/5), de sandre (17/27) et de truite fario (9/14) respectent cette même norme. Pour les autres espèces, seule une minorité des échantillons prélevés respecte cette norme : anguille (55/219), brème (13/51), flet (2/4), bar (11/28), sole (16/32) ide mélanote (1/5) et truite de mer (1/3). L'ablette (0/1), l'éperlan (0/9) et le mullet (0/1) ne respectent pas cette norme.

Pour les espèces peu représentées (carpe, ombre, saumon, rotengle, flet, truite de mer, ablette, mullet,...), les conclusions sont à prendre avec précaution.

Pour les poissons migrateurs (saumon, truite de mer), leur mode de vie implique une interprétation délicate des résultats avec la possibilité d'une grande hétérogénéité des valeurs pour un même lieu de pêche et une mauvaise corrélation possible avec la contamination sédimentaire.

Les lots composés d'individus de grande taille présentent généralement un respect moindre la TMA (par exemple pour la brème, le bar ou le

⁴ Les autorités sanitaires préconisent d'avoir au moins 5 valeurs (ou 4 si les données sont homogènes) par espèce (ou type d'espèce) pour avoir une interprétation sanitaire satisfaisante (Saisine n°2010-SA-0150)

gardon). La durée d'exposition (plus important pour les individus de grande taille et donc plus âgés) est le facteur explicatif principal avancé.

Le respect de la TMA peut également être analysé en regroupant les espèces de poissons selon leur comportement vis-à-vis des PCB (figures 8, 9, 10).

Pour les **espèces accumulant fortement les PCB** (anguille, brème, carpe commune), le taux général de **respect de la TMA est de 25%** (n=271).

L'axe Seine, la Risle, la Bresle, l'Arques, la Scie, la Durdent, l'aval de l'Eure et le Commerce sont plus particulièrement touchés, avec un respect de la TMA inférieur à 25%. Le grand canal maritime du Havre, l'Eaulne, la Saane, la Varenne, l'Yères, la Lézarde et le Rouloir semblent plus épargnés avec un respect systématique de la TMA pour les lots échantillonnés (figure 8).

