

Étude nationale d'imprégnation aux polychlorobiphényles des consommateurs de poissons d'eau douce

Rapport d'étude scientifique

Novembre 2011

Édition scientifique

Étude nationale d'imprégnation aux polychlorobiphényles des consommateurs de poissons d'eau douce

Rapport d'étude scientifique

Novembre 2011

Édition scientifique

ETUDE NATIONALE D'IMPREGNATION AUX POLYCHLOROBIPHENYLES (PCB) DES CONSOMMATEURS DE POISSONS D'EAU DOUCE

RAPPORT d'étude scientifique

ICAR-PCB 2011

Imprégnation et Consommation Alimentaire de produits de Rivière - PCB

Novembre 2011

Mots clés

Polychlorobiphényles, PCB, dioxines, furanes, PCB-DL, PCB-NDL, poissons, consommation, rivière, eau douce, pêcheurs, imprégnation, teneurs sanguines, teneurs sériques.

Présentation des intervenants

EQUIPE PROJET

Coordinatrice du projet et réalisation technique : Mathilde Merlo (Anses/DER)

Biostatisticienne : Virginie Desvignes (Anses/DER)

Coordinateurs scientifiques : Jean-Luc Volatier en collaboration avec le Dr Jean-Charles Leblanc (Anses/DER)

Investigatrice principale de l'étude : Pr Marie-Christine Favrot (Anses)

Rédacteurs du rapport : Mathilde Merlo, Virginie Desvignes, Jean-Luc Volatier (Anses/DER)

Contributeurs scientifiques : Frédéric de Bels (InVS/DSE), Lydéric Aubert (InVS/DSE), Delphine Viriot (InVS/DSE)

PERSONNES AYANT PARTICIPE A L'ETUDE

FNPF

Jean-Paul Doron, Nadège Colombet, Julie Miquel, Hamid Oumoussa, et les représentants des fédérations départementales et des associations de pêche (AAPPMA)

Conapped

Philippe Boisneau

CNPMEM

Nicolas Michelet

Société GfK ISL

Valérie Blineau, Bernard Mandin, Michèle Marronnier, Eric Guillemin, Alain Berthon, les enquêteurs téléphoniques et face-à-face, leurs responsables d'encadrement et le médecin investigateur de l'étude Marie-Thérèse Bodson

Laboratoires d'analyses médicales sous la coordination de GfK ISL (prélèvements sanguins)

CAP-TV de Paris

Dr Robert Garnier

Anses

Véronique Sirot (DER), Aurélie Mahé (DER), Claire Loynet (DER)

InVS

Abdelkrim Zeghnoun (InVS/DSE), Abdessattar Saoudi (InVS/DSE)

Onema

Romuald Berrebi, Cendrine Serre-Dargnat

LABERCA ONIRIS

Bruno Le Bizec, Philippe Marchand, Anaïs Vénisseau (Analyses des dioxines et PCB)

COMITE DE PILOTAGE

Ministère du travail, de l'emploi et de la santé / direction générale de la santé

Isabelle de Guido

Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire / direction générale de l'alimentation

Magali Naviner

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement / direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature

Nathalie Tchilian

Cellule inter-régionale d'épidémiologie (InVS) Rhône-Alpes

Marielle Schmitt

Ont également participé au comité :

- l'Anses (Mathilde Merlo, Virginie Desvignes, Jean-Luc Volatier) ;
- l'InVS (Frédéric de Bels, Lydéric Aubert, Delphine Viriot, Georges Salines, Nadine Fréry) ;
- la FNPF (Jean-Paul Doron, Nadège Colombet, Julie Miquel, Hamid Oumoussa) ;
- le Conapped (Philippe Boisneau) ;
- le CNPME (Nicolas Michelet) ;
- le LABERCA (Bruno Le Bizec, Philippe Marchand, Anaïs Vénisseau) ;
- la Société GfK ISL (Valérie Blineau, Bernard Mandin, Michèle Marronnier) ;
- l'Onema (Romuald Berrebi, Cendrine Serre-Dargnat).

COMITE SCIENTIFIQUE

Dr Alain Baert (CHU de Rennes), Jean Bouyer (INSERM Le Kremlin Bicêtre), Pr Dominique Huas (département de médecine générale, faculté de médecine de Tours), Dr Stefaan De Henauw (Université de Gand Belgique), Dr Eric Dewailly (CHU de Québec)

FINANCEUR

Ministère du travail, de l'emploi et de la santé / direction générale de la santé

Nos remerciements vont tout particulièrement

- Aux participants de l'étude, y compris de la phase pilote ;
- Aux enquêteurs téléphoniques et face-à-face ;
- Aux membres du comité scientifique pour la pertinence de leurs conseils et leur contribution apportée tout au long de l'étude ;
- A toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

PRESENTATION DES INTERVENANTS.....	3
LISTE DES TABLEAUX.....	8
LISTE DES FIGURES.....	10
LISTE DES EQUATIONS.....	10
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	11
SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS.....	13
1 INTRODUCTION GENERALE.....	19
1.1 LES PCB, DES SUBSTANCES PERSISTANTES ET LARGEMENT REPANDUES.....	19
1.1.1 <i>Des effets sur la santé, en particulier chez les enfants exposés pendant la grossesse et l'allaitement.....</i>	20
1.1.2 <i>Des mesures de gestion pour limiter les risques liés aux PCB.....</i>	21
1.1.3 <i>En France, une exposition de la population en diminution, à l'exception des forts consommateurs de poissons ?.....</i>	21
1.2 CAS DES DIOXINES ET DES FURANES.....	22
2 OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	23
3 MATERIEL ET METHODE.....	24
3.1 VALIDATION DU PROTOCOLE DE L'ETUDE.....	24
3.2 MODALITES DE SELECTION ET DESCRIPTION DES SITES ET TRONÇONS DE L'ETUDE.....	24
3.2.1 <i>Un choix a priori des sites sur la base de données de contamination des sédiments en PCB.....</i>	24
3.2.2 <i>Regroupement des sites à partir des données de contamination des poissons en PCB.....</i>	24
3.3 MODALITES DE RECUEIL DES DONNEES DE L'ETUDE (CONSTITUTION DE LA POPULATION DE L'ETUDE).....	26
3.3.1 <i>Constitution de la base de sondage.....</i>	26
3.3.2 <i>Constitution de l'échantillon de l'étude.....</i>	27
3.3.3 <i>Calcul du nombre de sujets nécessaires.....</i>	28
3.3.4 <i>Plan de sondage.....</i>	29
3.4 LES PRINCIPALES ETAPES DE L'ETUDE ET LES OUTILS D'ENQUETE ASSOCIES.....	31
3.4.1 <i>Première étape : filtre téléphonique.....</i>	31
3.4.2 <i>Deuxième étape : enquête en face-à-face à domicile.....</i>	31
3.4.3 <i>Troisième étape : réalisation du prélèvement sanguin.....</i>	32
3.4.4 <i>Quatrième étape : restitution individuelle des résultats.....</i>	32
3.4.5 <i>Assurance qualité des données recueillies par questionnaire.....</i>	33
3.5 DESCRIPTION ET QUANTIFICATION DES BIOMARQUEURS DE L'ETUDE.....	35
3.5.1 <i>Substances quantifiées.....</i>	35
3.5.2 <i>Estimation des indicateurs d'imprégnation chez l'homme et de contamination dans les poissons</i>	35
3.5.3 <i>Méthode analytique : principes généraux.....</i>	36
3.6 ANALYSE STATISTIQUE.....	38
3.6.1 <i>Définition des zones fortement, moyennement et faiblement contaminées.....</i>	38
3.6.2 <i>Description des données.....</i>	38
3.6.3 <i>Déterminants et modélisation de l'imprégnation.....</i>	39
3.6.4 <i>Prise en compte du plan de sondage.....</i>	40
3.6.5 <i>Logiciels utilisés.....</i>	41
4 PARTICIPATION DES PECHEURS AMATEURS.....	42
4.1 ELIGIBILITE.....	42
4.1.1 <i>Inclusion des foyers.....</i>	42
4.1.2 <i>Inclusion des individus.....</i>	44
4.2 TAUX DE PARTICIPATION.....	45

4.3	DESCRIPTION DES NON PARTICIPANTS	45
5	LES PRATIQUES DE PECHE ET DE CONSOMMATION DES FOYERS DE PECHEURS AMATEURS	47
6	LES FOYERS DE PECHEURS AMATEURS : POPULATION ET IMPREGNATION	51
6.1	DESCRIPTION DE LA POPULATION	51
6.1.1	<i>Caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques</i>	<i>51</i>
6.1.2	<i>Caractéristiques géographiques</i>	<i>53</i>
6.1.3	<i>Description de la consommation générale.....</i>	<i>56</i>
6.1.4	<i>Description de la consommation de poissons d'eau douce.....</i>	<i>58</i>
6.2	DESCRIPTION ET MODELISATION DE L'IMPREGNATION.....	66
6.2.1	<i>Description de l'imprégnation.....</i>	<i>66</i>
6.2.2	<i>Distributions des imprégnations</i>	<i>68</i>
6.2.3	<i>Modélisation de l'imprégnation aux PCB.....</i>	<i>74</i>
6.2.4	<i>Modélisation de l'imprégnation aux PCDD/F et PCB-DL</i>	<i>82</i>
7	LES PECHEURS PROFESSIONNELS	85
7.1	DESCRIPTION DE LA POPULATION ET DE SA CONSOMMATION.....	85
7.1.1	<i>Les caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques</i>	<i>85</i>
7.1.2	<i>La consommation alimentaire</i>	<i>86</i>
7.2	LES VALEURS D'IMPREGNATION.....	88
8	DISCUSSION	89
8.1	NIVEAUX DE CONTAMINATION DES POISSONS D'EAU DOUCE EN PCB : UN PROBLEME EUROPEEN	89
8.2	COMPARAISON DES NIVEAUX ACTUELS D'IMPREGNATION DE L'ETUDE AVEC D'AUTRES ETUDES INTERNATIONALES	90
8.2.1	<i>Cas des PCB</i>	<i>90</i>
8.2.2	<i>Cas des PCDD/F et PCB-DL</i>	<i>92</i>
8.3	ASSOCIATION ENTRE LA CONSOMMATION DE POISSONS D'EAU DOUCE ET L'IMPREGNATION AUX PCB	92
8.3.1	<i>Etudes chez des populations de pêcheurs</i>	<i>93</i>
8.3.2	<i>Etudes chez des femmes enceintes</i>	<i>94</i>
8.4	ASSOCIATION ENTRE LA CONSOMMATION DE POISSONS DE MER ET L'IMPREGNATION AUX PCB	95
8.5	ASSOCIATIONS ENTRE L'AGE ET D'AUTRES CARACTERISTIQUES INDIVIDUELLES ET L'IMPREGNATION AUX PCB	96
8.5.1	<i>L'âge.....</i>	<i>96</i>
8.5.2	<i>Autres caractéristiques individuelles.....</i>	<i>97</i>
8.6	RECOMMANDATIONS DE LIMITATION DE CONSOMMATION DE POISSONS D'EAU DOUCE EN EUROPE	98
8.6.1	<i>Cas des pays européens</i>	<i>98</i>
8.6.2	<i>Cas de la France</i>	<i>99</i>
8.7	FACTEURS ASSOCIES A L'IMPREGNATION AUX DIOXINES (PCDD/F) ET PCB DE TYPE DIOXINE (PCB-DL).....	100
9	CONCLUSION	102
10	BIBLIOGRAPHIE	104
	ANNEXE I : : LETTRE DU MINISTERE CHARGE DE LA SANTE	110
	ANNEXE II : VALEURS D'IMPREGNATION CRITIQUES RELATIVES AUX PCB ET PCDD/F+PCB-DL : DEFINITION, LIMITES ET USAGES.....	111
	ANNEXE III : RECOMMANDATIONS DE CONSOMMATION DE POISSONS.....	112
	ANNEXE IV : CONTAMINATION DES SEDIMENTS FLUVIAUX ET ESTUARIENS PAR LES PCB - DONNEES BNDE 2000-2005.....	113
	ANNEXE V : DESCRIPTION DES SITES ET TRONÇONS DE L'ETUDE.....	114
	ANNEXE VI : DEFINITION DE LA NOTION DE CONSOMMATEURS ET DE NON CONSOMMATEURS DE POISSONS D'EAU DOUCE FORTEMENT BIO-ACCUMULATEURS	115
	ANNEXE VII : PROFESSIONS CONSIDEREES COMME EXPOSANT OU AYANT PU EXPOSER AUX PCB	117
	ANNEXE VIII : COURRIERS D'INFORMATION DES PARTICIPANTS.....	118
	ANNEXE IX : PLAQUETTE D'INFORMATION DE L'ETUDE	120