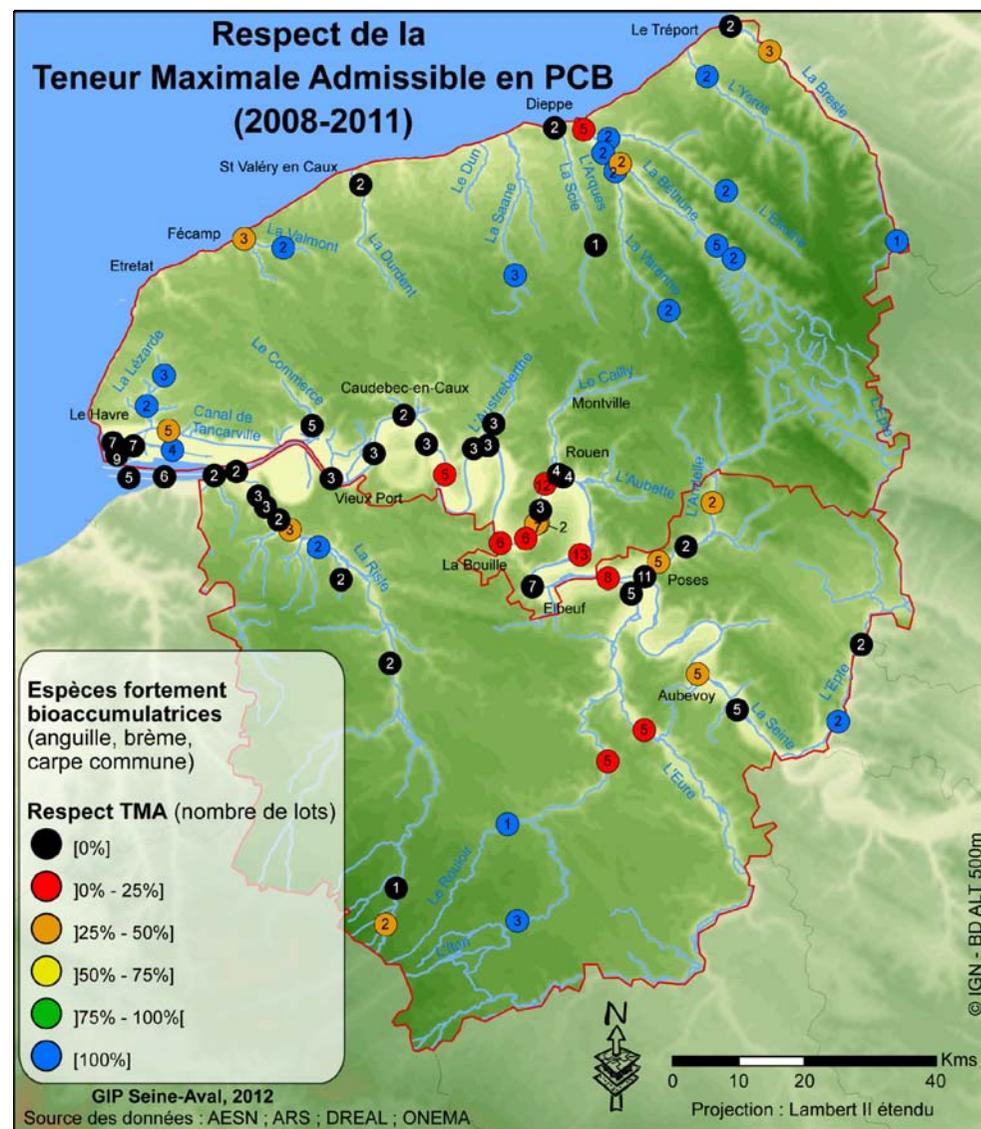


Figure 8 : Respect de la TMA en PCB pour les espèces de poisson fortement bioaccumulatrices.

Pour les **espèces accumulant faiblement les PCB** (ablette, chevaine, flet, gardon, perche, rotengle, sandre), seuls les lots prélevés dans la partie amont de l'estuaire de la Seine (entre Poses et la Bouille + Heurteauville), à l'aval de l'Eure (à Lery), à l'aval du Commerce, à l'embouchure de la Valmont (à Fécamp) et sur la Risle (à Neaufles) présentent des dépassements de la TMA. Ces non-respects sont d'autant plus problématique qu'ils concernent des espèces faiblement bioaccumulatrices et confirment que l'axe Seine est particulièrement touché par cette contamination.

Les lots de poissons prélevés sur les autres sites respectent systématiquement la TMA (figure 9).