ANNEXE X : DESCRIPTION DETAILLEE DES ETAPES DE L'ETUDE.....	124
ANNEXE XI : QUESTIONNAIRE DU FILTRE TELEPHONIQUE.....	127
ANNEXE XII : QUESTIONNAIRE D'ENQUETE A DOMICILE	131
ANNEXE XIII : LETTRE D'INFORMATION REMISE LORS DE L'ENQUETE A DOMICILE	138
ANNEXE XIV : INSTRUCTIONS TECHNIQUES AUX LABORATOIRES.....	143
ANNEXE XV : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ECLAIRE	145
ANNEXE XVI : COURRIERS DE RESTITUTION INDIVIDUELLE DES RESULTATS	147
ANNEXE XVII : PLAQUETTE D'INFORMATION ACCOMPAGNANT LES COURRIERS DE RESTITUTION	154
ANNEXE XVIII : LISTE DES CONGENERES RECHERCHES	158
ANNEXE XIX : DETAIL DES CRITERES ANALYTIQUES DE QUANTIFICATION DES BIOMARQUEURS DE L'ETUDE	159
ANNEXE XX : VARIABLES GEOGRAPHIQUES	162
ANNEXE XXI : DONNEES DE LA LITTERATURE INTERNATIONALE SUR LES PCB	165
ANNEXE XXII : DONNEES DE LA LITTERATURE INTERNATIONALE SUR LES PCDD/F ET PCB-DL	167
ANNEXE XXIII : LE MODELE PCB	168
ANNEXE XXIV : LE MODELE PCDD/F ET PCB-DL	169

Liste des tableaux

Tableau 1 : Bilan des appels du filtre téléphonique par foyer et par site	42
Tableau 2 : Description des pratiques de pêche (1).....	47
Tableau 3 : Description des pratiques de pêche (2).....	48
Tableau 4 : Description des pratiques de pêche (3).....	49
Tableau 5 : Pourcentage de pêcheurs prenant les différents types de poissons.....	50
Tableau 6 : Répartition des classes d'âge en fonction du sexe	51
Tableau 7 : Répartition de la population par classe d'IMC	51
Tableau 8 : Caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques de la population d'étude ..	52
Tableau 9 : Caractéristiques sociodémographiques de la population d'étude	53
Tableau 10 : Répartition de la population selon la variable "zone"	53
Tableau 11 : Répartition des individus selon la catégorie d'âge dans chaque zone.....	53
Tableau 12 : Description de la consommation générale de la population de l'étude	57
Tableau 13 : Description de la consommation générale de la population de l'étude Individuelle nationale des consommations alimentaires 2 (INCA2).....	58
Tableau 14 : Description de la consommation des poissons d'eau douce dans la population de l'étude	58
Tableau 15 : Description de la consommation de poissons d'eau douce selon le type de consommateurs	59
Tableau 16 : Répartition du type de consommateurs selon le sexe et la zone	60
Tableau 17 : Description de l'âge et de l'IMC selon le type de consommateurs	60
Tableau 18 : Répartition du type de consommateurs selon la zone	60
Tableau 19 : Description de la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs selon le sexe et la zone.....	61
Tableau 20 : Consommation des espèces fortement bio-accumulatrices selon la zone	62
Tableau 21 : Description de la consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs selon le sexe et la zone.....	63
Tableau 22 : Consommation des espèces faiblement bio-accumulatrices selon la zone (1)	63
Tableau 23 : Consommation des espèces faiblement bio-accumulatrices selon la zone (2)	64
Tableau 24 : Consommation des espèces d'eau douce pêchées en dehors des zones de l'étude	65
Tableau 25 : Distribution des PCB en ng/g de matières grasses (MG), dioxines et PCB-DL en pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG dans le sérum de la population de l'étude.....	66
Tableau 26 : Distribution des PCB en ng/g de matières grasses (MG), dioxines et PCB-DL en pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG dans le sérum dans l'échantillon de l'étude	67
Tableau 27 : Description des imprégnations aux PCB en fonction de la zone et de l'âge.....	70
Tableau 28 : Description des imprégnations aux PCDD/F + PCB-DL en fonction de la zone et de l'âge	71
Tableau 29 : Description des imprégnations aux PCB en fonction du sexe et de l'âge.....	72
Tableau 30 : Description des imprégnations aux PCDD/F+PCB-DL en fonction du sexe et de l'âge ..	73
Tableau 31 : Effectifs des individus au-delà des seuils d'imprégnation critiques par âge et par sexe .	74
Tableau 32 : Effectifs des individus au-delà des seuils d'imprégnation critiques par zone et par type de consommateurs	74

Tableau 33 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCB totaux en ng/g MG basées sur le modèle final (1).....	75
Tableau 34 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCB totaux en ng/g MG basées sur le modèle final (2).....	75
Tableau 35 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCB totaux en ng/g MG en fonction des variables de consommation basées sur le modèle final	77
Tableau 36: Valeurs utilisées dans le modèle pour simuler l'imprégnation aux PCB totaux en fonction de la consommation annuelle de poissons fortement bio-accumulateurs (femmes, scénario 1). 79	79
Tableau 37 : Fréquences critiques de consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs chez les femmes à un âge donné selon le scénario 1	80
Tableau 38 : Valeurs utilisées dans le modèle pour simuler l'imprégnation aux PCB totaux en fonction de la consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs (femmes, scénario 2)80	80
Tableau 39 : Fréquences critiques de consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs chez les femmes à un âge donné selon le scénario 2	81
Tableau 40 : Valeurs utilisées dans le modèle pour simuler l'imprégnation aux PCB totaux en fonction de la consommation annuelle de poissons fortement bio-accumulateurs (hommes).....	81
Tableau 41 : Fréquences critiques de consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs chez les hommes à un âge donné selon les 2 scénarii	81
Tableau 42 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCDD/F et PCB-DL en pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG en fonction des variables sociodémographiques et anthropométriques basées sur le modèle final (1)	82
Tableau 43 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCDD/F et PCB-DL en pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG basées sur le modèle final (2)	83
Tableau 44 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCDD/F et PCB-DL en pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG en fonction des variables de consommation basées sur le modèle final	84
Tableau 45 : Répartition des individus par catégorie d'âge selon le sexe	85
Tableau 46 : Répartition de l'échantillon par classe d'IMC	85
Tableau 47 : Consommation des poissons d'eau douce chez les pêcheurs professionnels et les membres de leur foyer	86
Tableau 48 : Fréquences annuelles de consommation alimentaire générale des pêcheurs professionnels et des membres de leur foyer.....	87
Tableau 49 : Distribution de l'imprégnation aux PCB en ng/g MG, dioxines et PCB-DL en pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG chez les membres de foyers de pêcheurs professionnels dans le sérum	88
Tableau 50 : Sites et tronçons de l'étude	114
Tableau 51 : Description des congénères de PCDD/F et PCB recherchés	158
Tableau 52 : Contamination des poissons en PCDD/F+PCB-DL et PCB _i par zone	164
Tableau 53 : Médiane de la concentration sérique en PCB 153 (en ng/g MG) dans la population générale	165
Tableau 54 : Médiane de la concentration sérique en PCB 153 (en ng/g MG) dans les populations exposées.....	165
Tableau 55 : Médiane de la concentration sérique en PCB 153 (en ng/g MG) dans la population des femmes en âge de procréer en population générale.....	166
Tableau 56 : Moyenne géométrique de la concentration sérique en PCDD/F+PCB-DL (en pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG) dans la population générale et contribution des PCDD/F au total TEQ (en %). 167	167
Tableau 57 : Les coefficients du modèle PCB	168
Tableau 58 : Les coefficients du modèle PCDD/F + PCB-DL	169

Liste des figures

Figure 1 : Structure chimique des PCB (Efsa 2005)	19
Figure 2 : Répartition des tronçons sur les sites de l'étude.....	25
Figure 3 : Bilan de la sélection des sites et du recueil des données.....	34
Figure 4 : Schéma du principe de l'analyse des PCDD/F et PCB dans les matrices "sang" et "poisson"	37
Figure 5 : Bilan des phases d'inclusion	43
Figure 6 : Causes de non participation individuelle par site	44
Figure 7 : Taux de participation des individus par site	45
Figure 8 : Age moyen des personnes contactées lors de l'étude par site.....	45
Figure 9 : Pourcentage de femmes contactées lors de l'étude par site	46
Figure 10 : Répartition des tronçons selon le niveau de contamination des poissons en PCB indicateurs (variable "zone PCB").....	54
Figure 11: Répartition des tronçons selon le niveau de contamination des poissons en PCDD/F + PCB-DL (variable "zone dioxine").....	55
Figure 12 : Description de la consommation des produits de la mer selon le type de consommateurs des poissons fortement bio-accumulateurs	56
Figure 13 : Distribution des PCB totaux et congénères (ng/g MG)	68
Figure 14 : Distribution des PCDD/F et PCB-DL (pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG).....	69
Figure 15 : Association entre l'âge et le log de l'imprégnation aux PCB totaux	76
Figure 16 : Association entre l'IMC et le log de l'imprégnation aux PCB totaux	76
Figure 17 : Association entre la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés sur zone et le log de l'imprégnation aux PCB totaux	77
Figure 18 : Association entre la consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs pêchés hors zone et le log de l'imprégnation aux PCB totaux	77
Figure 19 : L'évolution de l'imprégnation aux PCB totaux en fonction de la consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs (femmes, scénario 1).....	79
Figure 20 : Données de contamination des sédiments en microgrammes par kilogramme de matières sèches (MS) (Ministère de l'écologie).....	113
Figure 21 : Dendrogramme relatif aux PCB _i	162
Figure 22 : Silhouette des 3 classes formées à partir des données de contamination en PCDD/F+PCB-DL	163

Liste des équations

Équation 1 : Probabilité d'inclusion d'un individu dans l'étude	30
Équation 2 : Calculs du taux de réponse d'un foyer et d'un individu	30
Équation 3 : Calcul de la probabilité finale d'inclusion d'un individu	30

Sigles et abréviations

AAPPMA : Association agréée de la pêche et de la protection des milieux aquatiques

Ademe : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

Afssa : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

Afssaps : Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé

ANB : agence flamande pour la nature et les forêts (Belgique) (Agentschap voor Natuur en Bos)

ANC : Apport nutritionnel conseillé

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ASE : extraction accélérée par solvant (Accelerated Solvent Extraction)

ATSDR : agence pour les substances toxiques et registre de maladies (Etats-Unis) (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

BfR : institut fédéral d'évaluation du risque (Allemagne) (Bundesinstitut für Risikobewertung)