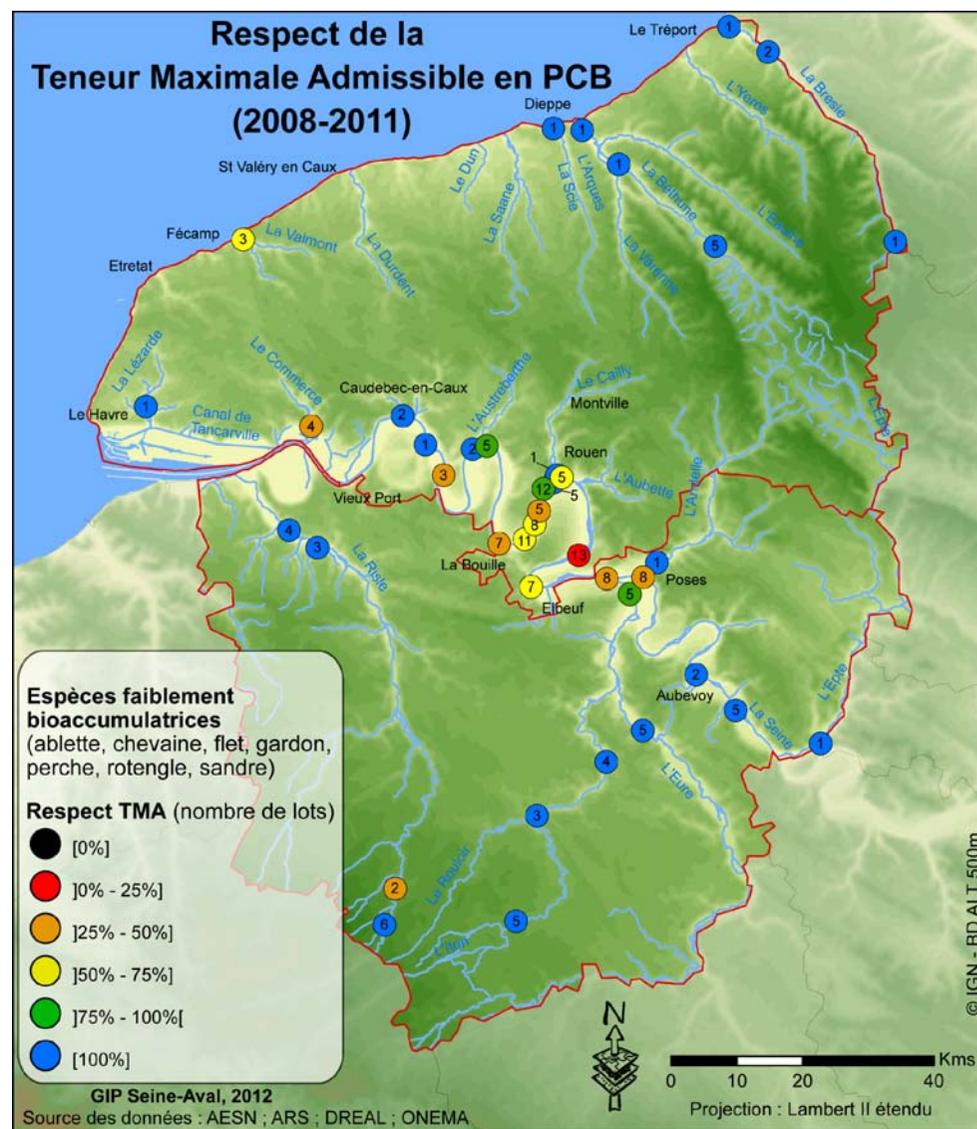


Figure 9 : Respect de la TMA en PCB pour les espèces de poisson faiblement bioaccumulatrices.

Pour les **espèces à la capacité de bioaccumulation des PCB non déterminée** (bar, éperlan, ide mélanote, ombre commun, mullet, saumon, sole, truite de mer, truite fario), l'embouchure de la Seine se démarque avec des dépassements de la TMA, liés au bar et à l'éperlan. Les lots d'ide mélanote prélevés à la Bouille, ceux de truites de rivière prélevés dans la Scie, l'Andelle et le Commerce, et ceux de truites de mer prélevés dans la Risle maritime dépassent également la TMA (figure 10).

L'analyse du respect de la TMA peut être affinée par secteur géographique (Seine, affluents de la Seine et cours d'eau côtiers, bassins et canaux portuaires) et par espèce (Tableau XI). Pour les poissons prélevés dans la Seine, quel que soit le secteur considéré, les lots d'anguilles et de brèmes ne respectent pas la TMA. Pour les autres espèces, les résultats sont moins marqués, avec des respects de la TMA plus ou moins importants. Aucun gradient de contamination selon le secteur considéré ne se dégage.

Pour les poissons prélevés dans les affluents de la Seine et les cours d'eau côtiers, les brèmes, chevaines, gardons et perches respectent majoritairement la TMA. Un lot de gardons pêché dans la Valmont (à Fécamp), les lots de truites pêchés dans la Risle maritime, le Commerce (à Lillebonne) l'Andelle (à Radepont) et la Scie (Notre-Dame-du-Parc), le lot d'ablettes pêché à l'aval de l'Eure (à Lery), deux lots de flets pêchés dans le Commerce (à Lillebonne) et la moitié des lots d'anguilles ne respectent pas la TMA. Pour cette dernière espèce, la Béthune, l'Eaulne, la Saane, la Varenne, l'Yères, le Rouloir et la Lézarde présentent des lots respectant quasi systématiquement la TMA.

Pour les poissons prélevés dans les bassins et canaux des ports de Rouen et du Havre, les échantillons de perches et gardons respectent majoritairement la TMA. Tous les échantillons pêchés dans le grand canal maritime du Havre (anguilles et bars), ainsi que la majorité des bars pêchés dans le canal de Tancarville respectent la TMA.

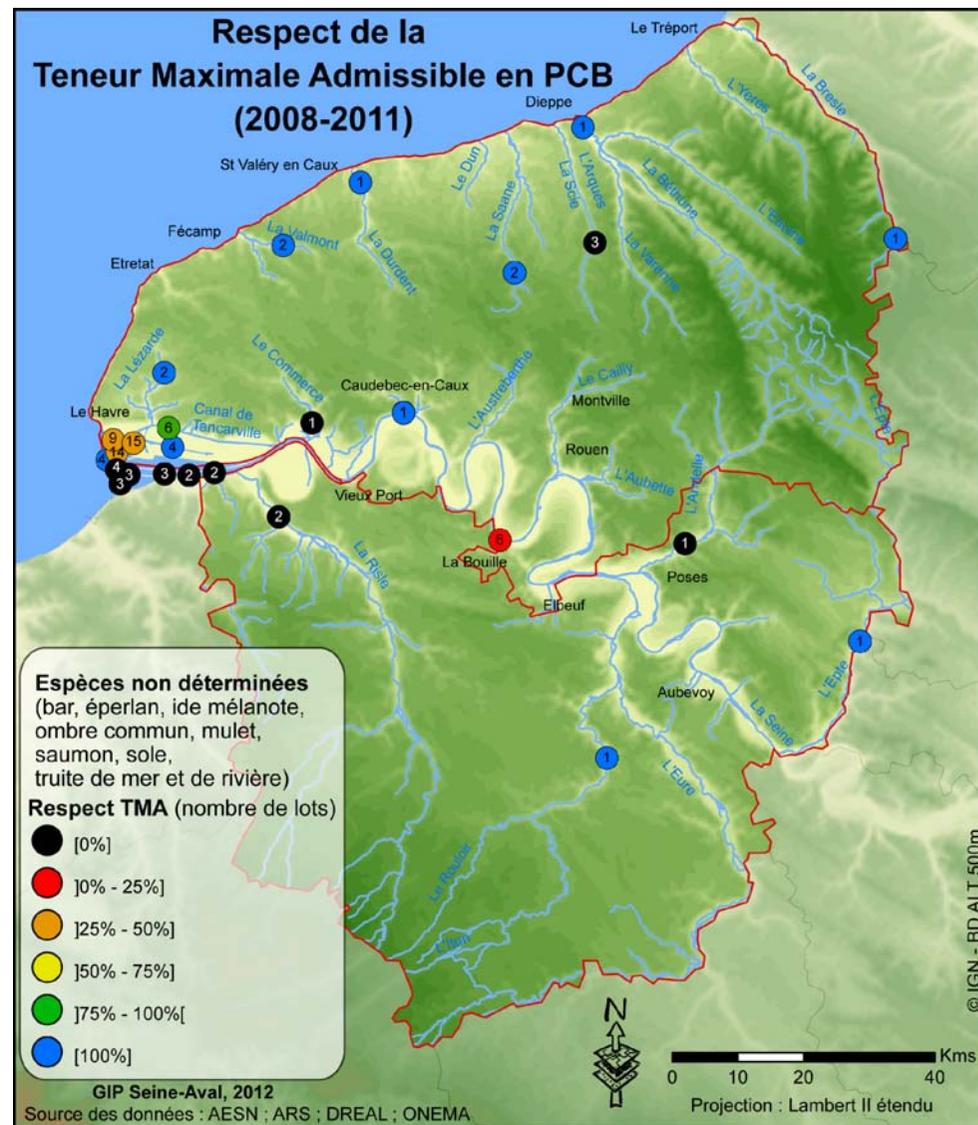


Figure 10 : Respect de la TMA en PCB pour les espèces de poisson à la capacité de bioaccumulation non déterminée.

Tableau XI : Respect de la TMA (%) pour le biote prélevé dans les cours d'eau haut-normands.
n : nombre de lots analysés.