BNDE : Banque nationale des données sur l'eau

Calipso : étude des Consommations alimentaires des produits de la mer et imprégnation aux éléments traces, polluants et oméga 3

CAPI : Computed Assisted Personal Interviewing

CAP-TV : Centre anti-poison et de toxicovigilance

CATI : Computed Assisted Telephone Interviewing

Circ : Centre international de recherche sur le cancer

Cnil : Commission nationale de l'informatique et des libertés

CNPMEM : Comité national des pêches maritimes et des élevages marins

COFRAC : Comité français d'accréditation

Conapped : Comité national de la pêche professionnelle en eau douce

CPP : Comité de protection des personnes

CSP : Catégorie socioprofessionnelle

DJT : Dose journalière tolérable

EAT : Etude d'alimentation totale

Efsa : Autorité européenne de sécurité alimentaire (European Food Safety Authority)

EIL : Essai inter laboratoire

ENNS : Etude nationale nutrition santé

EPA : agence de protection environnementale (Etats-Unis) (Environmental Protection Agency)

EPIC : Enquête prospective européenne cancer et nutrition (European Prospective Investigation into Cancer and nutrition)

ET : Ecart-type

FDA : agence de sécurité sanitaire de l'alimentation et du médicament (Etats-Unis) (Food Drug Administration)

FNPF : Fédération nationale de la pêche en France

GC-HR-MS : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse haute résolution (Gas Chromatography coupled with High Resolution Mass Spectrometry)

IC_{95%} : Intervalle de confiance à 95%

ICAR-PCB : Imprégnation aux PCB et consommation alimentaire des produits de rivière

IQR : interquartile

IMC : Indice de masse corporelle

INCA : étude Individuelle nationale des consommations alimentaires

INPES : Institut national de prévention et d'éducation pour la santé

INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques

InVS : Institut de veille sanitaire

GfK ISL : institut de sondages Laval

LQ : Limite de quantification

MG : Matières grasses

MS : Matières sèches

NFA : agence de sécurité sanitaire de l'alimentation (Suède) (National Food Administration)

OFEV : Office fédéral de l'environnement (Suisse)

OMS : Organisation mondiale de la santé

Onema : Office national de l'eau et des milieux aquatiques

ONIRIS/LABERCA : Ecole nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation Nantes Atlantique
Laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments

OSQCA : Organisme pour la sécurité et la qualité de la chaîne alimentaire (Luxembourg)

PCB, PCB-DL, PCB-NDL : polychlorobiphényles, polychlorobiphényles de type dioxines,
polychlorobiphényles de type autres que dioxines

PCDD/F : polychlorodibenzo-dioxines, polychlorodibenzo-furanes

PF : Poids frais

PNNS : Programme national nutrition santé

PNUE : Programme des nations unies pour l'environnement

POP : Polluants organiques persistants

RCCP : Résidus et contaminants chimiques et physiques

TEF : facteur d'équivalence toxique (Toxic Equivalency Factor)

TEQ : équivalent toxique (Toxic Equivalent)

SACN : comité consultatif scientifique de la nutrition (Royaume-Uni) (Scientific Advisory Committee on Nutrition)

SHAM : Société hospitalière d'assurances mutuelles

SPE : extraction en phase solide (Solid Phase Extraction)

UIOM : Usine d'incinération des ordures ménagères

VKM : comité de sécurité sanitaire de l'alimentation (Norvège) (Vitenskapskomiteen for mattrygghet)

VTR : Valeur toxicologique de référence

SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

Ce document synthétise les travaux de l'étude nationale Anses-InVS d'imprégnation aux polychlorobiphényles des consommateurs de poissons d'eau douce (ICAR-PCB).

Les PCB (polychlorobiphényles) sont des substances persistantes dans l'environnement largement répandues à la surface du globe. Produits pour la première fois en 1929, ils ont été utilisés pendant une cinquantaine d'années notamment pour leurs qualités d'isolation électrique (en particulier dans les transformateurs électriques). Ils sont interdits dans de nombreux pays, dont en France depuis la fin des années 80. Comme d'autres polluants organiques persistants (POP), les PCB peuvent induire des effets sur la santé, en particulier sur le développement mental et moteur des jeunes enfants exposés pendant la grossesse et l'allaitement. Au niveau européen comme international, des dispositions ont été prises pour réduire l'exposition de la population aux PCB. Par exemple, la Commission européenne a fixé en 2006 des teneurs maximales en PCB de type dioxines à ne pas dépasser dans les poissons commercialisés. En France, comme dans plusieurs pays européens, des dépassements de ces teneurs dans les poissons d'eau douce ont été observés dans plusieurs cours d'eau. C'est dans ce contexte, qu'en 2008, à l'occasion du plan national d'actions sur les PCB, le Ministère chargé de la santé a confié à l'**Anses**, en partenariat avec l'**Institut de veille sanitaire (InVS)**, une étude sur l'imprégnation sanguine¹ aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce. Cette étude est financée par le **Ministère chargé de la santé**.

Son objectif est d'**identifier les principaux déterminants de l'imprégnation aux PCB** et notamment de rechercher **un lien éventuel entre la consommation de poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs de PCB et l'imprégnation individuelle**, en tenant compte des autres facteurs sociodémographiques, anthropométriques ou alimentaires. Cette étude doit aider à la définition de fréquences acceptables de consommation de ces poissons, c'est-à-dire sans danger pour l'homme sur le long terme. Enfin, elle vise à **décrire la consommation des poissons d'eau douce**. Le protocole de l'étude est principalement fondé sur les travaux conduits dans la région des Grands Lacs nord-américains, les études d'imprégnation européennes étant à ce jour davantage consacrées aux produits marins.

Toutes les espèces de poissons d'eau douce n'ont pas la même capacité de bio-accumulation des PCB car elle dépend notamment de leur habitat et/ou de leur alimentation. Les espèces à fortes teneurs en matières grasses et/ou vivant au contact des sédiments où s'accumulent les PCB sont généralement les plus contaminées. Ces espèces fortement bio-accumulatrices en PCB (**anguille, barbeau, brème, carpe, silure**) sont donc des sources potentielles d'exposition des consommateurs et ont été investiguées prioritairement dans cette étude.

Les poissons d'eau douce sont peu commercialisés par rapport aux poissons d'eau de mer. En l'absence de données nationales de consommation des poissons d'eau douce, l'étude a donc fait l'hypothèse que la **population des pêcheurs amateurs en eau douce et celle des pêcheurs professionnels** étaient les plus consommatrices de ces poissons et ont été retenues pour participer à l'étude. Cette hypothèse est soutenue par la littérature scientifique internationale, notamment les études menées dans la région des Grands Lacs américains.

Le protocole de l'étude a fait l'objet d'une validation et d'un suivi par le Comité de protection des personnes d'Ile-de-France IX (Créteil Henri Mondor). La Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil) a également donné son avis favorable.

¹ Teneur dans le sang.

Avec l'aide de la **Fédération nationale de la pêche en France (FNPF)** ainsi que du **Comité national de la pêche professionnelle en eau douce (Conapped)**, la **société GfK ISL** a recueilli les coordonnées téléphoniques de **21 180 foyers de pêcheurs amateurs et 26 foyers de pêcheurs professionnels** répartis sur **six sites d'étude**. Ces sites correspondaient à des cours d'eau sélectionnés *a priori* à partir de données de contamination de sédiments : la Seine et la Somme sont considérées comme des cours d'eau fortement contaminés en PCB, le Rhône et le Rhin (et la Moselle) comme moyennement contaminés et enfin la Loire et la Garonne constituent les sites les moins contaminés. Des données de contamination de poissons acquises par **l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques** (Onema) ont permis d'affiner ces choix.

LES PECHEURS AMATEURS ET MEMBRES DE LEUR FOYER

Le protocole de l'étude a été divisé en trois grandes parties.

Tout d'abord, un premier filtre téléphonique a permis de sélectionner **5 793 foyers** remplissant les conditions nécessaires à la participation à l'étude (posséder une carte de pêche récente, pêcher sur au moins l'un des sites de l'étude). Cette première étape a également permis de recueillir des informations sur les pratiques de pêche et de déterminer le niveau de consommation des poissons fortement bio-accumulateurs de chacun des membres du foyer âgés de 18 à 75 ans.

Au sein de ces foyers, tous les consommateurs réguliers de ces poissons ainsi qu'une partie des non consommateurs et des consommateurs plus occasionnels ont été inclus dans l'étude, sous réserve de leur acceptabilité de participer et de l'absence de graves problèmes de santé ou d'exposition environnementale aux PCB autre que par la voie alimentaire (expositions professionnelles ou accidentelles).

Dans un deuxième temps, les individus éligibles et acceptant de participer ont été interrogés à leur domicile sur leurs habitudes générales de consommation alimentaire.

Enfin, ils étaient conviés à réaliser un prélèvement sanguin transmis au **Laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments de l'Ecole nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation Nantes Atlantique (LABERCA, ONIRIS)** chargé de l'analyse des PCB. Les dioxines et furanes ont également été mesurés compte tenu de leur similitude avec les PCB. Au total, ce sont **606 pêcheurs ou membres de leur foyer** qui ont participé à l'étude, avec une sur-représentation volontaire des consommateurs par rapport aux non consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs. Il s'agissait d'un effectif suffisant *a posteriori* pour répondre aux objectifs de l'étude.

Le taux de participation est de **44%** ce qui est très satisfaisant pour une étude incluant la réalisation d'un prélèvement sanguin. Ce taux est un peu plus élevé chez les individus consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs (51,6%) mais aussi chez ceux résidant à proximité du Rhône, compte tenu de la forte médiatisation de ce sujet environnemental dans cette région. L'âge moyen de la population est de **44,8 ans** ($IC_{95\%} = [43,4 ; 46,3]$)², elle est constituée à 61,4% par des hommes.

La **consommation des poissons d'eau douce** est relativement modérée dans la population des membres des foyers de pêcheurs. Toutes espèces de poissons confondues, elle s'élève en moyenne à environ **une fois par mois** (13 fois/an, $IC_{95\%} = [11,2 ; 14,8]$), avec une consommation plus importante de poissons faiblement bio-accumulateurs (en moyenne 10,5 fois/an, $IC_{95\%} = [9,0 ; 12,0]$ contre 2,5 fois/an pour les poissons fortement bio-accumulateurs, $IC_{95\%} = [1,9 ; 3,1]$). **Seulement 5% de la population consomme des poissons d'eau douce une fois par semaine ou plus.**

La **population la plus à risques, c'est-à-dire celle qui consomme des poissons fortement bio-accumulateurs** représente **13% de la population** de l'étude. Elle est en moyenne plus âgée (52,6 ans, $IC_{95\%} = [51,2 ; 54,0]$) et demeure davantage à proximité des cours d'eau les moins contaminés (51%, $IC_{95\%} = [43,3 ; 58,7]$). Sa consommation moyenne de poissons fortement bio-accumulateurs s'élève à un peu plus d'une fois par mois (14,8 fois/an, $IC_{95\%} = [11,3 ; 18,4]$). Comme la population de l'étude, elle consomme également des poissons faiblement bio-accumulateurs et, en moyenne, en quantité plus importante, environ 2 à 3 fois par mois (29 fois/an, $IC_{95\%} = [25,3 ; 32,6]$). La consommation totale de poissons d'eau douce de cette population est donc en moyenne de 3 à 4 fois par mois (43,8 fois/an, $IC_{95\%} = [38,4 ; 49,2]$). Cette consommation est du même ordre de grandeur

² $IC_{95\%}$: intervalle de confiance à 95%.

chez les hommes et les femmes. Pour les poissons fortement bio-accumulateurs, elle est un peu plus élevée dans les zones les moins contaminées. Enfin, certaines espèces demeurent plus particulièrement prisées comme l'anguille ou le silure pour les poissons fortement bio-accumulateurs et l'ablette, la perche, le sandre ou le brochet pour les espèces faiblement bio-accumulatrices. La consommation des poissons d'eau douce est nettement inférieure à celle de poissons d'eau de mer. Cette dernière s'élève à environ 1,5 fois par semaine (en moyenne 74,3 fois/an, $IC_{95\%} = [66,3 ; 82,3]$), elle est proche de celle de la population générale française.

Imprégnation aux PCB

L'imprégnation moyenne³ aux PCB totaux des sujets de l'étude est de **492 ng/g de matières grasses (MG)** ($IC_{95\%} = [462,2 ; 523,5]$). Les **femmes en âge de procréer (18-44 ans)** représentent la population la plus à risques compte tenu des effets des PCB chez le jeune enfant exposé pendant la grossesse. Leur imprégnation moyenne aux PCB totaux s'élève à **230,5 ng/g MG** ($IC_{95\%} = [196,0 ; 271,0]$). **Ces résultats sont du même ordre de grandeur que ceux observés dans la population générale française pour la période 2006-2007 (données de l'étude ENNS de l'InVS, Etude nationale nutrition santé) et dans les pays européens voisins de la France. En revanche, ils sont plus élevés que dans la population générale nord-américaine.** Cette différence peut s'expliquer par une contamination environnementale plus faible dans ces pays qu'en Europe. Elle peut également être due à des comportements alimentaires différents : les populations nord-américaines sont en effet moins consommatrices de poissons alors que ces derniers constituent le contributeur majeur de l'exposition aux PCB dans les pays européens. Les teneurs observées dans l'échantillon de l'étude restent toutefois inférieures à celles des populations Inuites ou encore des populations de certains pays d'Europe de l'Est comme la Slovaquie, connue pour une forte contamination en PCB.

La comparaison des teneurs observées avec des données plus anciennes, issues de la population française, met en évidence une **diminution progressive de l'imprégnation**. Ainsi, à la fin des années 1980, le niveau d'imprégnation moyen de la population française aux PCB était estimé à **1800 ng/g MG**. Cette diminution progressive de l'imprégnation de la population, déjà observée dans d'autres études, pourrait être la traduction d'un effet générationnel. Depuis l'interdiction des PCB en France à la fin des années 80, le bruit de fond environnemental diminue progressivement et les expositions humaines également. Ainsi, un individu qui naît aujourd'hui, à consommation égale, sera moins exposé qu'un individu né pendant la phase de production et d'utilisation des PCB.

Seuls 2,5% de la population de l'étude dépassent les valeurs d'imprégnation critiques proposées par l'Anses pour les PCB, dont 0,3% de femmes en âge de procréer. Ces seuils, fixés à 700 ng/g MG pour les femmes en âge de procréer et à 1800 ng/g MG pour le reste de la population, correspondent à des niveaux de teneurs sériques en dessous desquels la probabilité d'effets sur la santé a été considérée par l'Anses comme négligeable⁴. La moyenne d'âge des sujets dont l'imprégnation dépasse la valeur seuil est plus élevée que celle de la population de l'étude. Par ailleurs, ce sont principalement des consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs. Ils se répartissent de façon homogène dans l'ensemble des zones étudiées.

Les déterminants de l'imprégnation aux PCB identifiés permettent d'expliquer **67%** de la variabilité des niveaux d'imprégnation observée entre les individus de l'échantillon. **Les facteurs sociodémographiques et anthropométriques expliquent à eux seuls 63% de cette variabilité et jouent donc un rôle déterminant. L'âge est le facteur qui présente l'association la plus forte avec l'imprégnation aux PCB** ($p < 0,0001$)⁵. Il explique 61% de la variabilité de l'imprégnation : ainsi en 5 ans, l'imprégnation aux PCB augmente de 22%. D'autres facteurs tels que le sexe, la prise de poids, l'indice de masse corporelle (IMC), le niveau de contamination de la zone de pêche fréquentée sont également associés à l'imprégnation mais de façon plus limitée. Les individus de la zone la plus contaminée ont les imprégnations les plus élevées.

³ Cette terminologie désigne, dans la suite de cette synthèse, la moyenne géométrique pour les substances considérées dans les lipides sériques.

⁴ Pour rappel, ces valeurs critiques permettent de positionner les niveaux d'imprégnation observés pour des populations par rapport à des critères sanitaires. La comparaison de ces valeurs seuils avec des teneurs individuelles ne permet pas de prévoir si des troubles de santé vont apparaître chez l'enfant ou l'adulte en lien avec des imprégnations individuelles élevées.

⁵ Probabilité que l'association mise en évidence par l'étude ne soit pas réellement vérifiée : l'âge n'est pas associé à l'imprégnation.

Les facteurs alimentaires jouent un rôle beaucoup plus restreint puisqu'ils ne permettent d'expliquer que 4% de la variabilité de l'imprégnation. Parmi ceux-ci, **la consommation actuelle des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés sur les sites de l'étude est celle qui présente l'association la plus importante avec l'imprégnation aux PCB** ($p < 0,0001$ avec un pourcentage de variabilité de l'imprégnation expliquée de 2%). Cette association se traduit par une augmentation de l'imprégnation aux PCB de 8,5 ng/g MG par acte de consommation de ces poissons. D'autres facteurs de consommation sont également associés à l'imprégnation mais de façon plus limitée (comme la consommation de fromage, d'œufs, de lait). En revanche, dans notre étude, la consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs pêchés sur les sites ainsi que celle des poissons d'eau de mer n'apparaissent pas significativement associées à l'imprégnation aux PCB. L'autoconsommation des œufs et des volailles n'est pas identifiée comme un déterminant de l'imprégnation aux PCB.

Dans cette étude, l'association décrite entre l'imprégnation aux PCB et la consommation actuelle de poissons fortement bio-accumulateurs apparaît tout à fait semblable à celle mise en évidence dans des études du même type, en particulier celles conduites il y a une vingtaine d'années en Amérique du Nord dans la région des Grands Lacs. Alors que les fréquences de consommation de ces poissons sont faibles, ce résultat pourrait s'expliquer par des niveaux de contamination des poissons fortement bio-accumulateurs élevés, en particulier dans certains sites de l'étude.

La forte contribution de l'**âge** dans l'explication de la variabilité de l'imprégnation est également observée dans la plupart des études internationales. Elle pourrait résulter de l'accumulation progressive des PCB dans l'organisme au cours du temps et refléter, en ce sens, l'exposition tout au long de la vie. Elle pourrait également s'expliquer par un effet générationnel : l'interdiction des PCB à la fin des années 80 se traduirait par la diminution progressive des contaminations environnementales et, par conséquent, des expositions humaines. L'augmentation de l'imprégnation avec l'âge est cependant d'ampleur variable selon les études. De plus, l'approche transversale utilisée pour notre étude (photographie d'une population sur une courte période) ne permet pas de confirmer ces hypothèses et de mesurer ces effets.

Enfin, des études internationales ont mis en évidence une association significative entre l'imprégnation aux PCB et la consommation des poissons de mer, ce qui n'est pas le cas dans la présente étude. En effet le protocole de l'étude n'était pas bâti pour identifier une telle association. Cependant, l'augmentation de l'imprégnation observée dans ces études et associée à la consommation des poissons de mer est inférieure à celle associée à la consommation des poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs dans notre étude. Une des explications possibles serait le plus faible niveau de contamination généralement constaté dans les poissons de mer.

A partir des facteurs de variation de l'imprégnation identifiés dans notre étude, il est possible d'estimer, pour différents types de population et différents âges, des niveaux de consommation critiques des poissons fortement bio-accumulateurs qui pourraient entraîner un dépassement des valeurs d'imprégnation critiques. Sur la base de différentes hypothèses et scénarii jugés pertinents pour répondre aux objectifs de l'étude, le rapport propose différents niveaux de consommation critiques. Ainsi, à titre d'exemples, les fréquences de consommation critiques pour une femme de 44 ans seraient comprises entre environ 1 fois tous les 2 mois et 1 fois par mois de poissons fortement bio-accumulateurs ; et pour un homme de 60 ans, elles seraient de 2 à 3 fois par mois. Ces propositions pourraient servir de base scientifique aux comités d'experts de l'Anses afin d'élaborer, sous forme d'un avis de l'Agence, des fréquences de consommation acceptables des poissons fortement bio-accumulateurs, c'est-à-dire sans danger pour l'homme, et tenant compte des limites de l'étude.

Imprégnation aux dioxines/furanes (PCDD/F) et PCB-DL

La plupart des études internationales mesurent simultanément les dioxines (PCDD), furanes (PCDF) et les PCB de type dioxines (PCB-DL) compte tenu de la similitude de ces substances, en particulier de leurs propriétés physico-chimiques et de leur activité toxicologique. En revanche, les sources d'émission sont différentes puisque les PCDD/F sont principalement formés au cours de processus thermiques accidentels ou industriels.

Pour la somme des PCDD/F et PCB-DL, l'imprégnation moyenne de l'échantillon de l'étude est de **19 pg TEQ₂₀₀₅/g MG (IC_{95%} = [17,8 ; 19,4])⁶**. Pour la population des **femmes en âge de procréer**, elle s'élève en moyenne à **13 pg TEQ₂₀₀₅/g MG (IC_{95%} = [11,9 ; 14,2])**. **Ces niveaux sont proches de ceux observés dans les pays européens voisins de la France**. Ils sont également du même ordre de grandeur que ceux des pays nord-américains, même si la contribution des PCB-DL à la somme PCDD/F+PCB-DL dans l'échantillon de l'étude est plus forte que celle observée aux Etats-Unis. Ces résultats sont cohérents avec ceux décrits précédemment pour les PCB qui mettent en évidence une imprégnation plus forte des populations européennes, dont la France, par rapport aux populations nord-américaines.

Les déterminants de l'imprégnation à la somme PCDD/F+PCB-DL identifiés permettent d'expliquer **62%** de la variabilité des imprégnations de l'échantillon de l'étude. **Les facteurs sociodémographiques et anthropométriques participent à eux seuls à 57% de la variabilité des niveaux d'imprégnation et jouent un rôle déterminant. Comme pour les PCB, l'âge est le facteur qui présente l'association la plus forte avec l'imprégnation aux PCDD/F+PCB-DL** ($p < 0,0001$ avec un pourcentage de variabilité de l'imprégnation expliquée de 50,2%) : elle se traduit par une **augmentation de l'imprégnation** estimée de 14,2 pg TEQ₂₀₀₅/g MG à 24,8 pg TEQ₂₀₀₅/g MG entre 40 et 60 ans. D'autres facteurs tels que le sexe, la prise ou la perte de poids, l'IMC, le statut tabagique et le niveau de contamination de la zone de pêche fréquentée sont également associés à l'imprégnation mais de façon plus limitée. **Comme pour les PCB, les facteurs alimentaires jouent un rôle beaucoup plus limité puisqu'ils ne permettent d'expliquer que 5% de la variabilité observée**. Les denrées animales d'origine terrestre (les matières grasses animales, le lait, les œufs) sont les principaux contributeurs alimentaires à l'imprégnation. Une des explications possibles serait la source d'émission des PCDD/F qui est principalement d'origine aérienne (émission lors de processus de combustion) et va donc contribuer davantage à la contamination des denrées d'origine terrestre qu'à celle des poissons.

Ces résultats sont cohérents avec les données de la bibliographie internationale qui ne mettent pas en évidence de façon claire d'association entre la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs de PCB et l'imprégnation aux PCDD/F+PCB-DL. A l'inverse des PCB, il n'est donc pas nécessaire de définir de fréquences de consommation sans danger pour l'homme au regard du risque lié aux dioxines et PCB-DL.