Cours d'eau	Bioaccumulation forte			Bioaccumulation faible							Bioaccumulation non définie								
	Anguille	Brème	Carpe commune	Ablette	Chevaine	Flet	Gardon	Perche	Rotengle	Sandre	Bar	Eperlan	Ide melanote	Mulet	Ombre commun	Saumon	Sole	Truite de mer	Truite de rivière
Seine	Amont Poses	0% (n=11)	0% (n=5)				67% (n=9)	0% (n=1)		67% (n=3)									
	Poses - Rouen	0% (n=16)	17% (n=12)				24% (n=17)	83% (n=6)		20% (n=5)									
	Rouen - La Bouille	0% (n=15)	31% (n=16)				55% (n=20)	90% (n=10)		77% (n=13)			0% (n=4)	0% (n=1)		100% (n=1)			
	La Bouille - Tancarville	6% (n=16)	0% (n=6)				60% (n=5)		80% (n=5)	100% (n=3)			100% (n=1)			100% (n=1)			
	Tancarville - embouchure	0% (n=15)									17% (n=6)	0% (n=9)					50% (n=6)		
Bassins et canaux	Port de Rouen	20% (n=5)	0% (n=4)				80% (n=5)	100% (n=3)		33% (n=3)									
	Port du Havre	0% (n=14)									11% (n=9)						40% (n=15)		
	Port 2000	0% (n=9)															64% (n=11)		
	Canal de Tancarville	40% (n=5)																	
Grand Canal Maritime du Havre	100% (n=4)									100% (n=4)									
Cours d'eau côtier	Arques	20% (n=5)				100% (n=1)													100% (n=1)
	Béthune	89% (n=9)			100% (n=6)														
	Bresle	33% (n=6)			100% (n=3)		100% (n=1)												100% (n=1)
	Durdent	0% (n=2)																100% (n=1)	
	Eaulne	100% (n=4)																	
	Saane	100% (n=3)																	100% (n=2)
	Scie	0% (n=3)					100% (n=1)												0% (n=3)
	Valmont	60% (n=5)					67% (n=3)												100% (n=2)
	Varenne	100% (n=6)																	
Yères	100% (n=2)																		
Affluents de la Seine	Andelle	29% (n=7)	50% (n=2)		100% (n=1)														0% (n=1)
	Austreberthe	0% (n=3)																	
	Commerce	0% (n=5)				33% (n=3)		100% (n=1)											0% (n=1)
	Epte	50% (n=4)			100% (n=1)														100% (n=1)
	Eure	10% (n=10)			0% (n=1)	100% (n=7)		100% (n=2)											
	Iton	33% (n=6)	100% (n=1)	100% (n=1)	100% (n=4)		100% (n=2)	100% (n=3)							100% (n=1)				
	Lézarde	100% (n=7)						100% (n=1)											100% (n=2)
	Risle	17% (n=6)	75% (n=4)			91% (n=11)													
	Risle maritime	0% (n=10)	100% (n=1)					100% (n=3)	100% (n=1)										0% (n=2)
	Rouloir	100% (n=1)						100% (n=3)											
Ru du canal	40% (n=5)							100% (n=2)											

Corrélation PCDD/F + PCB-DL et PCBi

A partir des mesures de PCDD/F + PCB-DL et de PCBi dans les poissons pêchés en Haute-Normandie entre 2008 et 2011, une régression linéaire log/log a été calculée (figure 11) et permet d'obtenir l'équation suivante :

$$\log(\text{TEQ}_{\text{OMS-2006}} \text{PCDD/F + PCB-DL}) = 0,831 \log(\text{PCBi}) - 1,220 \quad (n=526 ; r^2=0,89)$$