LES PECHEURS PROFESSIONNELS ET MEMBRES DE LEUR FOYER

Sur les sites de l'étude, seuls 26 foyers de pêcheurs ont pu être identifiés. Au total, **16 individus âgés de 18 à 75 ans** ont été inclus. Compte tenu de ce faible effectif et des modalités d'inclusion, seule une analyse descriptive a pu être réalisée.

Leur moyenne d'âge semble proche de celle de la population des pêcheurs amateurs et membres de leur foyer (**45,4 ans**). Leur consommation totale des poissons d'eau douce serait également proche de celle des amateurs. En revanche, la proportion des poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs consommés serait plus importante. L'accès direct à la ressource peut aisément expliquer ce comportement alimentaire spécifique et laisserait supposer l'existence d'une proportion plus forte de consommateurs de ces poissons dans cette population.

Les imprégnations aux PCB semblent également plus élevées que pour l'échantillon des pêcheurs amateurs avec une **moyenne de 1 166,9 ng/g MG (maximum : 5 378,3 ng/g MG)**. En revanche, elles semblent être du même ordre de grandeur pour la somme des PCDD/F et PCB-DL avec une **moyenne de 24,3 pg TEQ₂₀₀₅/g MG (maximum : 93,5 pg TEQ₂₀₀₅/g MG)**.

Près de la moitié de ces participants dépassent les valeurs d'imprégnation critiques proposées par l'Anses pour les PCB. Tous ces individus sont des consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs. Parmi ceux-ci, il n'y a pas de femmes en âge de procréer.

⁶ La somme des PCDD/F et PCB-DL est mesurée en équivalent toxique (TEQ) chaque congénère étant pondéré par son facteur d'équivalence toxique (TEF) par rapport à la dioxine de Seveso la plus toxique.

CONCLUSION

Les résultats de l'étude sont globalement très cohérents avec ceux observés dans d'autres recherches du même type au niveau international. Pour la première fois en Europe et sur la base de données d'imprégnation, ils mettent en évidence que les valeurs d'imprégnation critiques relatives aux PCB pourraient être dépassées pour une consommation actuelle de poissons fortement bio-accumulateurs inférieure aux recommandations générales de consommation de poissons⁷. Aussi, et à l'instar d'autres pays européens, ces résultats pourraient être utilisés pour définir des fréquences de consommation acceptables de ces poissons, c'est-à-dire considérées comme sans danger pour l'homme, afin de limiter l'exposition des plus forts consommateurs.

⁷ Deux portions de poissons par semaine dont une à forte teneur en oméga 3.

1 Introduction générale

Les PCB sont des substances persistantes dans l'environnement et largement répandues à la surface du globe. Elles sont interdites en France et dans de nombreux pays depuis plus de 20 ans. Comme d'autres polluants organiques persistants (POP), les PCB induisent des effets sur la santé en particulier chez les jeunes enfants exposés pendant la grossesse. Des mesures de gestion, au niveau européen ou international, permettent de réduire les risques liés aux PCB, par exemple par la fixation de teneurs maximales à ne pas dépasser dans les poissons et autres aliments commercialisés. Néanmoins, en France, des dépassements de ces teneurs ont été observés dans les poissons d'eau douce de plusieurs cours d'eau. C'est dans ce contexte, qu'en 2008, à l'occasion du plan national d'actions sur les PCB, le Ministère chargé de la santé a confié à l'Anses, en collaboration avec l'InVS, une étude sur la consommation des poissons d'eau douce et son lien éventuel avec l'imprégnation sanguine aux PCB des consommateurs.

1.1 Les PCB, des substances persistantes et largement répandues

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des substances d'origine anthropique synthétisées pour la première fois en **1929** et produites pendant une cinquantaine d'années. Elles ont été utilisées dans l'industrie sous forme de mélanges pour leurs qualités d'isolation électrique (transformateurs électriques et condensateurs), de lubrification (turbines) et d'ininflammabilité (huiles, soudures, adhésifs ou peintures). La production mondiale de PCB a été estimée à plus d'un million de tonnes avec un pic de production à la fin des années 1960 (Carrier *et al.* 2006; Efsa 2005).

Les PCB sont des substances chimiques dont la formule brute est $C_{12}H_{10-n}Cl_n$. Elles sont formées d'un noyau biphenyle ($C_{12}H_{10}$) sur lequel un ou plusieurs atomes d'hydrogène sont substitués par des atomes de chlore. Les différents congénères de PCB peuvent ainsi comprendre de un à dix atomes de chlore (*cf.* Figure 1).

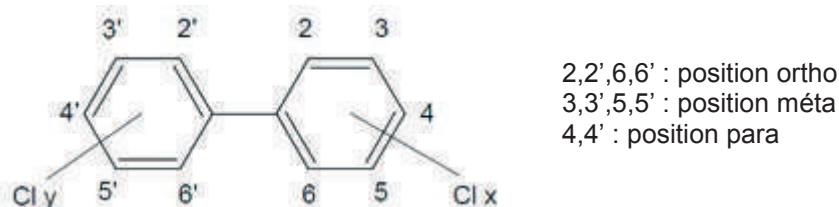


Figure 1 : Structure chimique des PCB (Efsa 2005)

Cette structure chimique explique la grande stabilité thermique et le faible niveau d'inflammabilité des PCB et, par conséquent, leur très large utilisation industrielle comme isolants et diélectriques. Ces substances se caractérisent également par une grande stabilité chimique, une **faible solubilité dans l'eau** et un caractère fortement lipophile. Elles ont ainsi une propension à s'accumuler dans l'environnement en particulier dans les sédiments des cours d'eau ou marins. Elles se bio-accumulent ensuite progressivement le long de la chaîne trophique, en particulier dans les poissons, puis chez l'homme par la voie alimentaire, principalement au niveau des **tissus adipeux**.

Il existe au total 209 congénères de PCB qui peuvent être classés en trois catégories au regard du nombre d'atomes de chlore (Cravedi and Narbonne 2002) :

- les congénères **faiblement chlorés** (de 1 à 3 atomes) : ils sont peu rémanents et donc peu présents dans l'environnement et les denrées alimentaires ;
- les congénères **plus fortement chlorés** (non ortho ou mono-ortho substitués) de type dioxines (**PCB « dioxin-like » ou PCB-DL**) : ils s'apparentent aux dioxines par leur structure chimique et leur mécanisme d'action toxicologique. Plus rémanents dans l'environnement, ils sont présents dans les aliments mais souvent à des taux plus faibles ;
- les congénères **très fortement chlorés** (majoritairement di-ortho substitués) : ce sont les plus rémanents et constituent la fraction la plus abondante de PCB dans les aliments.

Les congénères de type autre que dioxines sont couramment désignés par **PCB « non dioxin-like »** ou **PCB-NDL**.

C'est en 1966 que le chimiste suédois Soren Jensen met en évidence, pour la première fois, la présence des PCB dans les tissus de poissons et d'oiseaux piscivores (Jensen 1966). Aujourd'hui, il est avéré qu'il existe un **bruit de fond environnemental en PCB** tant chez l'animal que chez l'homme, la principale source d'exposition étant l'**alimentation** (95%) (Afssa 2006 ; 2007 ; Domingo and Bocio 2007). Les **poissons** constituent un contributeur majeur de l'exposition aux PCB, en particulier chez les populations fortes consommatrices comme les Inuits ou les pêcheurs dans les Grands Lacs américains (McGraw and Waller 2009).

1.1.1 Des effets sur la santé, en particulier chez les enfants exposés pendant la grossesse et l'allaitement

Les PCB ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche pour déterminer leur toxicité. Ces recherches sont particulièrement délicates en raison de l'hétérogénéité des congénères utilisés dans les mélanges industriels et de l'absence de spécificité des effets observés sur la santé. La toxicité des PCB varie selon le nombre et la position des atomes de chlore sur les noyaux biphényles ainsi que selon les espèces exposées.

Chez l'animal, à très fortes doses, des effets sur le système hépatique ont pu être mis en évidence. **A plus faibles doses sur le long terme, les effets observés sont de natures très diverses : anémie, acné**, effets sur les fonctions hépatique, thyroïdienne, immunitaire, reproductive, comportementale ainsi que sur le développement cérébral du fœtus. Enfin, les PCB sont classés dans le groupe 2A par le Circ (Centre international de recherche sur le cancer) comme probablement cancérigènes chez l'homme, à partir de données suffisantes chez l'animal (cancer du foie) mais limitées chez l'homme (US ATSDR 2000).

Chez l'homme, les études épidémiologiques mettent en évidence des effets variables selon le niveau d'exposition.

A fortes doses et à court terme, les effets le plus souvent rapportés sont des irritations de la peau (chloracné) et plus rarement des troubles hépatiques, neurologiques, des bronchites chroniques, des maux de tête, des vertiges, des dépressions, des troubles de la mémoire et du sommeil, de la nervosité (US ATSDR 2000). **A faibles doses sur le long terme**, il est rapporté (Afssa 2010a) :

- chez le jeune enfant : des effets sur le développement mental et moteur de l'enfant exposé *in utero* ou au cours de la période périnatale *via* l'allaitement ainsi que des effets sur le système immunitaire et des troubles de l'audition ;
- chez l'adulte : des effets sur le système endocrinien (en particulier sur la thyroïde).

D'autres effets ont parfois été rapportés sans qu'un lien de causalité avec une exposition chronique aux PCB ait pu être clairement établi. Il s'agit en particulier de troubles de la fertilité notamment chez l'homme, de perturbations métaboliques (métabolisme du glucose notamment), ou de troubles neurologiques de l'adulte. **Les effets sur le développement mental et moteur de l'enfant sont considérés comme critiques car, dans l'état actuel de nos connaissances, ils apparaissent aux plus faibles doses.**

Bien que des données aient été rapportées en termes de toxicité suite à une exposition aigue, la question posée est surtout celle de l'impact à long terme d'une exposition chronique répétée aux PCB chez les populations les plus sensibles. L'exposition aux PCB suite à une consommation ponctuelle d'un aliment contaminé, compte-tenu des doses ingérées, ne devrait pas avoir pas d'impact sur la santé. Dans le cas présent, la toxicité résulte essentiellement de l'accumulation progressive dans l'organisme au cours du temps (charge corporelle) compte tenu de la capacité de bio-accumulation des PCB⁸ d'une part ainsi que d'une exposition répétée d'autre part.

⁸ Le temps de demi-vie des PCB, c'est-à-dire, le temps mis par l'organisme pour éliminer la moitié des PCB accumulés est extrêmement variable : il s'étend de **0,5 an à 23 ans selon les congénères** (Carrier *et al.* 2006 ; Efsa 2005).

1.1.2 Des mesures de gestion pour limiter les risques liés aux PCB

C'est en **1968, à Yusho au Japon**, qu'a lieu le premier incident majeur lié aux PCB. La consommation d'huile de riz accidentellement fortement contaminée en PCB sur une chaîne de production provoque chez les consommateurs très exposés des symptômes cliniques de type chloracné, œdème des paupières, lésion hépatique, céphalées, perte d'appétit (Carrier *et al.* 2006). A la suite de cet accident, les PCB sont interdits au Japon en 1972 puis progressivement dans de nombreux pays dont la **France en 1987**. Cette interdiction porte sur l'acquisition, la détention en vue de la vente, la cession à titre onéreux ou gratuit, la location ou l'emploi des appareils contenant des PCB ou les fluides eux-mêmes. Cependant, cette interdiction ne s'applique pas aux appareils mis en service avant 1987, pour ce qui concerne la location et l'emploi (Décret n°87-59).

Malgré ces interdictions, la contamination environnementale aux PCB demeure compte tenu de la persistance de ces substances et de nombreuses mesures visent encore aujourd'hui à réduire les risques liés aux PCB.

Ainsi, en **mai 2001**, les PCB sont inscrits sur la liste des polluants organiques persistants de la **Convention de Stockholm** dans le cadre du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). L'objectif de cette convention est de protéger la santé humaine et l'environnement contre les polluants organiques persistants.

En **octobre 2001**, la Commission des Communautés européennes définit une stratégie communautaire concernant les PCB (Communication 2001/0593 final). Celle-ci vise à réduire la présence des PCB dans l'environnement, dans les aliments pour animaux et dans les denrées alimentaires. Elle est à l'origine du règlement du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants, dont les PCB-DL, dans les denrées alimentaires (Règlement (CE) 1881/2006). Ces teneurs sont actuellement en révision au niveau européen. Des teneurs pour les PCB-NDL devraient être fixées à cette occasion.

Cette stratégie a également permis d'imposer l'échéance du 31 décembre 2010 pour la réalisation d'un plan d'élimination des PCB à partir d'inventaires constitués sur la base des déclarations des détenteurs d'appareils contenant des PCB. Dans ce cadre, la France a lancé un plan d'élimination des PCB en 2003. Un inventaire national réalisé par l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) a identifié 545 610 appareils, principalement des transformateurs, contenant plus de 50 mg/kg de PCB et devant être éliminés. Seuls les appareils contenant plus de 500 mg/kg de PCB devaient être éliminés avant décembre 2010.

Enfin, en **décembre 2008**, la Commission européenne a introduit les PCB dans la liste des substances pouvant être identifiées comme prioritaires (Directive 2008/105/CE). Les Etats membres devraient ainsi procéder à une analyse tendancielle des concentrations en PCB dans les sédiments et/ou le biote et veiller à ce que les concentrations de ces substances n'augmentent pas.

1.1.3 En France, une exposition de la population en diminution, à l'exception des forts consommateurs de poissons ?

Les données françaises mettent en évidence une **diminution de l'imprégnation sanguine aux PCB depuis la fin des années 1980** (Dewailly *et al.* 1988 ; InVS 2010) démontrant l'impact positif des mesures de gestion prises par les autorités. Cette tendance est également constatée dans d'autres pays (Afssa 2010a ; Knobeloch *et al.* 2009).

En 2006, l'**étude Calipso (Etude des consommations alimentaires des produits de la mer et imprégnation aux éléments traces, polluants et oméga 3)** mettait en évidence que 58% des forts consommateurs de poissons dépassaient la Dose journalière tolérable (DJT), pour les seuls produits de la mer (Leblanc 2006 ; WHO/IPCS 2003).

Plus récemment, la **deuxième Etude d'alimentation totale française 2006-2010 (EAT2)** a mis en évidence une **réduction importante des expositions par voie alimentaire aux PCB** de la population française par rapport à la précédente évaluation de 2007 (Afssa 2007 ; Anses 2011a; Arnich *et al.* 2009). Les **poissons de mer** demeurent le **contributeur majeur de l'exposition** (58%).

Concernant les **poissons d'eau douce**, depuis l'entrée en vigueur en 2006, de teneurs maximales européennes en PCB-DL, plusieurs **dépassements** sont observés dans des cours d'eau français. C'est en particulier le cas dans les **bassins de la Seine, la Somme, du Rhône, y compris sur leurs affluents**. Ces non-conformités ont conduit à des décisions d'interdiction de pêche et/ou de commercialisation des poissons en vue de leur consommation. La forte contamination des poissons

d'eau douce serait due à l'existence de réservoirs de PCB dans les sédiments des rivières ou des lacs. Ces réservoirs seraient la conséquence de déversements accidentels ou non contrôlés de PCB dans les cours d'eau. Les poissons de mer présentent généralement des niveaux de contamination plus faibles et il n'est pas constaté de tels dépassements.

Dans ce contexte, qu'en est-il de l'exposition des consommateurs réguliers de poissons d'eau douce, et en particulier des poissons fortement bio-accumulateurs de PCB ? Ces consommateurs sont-ils surexposés aux PCB ?

Pour répondre à ces questions et en l'absence de données nationales suffisantes de consommation et de contamination pour estimer l'exposition des consommateurs, **l'Anses et l'InVS ont proposé en 2008 au Ministère chargé de la santé de réaliser une étude multisite sur l'imprégnation sanguine aux PCB des consommateurs réguliers de poissons d'eau douce** (cf. Annexe I). Une étude d'imprégnation est plus fiable qu'une seule étude d'exposition externe qui repose sur des données de déclaration de consommation et de mesures de contamination des aliments consommés. Elle présente également l'avantage de prendre en compte l'exposition cumulative dans le temps et permet ainsi de tenir compte des consommations passées.

1.2 Cas des dioxines et des furanes

A l'inverse des PCB, la production des **dioxines (PCDD : polychlorodibenzo-dioxines)** et des **furanes (PCDF : polychlorodibenzo-furanes)** ne résulte pas d'un processus de fabrication industrielle. Ces substances sont formées au cours de processus thermiques accidentels (feux de forêt) ou non (incinération des déchets, brûlage à l'air libre) ainsi que de processus thermiques industriels (métallurgie, traitement des pâtes à papier, ...) (Afssa 2006).

Cependant, les PCDD/F et les PCB-DL présentent des propriétés chimiques voisines, en particulier une grande stabilité physique et chimique, une faible biodégradabilité et une forte lipophilicité. Par conséquent, comme les PCB, les PCDD/F s'accumulent dans l'environnement puis tout au long de la chaîne trophique jusqu'à l'homme. L'alimentation constitue la principale voie d'exposition de la population générale.

Les PCB-DL ont la capacité de se lier au même récepteur cellulaire Ah (Aryl hydrocarbon) que les PCDD/F et par conséquent d'induire une toxicité analogue. Aussi, les valeurs toxicologiques de référence (VTR) proposées au niveau international intègrent les PCDD/F et les PCB-DL majoritaires et/ou ayant le plus d'affinité avec le récepteur Ah. De même, les teneurs maximales à ne pas dépasser dans les denrées alimentaires considèrent les PCDD/F et les PCB-DL simultanément.

Dans ce contexte, les PCDD/F sont pris en compte dans la présente étude, comme dans beaucoup d'études au niveau international. Toutefois, l'exposition de la population aux PCDD/F par l'alimentation a diminué de 60% entre 2000 et 2005 et ces substances ne contribuent plus qu'à un tiers de l'exposition totale aux PCDD/F et PCB-DL (Afssa 2006 ; Anses 2011a; Tard *et al.* 2007). En effet, la mise aux normes européennes des usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM), en particulier depuis 2002, a entraîné une forte réduction des émissions atmosphériques en PCDD/F.

2 Objectifs de l'étude

L'objectif principal de l'étude est d'identifier, chez les pêcheurs amateurs, les déterminants prédominants de l'imprégnation sanguine aux PCB ainsi qu'aux PCDD/F. Il s'agit notamment de rechercher l'existence d'un lien éventuel entre la consommation de poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs et l'imprégnation, au regard d'autres facteurs sociodémographiques, anthropométriques ou alimentaires.

Si ce lien existe, l'étude pourrait aider à la définition de fréquences acceptables de consommation de ces poissons c'est-à-dire sans danger pour l'homme sur le long terme et au regard des valeurs d'imprégnation de référence actuelles.

Enfin, cette étude permet de décrire la consommation des poissons d'eau douce et les niveaux d'imprégnation observés.

L'interprétation des résultats tient compte :

- des **valeurs d'imprégnation critiques** proposées par l'Anses concernant les PCB ainsi que les PCDD/F et PCB-DL (*cf.* Annexe II) (Afssa 2008b ; 2010a) ;
- des **recommandations de consommation de poissons** formulées par l'Anses (*cf.* Annexe III) (Afssa 2010b).

Cette étude vient compléter l'approche déjà développée par l'Anses visant à proposer des recommandations de non consommation de tout ou partie des espèces de poissons d'eau douce et par secteurs géographiques. Ces recommandations reposent sur l'étude de la conformité moyenne des poissons d'eau douce par rapport aux teneurs maximales définies au niveau européen pour certains contaminants dans les denrées alimentaires (Règlement (CE) 1881/2006).

Toutefois, ce rapport n'a pas vocation à formuler de nouvelles recommandations de consommation, mais il fournit les éléments scientifiques qui pourraient permettre d'adapter les recommandations actuelles dans le cadre élargi des travaux d'expertise des comités d'experts de l'Anses sur les PCB.

Cette étude n'a pas été conçue pour :

- mettre en relation des niveaux d'imprégnation aux PCB avec des risques sanitaires, cette question relève en effet du domaine de la recherche biomédicale ;
- évaluer l'évolution temporelle des imprégnations individuelles (bioaccumulation, expositions, chroniques et répétées) ;
- tenir compte de l'évolution des consommations et des contaminations environnementales.

La réponse à ces questions nécessiterait la mise en place d'autres types d'enquêtes.

Par ailleurs, d'autres substances bio-accumulables dans les poissons ont été recherchées dans les échantillons sanguins des participants de l'étude (composés bromés et fluorés) dans la limite des volumes de sang prélevés, des capacités analytiques et avec l'accord du participant. Les résultats relatifs à ces substances feront l'objet d'un rapport d'étude complémentaire.

3 Matériel et Méthode

3.1 Validation du protocole de l'étude

Avant le démarrage de l'étude et conformément aux dispositions du Code de la santé publique relatives à la protection des personnes en matière de santé lors de recherches biomédicales, le protocole de l'étude a reçu l'avis favorable du **Comité de protection des personnes** (CPP Henri Mondor à Créteil dans le Val-de-Marne, dossier N°08-040) et l'autorisation de l'**Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé** (Afssaps, dossier N°ID RCB 2008-A01119-46).

L'étude nécessitant le traitement de données à caractère personnel, la **Commission nationale de l'informatique et des libertés** (Cnil, N° de déclaration 909097) a été saisie et a donné son autorisation pour la mise en œuvre de l'étude dans des conditions garantissant l'anonymat des participants. Au préalable, le **Comité consultatif sur le traitement de l'information en matière de recherche dans le domaine de la santé** a également été consulté et rendu un avis favorable.

Enfin, l'Anses a souscrit, pour la durée de l'étude, une **assurance auprès de la Société Hospitalière d'Assurances Mutuelles** (SHAM) garantissant sa propre responsabilité civile ainsi que celle de tout intervenant impliqué dans la réalisation de l'étude.

3.2 Modalités de sélection et description des sites et tronçons de l'étude

Au démarrage de l'étude, six sites représentant 23 tronçons de cours d'eau de niveaux de contamination contrastés ont été retenus. Cette sélection a été effectuée sur la base de données de contamination des sédiments en PCB. Les données de contamination des poissons en PCB acquises au cours de l'étude ont permis de consolider ces choix faits *a priori* et ainsi de définir des zones homogènes de contamination.

3.2.1 Un choix *a priori* des sites sur la base de données de contamination des sédiments en PCB

En 2008, lors du lancement de l'étude, les données de contamination environnementale disponibles étaient essentiellement des données de contamination des **sédiments** acquises dans le cadre des réseaux de suivi nationaux du Ministère chargé de l'écologie pour la surveillance de la qualité des eaux superficielles. Ce ministère a ainsi établi une cartographie de la contamination des sédiments fluviaux et estuariens en PCB (*cf.* Annexe IV). Peu de données étaient en revanche disponibles sur les niveaux de contamination des poissons, c'est pourquoi cette cartographie a servi de base à la sélection des **six sites d'étude** répartis sur 18 départements, chaque site correspondant à une portion de cours d'eau :

- 4 sites reconnus comme étant très fortement ou fortement contaminés par les PCB (**la Seine, la Somme, le Rhône, le Rhin ou leurs affluents**) ;
- et 2 sites témoins peu contaminés (**la Garonne et la Loire ou leurs affluents**).