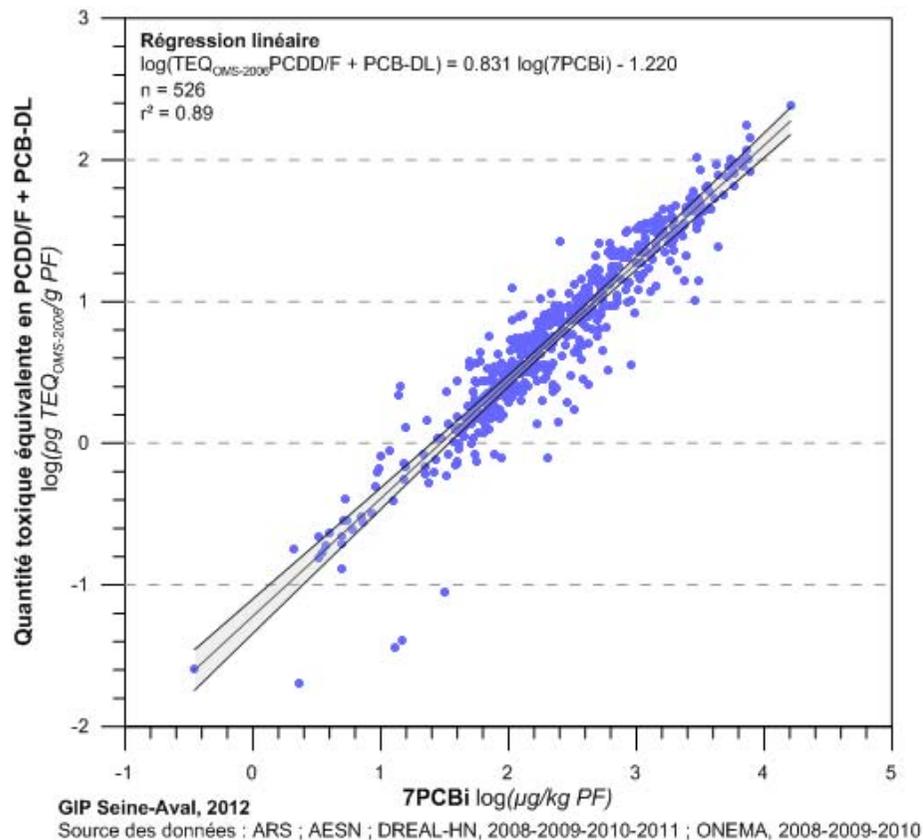


Figure 11 : Corrélation entre les PCDD/F + PDB-DL et les PCBi.

Conclusion

D'origine anthropique et fortement utilisés jusque dans les années 1980 pour leur stabilité, les PCB ont largement contaminé les différents compartiments environnementaux. Leur forte rémanence et leur liposolubilité expliquent en grande partie qu'ils soient encore retrouvés dans tous les compartiments physiques et biologiques, malgré les réglementations de restriction puis d'interdiction de leur usage. L'imprégnation actuelle des eaux de surface des cours d'eau haut-normands est faible (<10ng/l) et les PCB ne sont pas détectés dans les eaux souterraines suivies. Pour les sédiments fins de surface, le niveau général de contamination est de quelques dizaines de µg/kg de poids sec, avec cependant la présence de quelques sites plus impactés (sur la Seine, l'Austreberthe et le Cailly). La contamination des poissons et des mollusques varie selon l'espèce (anguille et brème sont les espèces les plus contaminées), la taille des individus (les plus âgés, et donc les plus gros, sont généralement les plus contaminés) et le cours d'eau (la Seine est le plus impacté). L'analyse de l'imprégnation multimatrice fait ressortir la contamination de la Seine, et dans une moindre mesure, celle de l'Austreberthe, l'Andelle, la Bresle, de l'Arques, de la Scie, de l'Eure et de la Risle maritime. Les teneurs observées dans les sédiments du Cailly, et dans une moindre mesure, de la rivière de Saint Laurent, du Robec et du Theluet demandent à être confirmées par des mesures sur le biote. Cette compilation de données acquises dans un objectif de surveillance et de connaissance apporte une image de l'imprégnation des cours d'eau de Haute-Normandie, mais ne rend pas compte d'un certain nombre de facteurs jouant sur le niveau de contamination des poissons (taux de matière grasse, activité sexuelle, comportement alimentaire,...).

La confrontation des résultats d'imprégnation en PCDD/D + PCB-DL des poissons avec la Teneur Maximale Admissible montre que les espèces accumulant fortement les PCB (anguille, brème) ont un faible taux de respect de la TMA (<25%), surtout sur l'axe Seine, la Risle, la Bresle, la Scie, l'aval de l'Eure, l'Austreberthe, le Commerce, la Durdent, l'Arques et le Commerce. Les espèces accumulant faiblement les PCB (chevaine, gardon, perche, rotengle, sandre) respectent généralement la TMA, à l'exception de l'amont de l'estuaire de la Seine (entre Poses et la Bouille + Heurteauville), de l'embouchure de la Valmont (à Fécamp) et du Commerce. Pour les autres espèces, quelques dépassements sont observés, notamment à l'embouchure de la Seine (bar, éperlan) et dans la Risle maritime (truites de mer). Une analyse globale montre que la majorité des dépassements est observé sur la Seine (56% des dépassements observés à l'échelle de la Région), sur les espèces accumulant fortement les PCB (66% des dépassements sont observés sur les anguilles ou les brèmes) et sur les lots composés d'individus moyens ou gros (92% des dépassements observés à l'échelle de la Région). 99% des lots ne respectant pas la TMA sont déclassés par dépassement de la norme associée aux 6PCB-NDL.