Un site pouvait couvrir plusieurs rivières (un fleuve ou une rivière et un ou plusieurs affluents) et plusieurs départements. Chaque site se décomposait en quatre tronçons de rivière d'une trentaine de kilomètres chacun (*cf.* Figure 2). La liste des tronçons est disponible en Annexe V.

3.2.2 Regroupement des sites à partir des données de contamination des poissons en PCB

Le protocole de l'étude a prévu de compléter les données de contamination des sédiments par des données de contamination des **poissons**.

Pour ce volet, l'Anses a bénéficié des données acquises dans le cadre des plans d'échantillonnage des milieux aquatiques élaborés conjointement avec l'Onema (**Office national de l'eau et des milieux aquatiques**) et les différents ministères impliqués dans cette action du plan national PCB (2008-2011). La mise en œuvre opérationnelle de ces plans a été confiée à l'Onema au niveau national. La méthodologie utilisée était celle proposée par l'Anses en février 2008 (Afssa 2008a ; 2009a). Elle visait à déterminer la conformité moyenne des poissons au regard des teneurs maximales fixées au niveau européen dans les denrées alimentaires, par type d'espèces et par zone géographique. L'Anses distinguait ainsi les espèces fortement bio-accumulatrices de PCB (l'anguille, le barbeau, la brème, la carpe, le silure) et les espèces faiblement bio-accumulatrices (toutes les autres dont le chevesne, le sandre, le brochet, la perche et le gardon) (Afssa 2008a ; 2009a).

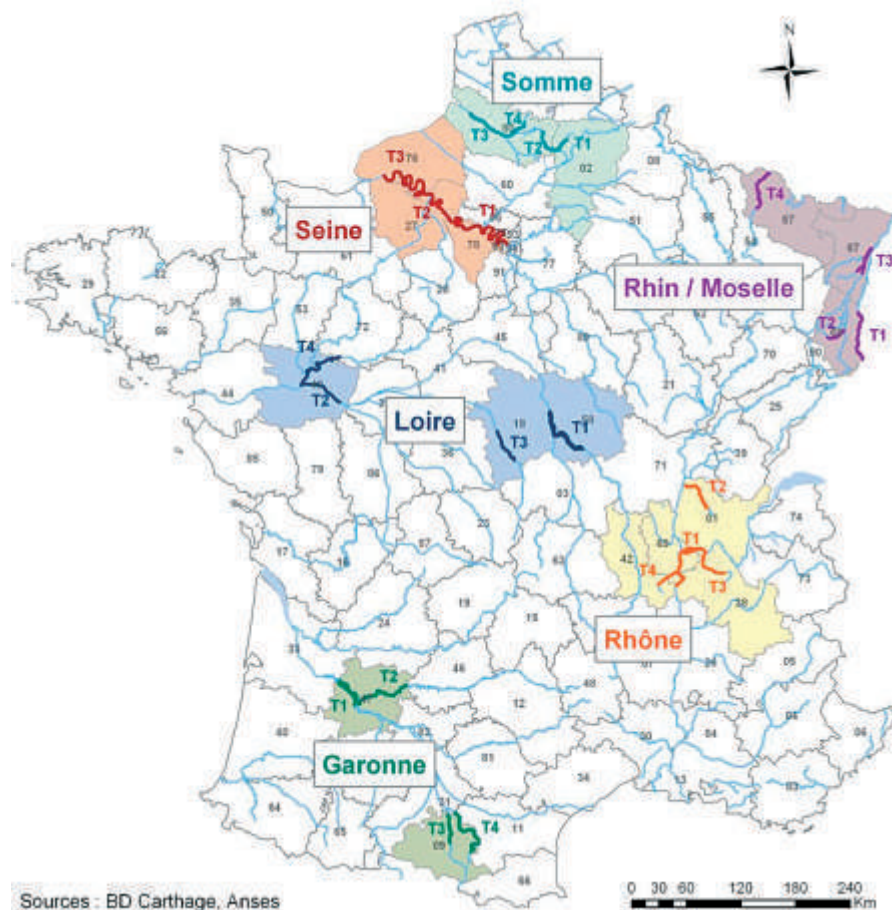


Figure 2 : Répartition des tronçons sur les sites de l'étude

Au total, ce sont 747 lots de poissons prélevés sur 77 stations de prélèvement qui ont été utilisés pour l'étude, soit 30 à 40 lots par tronçon de l'étude.

Les résultats d'analyses de ces échantillons en PCB et en PCDD/F+PCB-DL ont été utilisés pour la détermination de **zones équivalentes de contamination en PCB et en PCDD/F+PCB-DL** pour l'interprétation des données de l'étude. Trois catégories de zones ont ainsi été caractérisées : faiblement, moyennement, fortement contaminées.

3.3 Modalités de recueil des données de l'étude (constitution de la population de l'étude)

Les poissons d'eau douce, à l'exception de certaines espèces comme la truite, étaient relativement peu commercialisés par rapport aux poissons d'eau de mer. Pour l'étude et en l'absence de données nationales représentatives de consommation des poissons d'eau douce, il a donc été fait l'hypothèse que la population des pêcheurs amateurs ainsi que celle des pêcheurs professionnels étaient les plus consommatrices des poissons d'eau douce. Ces populations ont donc constitué la population source de l'étude. La principale population était celle des familles de pêcheurs amateurs, ceux-ci étant très nombreux en France (1,5 millions).

Toutes les espèces de poissons d'eau douce ne présentent pas la même capacité de bio-accumulation des PCB. Celle-ci peut dépendre du mode de vie et /ou d'alimentation en particulier dans les sédiments ainsi que de l'âge des poissons. Par hypothèse, les espèces fortement bio-accumulatrices sont celles qui contribuent majoritairement à l'exposition alimentaire. Les consommateurs et les non consommateurs de ces espèces ont donc constitué l'échantillon de l'étude.

D'un point de vue statistique, il était nécessaire de disposer d'effectifs suffisants et relativement proches de consommateurs et de non consommateurs sur chaque site pour répondre aux objectifs de l'étude. Compte tenu du faible effectif de consommateurs identifiés au cours de l'enquête, l'ensemble des forts consommateurs était inclus. En revanche, seule une partie des non consommateurs et des consommateurs plus occasionnels faisait partie de l'échantillon de l'étude.

3.3.1 Constitution de la base de sondage

La société GfK ISL a été chargée de la réalisation de la base de sondage des foyers de pêcheurs. La **Fédération nationale de la pêche en France (FNPF)** ainsi que le **Comité national de la pêche professionnelle en eau douce (Conapped)** ont fourni la liste des foyers de pêcheurs amateurs ou professionnels susceptibles d'exercer sur les sites de l'étude.

Pour pratiquer la pêche de loisirs, il est obligatoire d'adhérer à une des associations agréées de pêche et de protection des milieux aquatiques (AAPPMA). Celles-ci sont fédérées, au niveau départemental, par les fédérations départementales de pêche, elles-mêmes fédérées, au niveau national, par la FNPF. Les AAPPMA permettaient donc d'identifier les foyers de pêcheurs amateurs.

3.3.1.1 Cas des foyers de pêcheurs amateurs

Au total, **18** fédérations départementales de pêche et **95** AAPPMA correspondant aux sites et tronçons de l'étude ont été sélectionnées. Elles ont fourni à GfK ISL, **60 410 contacts de foyers de pêcheurs** sur ces sites et tronçons, **adhérents en 2007 et/ou 2008** (au mieux : nom, prénom, année de naissance, adresse, commune de résidence).

Les critères d'inclusion retenus pour la constitution de la base de sondage étaient :

- le **type de carte** : il existait plusieurs modalités d'adhésion aux AAPPMA. Seules les cartes de type « annuelles » ont été retenues afin de privilégier l'inclusion de foyers de pêcheurs réguliers et donc, potentiellement, de consommateurs réguliers de poissons d'eau douce ;
- l'**âge** : seuls les foyers dont le pêcheur était âgé de 18 à 75 ans ont été retenus ;
- le **lieu de résidence** : seuls les adhérents résidant dans l'un des 18 départements considérés ont été inclus.

Certains pêcheurs renouvelaient leur adhésion chaque année. Dans ce cas, un seul foyer était considéré (exclusion des doublons de la base de sondage).

Après exclusion des foyers ne correspondant pas aux critères d'inclusion (cf. ci-dessus), **35 050 contacts** demeuraient dont 21 180 pouvaient être associés à un numéro de téléphone, après une double recherche : automatique et manuelle (annuaire électronique). Ce sont ces **21 180 contacts** qui constituaient la base de sondage finale.

Les effectifs de foyers par site étaient assez homogènes, sauf pour le Rhône, et se répartissaient comme suit :

- Seine : 3 112 ;
- Somme : 2 297 ;
- Rhône : 6 189 ;
- Rhin/Moselle : 3 238 ;
- Loire : 3 699 ;
- Garonne : 2 645.

Les effectifs plus importants pour le Rhône s'expliquaient par le fait que la zone d'étude incluait la région lyonnaise qui comprenait beaucoup de pêcheurs.

3.3.1.2 Cas des foyers de pêcheurs professionnels

Le Conapped a fourni à GfK ISL les contacts de **28 foyers** de pêcheurs professionnels **exerçant ou ayant exercé récemment (2005 ou après)** sur les sites et tronçons de l'étude. Après exclusion des doublons, **26 foyers** ont été qualifiés par un numéro de téléphone et constituaient la base de sondage de l'étude pour les pêcheurs professionnels.

Les effectifs de foyers par site se répartissaient comme suit :

- Seine : 7 ;
- Somme : 0 ;
- Rhône : 4 ;
- Rhin/Moselle : 5 ;
- Loire : 7 ;
- Garonne : 3.

Les pêcheurs professionnels sont aujourd'hui peu nombreux ce qui explique ces faibles effectifs. Cette population ne pouvait donc pas être la population de référence de l'étude. Après consultation du Comité scientifique de l'étude, il a été tout de même décidé de constituer un échantillon complémentaire de pêcheurs professionnels pour disposer d'un indicateur d'imprégnation de cette population spécifique. Compte tenu des faibles effectifs, il n'a pas été possible d'analyser l'association entre l'imprégnation aux PCB et la consommation de poissons d'eau douce. Seule une analyse descriptive a donc été réalisée pour cet échantillon.

3.3.2 Constitution de l'échantillon de l'étude

Les participants ont été approchés par l'intermédiaire du foyer de pêcheur. La phase d'inclusion s'est déroulée d'**avril à décembre 2009**.

3.3.2.1 Critères d'inclusion des participants

L'échantillon de l'étude était composé de **membres de 18/75 ans** des foyers de pêcheurs amateurs ou professionnels exerçant ou ayant exercé récemment sur les sites de l'étude.

Les participants pouvaient être **consommateurs ou non consommateurs** des poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs de PCB pêchés par le pêcheur du foyer (ou quelqu'un d'autre) sur les sites de l'étude⁹.

Chaque participant devait être bénéficiaire d'un régime de sécurité sociale compte tenu de la réalisation d'une prise de sang et accepter de participer à l'étude par la signature d'un formulaire de consentement éclairé.

⁹ A l'exception des pêcheurs professionnels et membres de leur foyer pour lesquels seuls les consommateurs étaient éligibles.

3.3.2.2 Définition de la notion de consommateurs et de non consommateurs

La notion de consommateurs et de non consommateurs reposait sur la fréquence annuelle moyenne de consommation, au cours des cinq dernières années, des poissons fortement bio-accumulateurs de PCB pêchés sur les sites de l'étude.