Liste des abréviations

ADES : banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines

AESN : Agence de l'Eau Seine-Normandie

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

MES : Matières En Suspension

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

PCB : Polychlorobiphényles

PCB-DL : Polychlorobiphényles Dioxine Like (PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189)

PCBi : Polychlorobiphényles indicateurs (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

PCB-NDL : Polychlorobiphényles Non Dioxine Like

PCDD : Polychlorodibenzodioxines

PCDF : Polychlorodibenzofuranes

PCDD/F : Polychlorodibenzodioxines et polychlorodibenzofuranes

PS : Poids Sec

RCS : Réseau de Contrôle de Surveillance de la qualité des cours d'eau

TEF : Toxic Equivalent Factor

TEQ : Toxic Equivalent Quantity

TMA : Teneur Maximale Admissible

Bibliographie

- Commission européenne (CE), 2011. **Règlement UE N°1259/2011 de la commission modifiant le règlement CE n°1881/2006 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.** Journal officiel de l'Union européenne du 3/12/2011. 6p.
- Commission européenne (CE), 2006. **Règlement UE N°1881/2006 de la commission portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.** Journal officiel de l'Union européenne du 20/12/2006. 20p.
- Cellule de Suivi du Littoral Normand (CSLN), 2009. **Plan PCB Haute-Normandie : Echantillonnage des poissons, mollusques et sédiments dans les eaux de transition – première campagne de suivi, automne 2008 – rapport de campagne.** 18p.
- Cellule de Suivi du Littoral Normand (CSLN), 2009. **Plan PCB Haute-Normandie : Echantillonnage des poissons, mollusques et sédiments dans l'estuaire de la Seine – deuxième campagne de suivi, septembre 2009 – rapport de campagne.** 38p.
- Cellule de Suivi du Littoral Normand (CSLN), 2010. **Plan national PCB Haute-Normandie : Echantillonnage ichtyologique des bassins des Grands Ports Maritimes du Havre et de Rouen, des canaux du Grand Port Maritime du Havre et de la Risle maritime – troisième campagne de suivi, automne 2010 – rapport de campagne.**
- Dargnat C. & Fisson C., 2010. **Les PCB dans le bassin de la Seine et son estuaire.** Etude réalisée par le GIP Seine-Aval, 134p.
- Fisson C., 2011. **Imprégnation des cours d'eau haut-normands par les PCB. Exploitation des résultats du plan local PCB Haute-Normandie 2008-2010.** Etude réalisée par le GIP Seine-Aval, 27p.
- Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement, Durable (MEDAD), Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (MAP), Ministère de la Santé, de la Jeunesse et des Sports (MSJS), 2008. **Plan national d'actions sur les polychlorobiphényles (PCB).** 11p.
- Préfecture HN, DREAL-HN, GIP Seine-Aval, 2010. **25 questions sur la contamination en PCB de l'estuaire de la Seine.** 31p.
- Van den Berg M., Birnbaum L.S., Bosveld A.T.C., Brunström B., Cook P., Feeley M., Giesy J.P., Hanberg A., Hasegawa R., Kennedy S.W., Kubiak T., Larsen J.C., Van Leeuwen F.X.R., Liem A.K.D., Nolt C., Peterson R.E., Poellinger L., Safe S., Schrenk D., Tillitt D., Tysklind M., Younes M., Waern F., Zacharewski T., 1998. **Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife.** Environ Health Perspect, 106: 775-792.
- Van den Berg M., Birnbaum L.S., Denison M., De Vito M., Farland W., Feeley M., 2006. **The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds.** Toxicol Sci, 93: 223-241.

Annexe A – Teneurs Maximales Admissibles pour les PCB

Le tableau suivant reprend la réglementation actuellement en vigueur [CE, 2011] et la réglementation antérieure [CE, 2006] pour la définition des Teneurs Maximales Admissibles en dioxines, furanes et PCB dans les produits de la pêche et les produits dérivés.

	Denrées alimentaires	PCDD/F	PCB-DL + PCDD/F	6PCBi
CE, 2011	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, à l'exception des espèces de poissons diadromes capturées en eau douce, - du foie de poisson et des produits dérivés de sa transformation, - des huiles marines. La teneur maximale pour les crustacés s'applique à la chair musculaire des appendices et de l'abdomen. Dans le cas des crabes et crustacés de type crabe (<i>Brachyura</i> et <i>Anomura</i>), elle s'applique à la chair musculaire des appendices.	3,5 pg/g PF	6,5 pg/g PF	75 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	3,5 pg/g PF	6,5 pg/g PF	125 ng/g PF
	Chair musculaire d'anguille sauvage capturée (<i>Anguilla anguilla</i>) et produits dérivés	3,5 pg/g PF	10 pg/g PF	300 ng/g PF
CE, 2006	Chair musculaire de poisson et produits de la pêche et produits dérivés, à l'exclusion des anguilles. La teneur maximale s'applique aux crustacés, à l'exception de la chair brune de crabe et à l'exception de la tête et de la chair du thorax du homard et des crustacés de grande taille semblables (<i>Nephropidae</i> et <i>Palinuridae</i>).	4 pg/g PF	8 pg/g PF	/
	Chair musculaire d'anguille (<i>Anguilla anguilla</i>) et produits dérivés	4 pg/g PF	12 pg/g PF	/

Annexe B – Expression de la toxicité : les TEF et les TEQ

Les mécanismes de toxicité des PCB-DL sont semblables à ceux des composés apparentés aux dioxines et caractérisés par l'activation de systèmes enzymatiques communs (récepteur Ah -aryl hydrocarbon). La compréhension et la comparaison des mécanismes de toxicité de ces deux classes de contaminants est à la base de la définition du concept de toxicité équivalente dioxine et des facteurs d'équivalent toxique. Cette approche permet le calcul de la toxicité en prenant en compte les contributions des différents congénères toxiques.

Un outil a été proposé pour évaluer la toxicité d'un mélange de PCB en exprimant celle de chaque congénère par rapport au composé le plus toxique (la 2,3,7,8-TCDD dite « dioxine SEVESO »), grâce à un coefficient de pondération appelé TEF (Toxic Equivalent Factor) défini à partir d'expérimentations sur animaux de laboratoires. La TEQ (Toxic Equivalent Quantity) d'un mélange est obtenue en sommant les concentrations de chaque congénère pondérées par leur TEF respectifs, soit :

$$TEQ = \sum ([C]_i \times TEF_i)$$

TEQ : quantité toxique équivalente

[C]_i : concentration du congénère *i*

TEF_i : facteur d'équivalence toxique du congénère *i*

Les TEF ont été définis par Van den Berg *et al.* en 1998 puis réévalués en 2006 [Van den Berg *et al.*, 2006].

Ce mode de calcul a été adopté par l'OMS. Les TEF-2006 sont en vigueur dans la réglementation actuelle [CE, 2011] et les TEF-1998 étaient utilisés dans la réglementation antérieure [CE, 2006].

Les tableaux ci-contre reprennent les facteurs d'équivalence toxique (TEF) à appliquer pour le calcul des TEQ.

Dibenzo-p-dioxines (PCDD)	TEF 2006	TEF 1998
2,3,7,8-TCDD	1	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01	0,01
OCDD	0,0003	0,0001

Dibenzofuranes (PCDF)	TEF 2006	TEF 1998
2,3,7,8-TCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,03	0,05
2,3,4,7,8-PeCDF	0,3	0,5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01	0,01
OCDF	0,0003	0,0001

PCB "de type dioxine" PCB non-ortho + PCB mono-ortho	TEF 2006	TEF 1998
PCB non-ortho		
PCB 77	0,0001	0,0001
PCB 81	0,0003	0,0001
PCB 126	0,1	0,1
PCB 169	0,03	0,01

PCB mono-ortho	TEF 2006	TEF 1998
PCB 105	0,00003	0,0001
PCB 114	0,00003	0,0005
PCB 118	0,00003	0,0001
PCB 123	0,00003	0,0001
PCB 156	0,00003	0,0005
PCB 157	0,00003	0,0005
PCB 167	0,00003	0,00001
PCB 189	0,00003	0,0001

Abréviations utilisées:

T = tétra, Pe = penta, Hx = hexa, Hp = hepta, O = octa,

CDD = chlorodibenzodioxine, CDF = chlorodibenzofurane, CB = chlorobiphényle.

En cas d'utilisation de données ou d'éléments de ce rapport, il doit être cité sous la forme suivante :
**Fisson C., 2012. Imprégnation des cours d'eau haut-normands par les PCB – exploitation des résultats du plan local PCB Haute-Normandie 2008-2011.
Etude réalisée par le GIP Seine-Aval, 29p.**

Le GIP Seine-Aval ne saurait être tenu responsable d'évènements pouvant résulter de l'utilisation et de l'interprétation des informations mises à disposition.

Pour tout renseignement, veuillez contacter le GIP Seine-Aval : gipsa@seine-aval.fr

Le GIP Seine-Aval est financé par :