On distinguait les catégories suivantes :

- un **consommateur régulier** (Consommation ≥ 10 fois par an) ;
- un **consommateur intermédiaire** ($7 \text{ fois par an} \leq \text{Consommation} < 10 \text{ fois par an}$) ;
- un **consommateur occasionnel** ($2 \text{ fois par an} < \text{Consommation} < 7 \text{ fois par an}$) ;
- un **non consommateur** (Consommation ≤ 2 fois par an).

Cette notion reposait sur les pratiques recueillies dans la littérature pour ce type d'étude (McGraw and Waller 2009).

Les poissons fortement bio-accumulateurs considérés étaient **l'anguille, le barbeau, la brème, la carpe, le silure** (Afssa 2008a ; 2009a). Pour la phase d'inclusion de cette étude, **le gardon** a été ajouté à cette liste après examen des données de contamination et de consommation des poissons existantes. En effet, le gardon était un des poissons faiblement bio-accumulateurs les plus contaminés (Afssa 2009a) et, sur la base des informations disponibles, il était particulièrement consommé. Pour tenir compte de sa contamination plus faible, sa consommation a été pondérée par un facteur 3 dans l'estimation de la consommation des participants.

Pour les sites où des interdictions de pêche en vue de la commercialisation ou de la consommation avaient récemment été prises, la consommation portait sur la période avant l'interdiction. En effet, une réduction récente de la consommation dans ces secteurs ne pouvait s'accompagner d'une diminution simultanée des teneurs sanguines en PCB, ce sont donc les consommations habituelles, avant interdiction, qui sont apparues les plus pertinentes pour qualifier la consommation des individus.

L'Annexe VI détaille les modalités de définition de ces notions.

3.3.2.3 Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion étaient de deux types : **éthiques ou d'exposition professionnelle ou accidentelle**.

Certaines **pathologies** constituaient un critère de non inclusion dans l'étude. Elles n'étaient pas une contre-indication à la réalisation d'une prise de sang, en revanche, il s'agissait, d'un point de vue éthique, d'éviter l'inclusion dans l'étude des sujets déjà atteints d'une pathologie lourde.

Ces pathologies étaient les maladies graves en évolution dont une hypo ou hypertension sévère, des troubles graves du rythme cardiaque, des antécédents de thrombose artérielle ou de phlébites récidivantes, une anémie à un stade avancé, un ictère, un diabète de type I, ou encore une hémophilie. Le fait d'être enceinte ou allaitante constituait également un critère de non inclusion dans l'étude en raison du manque de stabilité des teneurs sanguines en PCB au moment de la grossesse et de l'allaitement.

Par ailleurs, certaines professions (cf. Annexe VII) ont pu exposer ou exposent encore les personnes aux PCB. Pour éviter tout biais d'interprétation avec l'exposition à ces substances par la voie alimentaire, **l'exposition professionnelle ou accidentelle, présente ou passée aux PCB, constituait un critère d'exclusion**.

3.3.3 **Calcul du nombre de sujets nécessaires**

Ce paragraphe ne concerne que la population des pêcheurs amateurs et membres de leur foyer.

Sur la base de la littérature internationale, la recherche de **consommateurs au moins mensuels de poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs** a été considérée comme nécessaire pour tester un écart d'imprégnation attendu dans le sang (100 ng/g de matières grasses pour l'ensemble des PCB entre consommateurs et non consommateurs). Ce critère reposait en particulier sur une étude d'imprégnation dans la région des Grands Lacs américains qui présentait des niveaux de contamination des poissons proches de ceux mesurés dans les secteurs les plus contaminés en France (Turyk *et al.* 2006).

Dans ces conditions, et en utilisant la variabilité de l'imprégnation observée dans la région des Grands Lacs, le calcul de puissance statistique¹⁰ indiquait qu'il était nécessaire de disposer d'**environ 75 consommateurs et 75 non consommateurs par site, soit 150 individus par site et 900 pour les six sites** (Bouvenot and Vray 1996).

Le choix d'une puissance statistique élevée (erreur de seconde espèce de 10%) a été retenu pour éviter la conclusion erronée d'une absence de différence d'imprégnation significative autant que l'erreur de conclure à tort à une différence significative. Cette taille d'échantillon était également justifiée par la nécessité de réaliser des analyses multivariées, notamment selon l'âge et le sexe.

Cet objectif initial a été adapté au cours de l'étude afin de tenir compte de la difficulté d'inclusion des consommateurs. Il a été finalement fixé à **50 consommateurs et 50 non consommateurs par site, soit 100 individus par site et 600 pour les six sites**, ce qui correspondait à une puissance de test *a posteriori* de 73% qui restait acceptable. L'adaptation du plan de sondage a été prise en compte dans le calcul des poids de sondage des différentes catégories de participants.

3.3.4 Plan de sondage

Ce paragraphe ne concerne que la population des pêcheurs amateurs et membres de leur foyer.

La population de l'étude a été sélectionnée grâce à un **plan de sondage à deux degrés : les foyers des pêcheurs et les individus issus de ces foyers**. Un filtre téléphonique (questionnaire pour vérifier l'éligibilité par téléphone) a permis de constituer la base des foyers de pêcheurs éligibles pour l'étude.

L'inclusion a été conduite en deux étapes. **Dans une première phase, seuls les consommateurs réguliers et les non consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs ont été recherchés en se limitant à l'inclusion d'un individu par foyer. Compte tenu du nombre insuffisant de consommateurs par rapport aux non consommateurs obtenus en première phase de l'étude, une deuxième phase a été conduite pour inclure l'ensemble des consommateurs réguliers et intermédiaires ainsi qu'une partie des consommateurs occasionnels.** Pour cela, le foyer devait avoir accepté de participer à un complément d'enquête.

L'inclusion des individus s'est faite en fonction du statut de consommation de leur foyer et de leur propre consommation.

Les foyers de pêcheurs ont été catégorisés en quatre strates :

- **foyer de non consommateurs** : il contenait au moins un non consommateur et ne contenait pas de consommateur régulier. Ces foyers étant très nombreux, seuls ceux issus d'une partie de la base de sondage définie aléatoirement ont été enquêtés. Puis un individu non consommateur éligible au sein de ces foyers était tiré au sort aléatoirement ;
- **foyer de consommateurs réguliers** : il contenait au moins un consommateur régulier. Etant donné leur faible effectif, tous les consommateurs réguliers étaient éligibles. Par contre dans ces foyers, les individus non consommateurs étaient hors champ de l'étude (car ils étaient déjà suffisamment nombreux) ;
- **foyer de consommateurs intermédiaires** : il contenait au moins un consommateur intermédiaire et ne contenait ni consommateur régulier, ni non consommateur. Tous les membres de ces foyers étaient éligibles (consommateurs intermédiaires et occasionnels) ;
- **foyer de consommateurs occasionnels** : il contenait uniquement des consommateurs occasionnels. Ces foyers étant plus nombreux, seuls ceux issus d'une partie de la base de sondage ont été enquêtés (tirage aléatoire équiprobable). Tous les individus des foyers tirés au sort étaient éligibles.

Les consommateurs intermédiaires et occasionnels des foyers de non consommateurs ou de consommateurs réguliers étaient également éligibles pour le complément d'enquête.

¹⁰ Test unilatéral avec erreurs de 1^{ère} espèce de 5% et de seconde espèce de 10%.

Pour chaque individu, la **probabilité d'inclusion** (cf. Équation 1) dans l'étude s'écrivait :

$$P_{théorique} = P_{foyer} \times P_{individu}$$

$P_{théorique}$ = probabilité d'inclusion de l'individu

P_{foyer} = probabilité d'inclusion du foyer

$P_{individu}$ = probabilité d'inclusion de l'individu dans ce foyer

Équation 1 : Probabilité d'inclusion d'un individu dans l'étude

La probabilité d'inclusion du foyer tenait compte du statut de consommation et de la phase dans laquelle le foyer a été intégré, notamment pour les foyers de pêcheurs inclus lors de la deuxième phase, le foyer devait avoir accepté de participer à un complément d'enquête.

Les probabilités d'inclusion ont été calculées en prenant en compte la **sur-représentation de la classe d'âge des « 18-44 ans » chez les foyers de pêcheurs non consommateurs** (p_{18-44}) mais également les taux de réponse (cf. Équation 2). Ceux-ci ont été estimés tant au niveau du foyer qu'au niveau de l'individu, en considérant le taux de réponse à chaque niveau. Le taux de réponse se calculait de la façon suivante :

$$taux_{réponse\ foyer} = 1 - \frac{\text{Nombre de foyers refusant de répondre}}{\text{Nombre de foyers dans le champ de l'étude}}$$

$$taux_{réponse\ individu} = 1 - \frac{\text{Nombre d'individus refusant de répondre}}{\text{Nombre d'individus dans le champ de l'étude}}$$

Équation 2 : Calculs du taux de réponse d'un foyer et d'un individu

La probabilité d'inclusion finale (cf. Équation 3) s'écrivait donc :

$$P_{inclusion\ finale} = P_{théorique} \times P_{18-44\ ans} \times taux_{réponse\ foyer} \times taux_{réponse\ individu}$$

Équation 3 : Calcul de la probabilité finale d'inclusion d'un individu

Le **poids de sondage** associé à chaque personne était l'inverse de la probabilité d'inclusion. L'échantillon redressé par les poids de sondage était représentatif de la population des 21 180 contacts initiaux.

Il n'a pas été possible de post-stratifier l'échantillon, c'est-à-dire de redresser les poids en prenant en compte des données d'une source extérieure fiable, pour effectuer un calage sur des variables de contrôle (âge, sexe...etc.) afin de réduire la variance d'échantillonnage. Notre population étant très spécifique, il n'existait pas de telle source de données sur la population de pêcheurs amateurs en eau douce en France (1,5 millions de personnes).

Enfin il convient de noter que le choix des sites a certainement entraîné une sur-représentation des zones les plus contaminées et les plus denses sur le territoire. Toutefois il n'a pas été possible de confirmer cette hypothèse, en l'absence de données exhaustives sur la répartition des pêcheurs le long des cours d'eau et sur la représentativité des sites choisis dans l'étude. Les poids n'ont donc pas pu être redressés en tenant compte de ce facteur. La prise en compte des poids et du plan de sondage ne permettait pas d'être représentatif de la population française de pêcheurs de loisir.

3.4 Les principales étapes de l'étude et les outils d'enquête associés

Sur le terrain, l'étude se décomposait en quatre principales étapes :

- la première étape était un filtre téléphonique : il permettait de sélectionner les membres des foyers de pêcheurs éligibles ;
- la seconde était une enquête en face-à-face à domicile : elle permettait de recueillir les données sociodémographiques et les habitudes de consommation alimentaire des participants à l'étude ;
- la troisième était la réalisation d'un prélèvement sanguin : cet échantillon sanguin a été utilisé pour la mesure des PCB et PCDD/F+PCB-DL ;
- la quatrième étape était la restitution individuelle des résultats à chacun des participants par courrier postal.

A chacune de ces étapes, les participants recevaient une information adaptée. Après la restitution par voie postale des résultats, un médecin du Centre anti-poison et de toxicovigilance de Paris se tenait à leur disposition pour répondre à leurs questions.

Les enquêtes téléphonique et à domicile étaient conduites par des enquêteurs de la société GfK ISL. Les prélèvements sanguins étaient réalisés par des laboratoires d'analyses médicales coordonnés par la société GfK ISL pour l'étude.

3.4.1 Première étape : filtre téléphonique

Avant le premier contact téléphonique, un **courrier d'information de la FNPF ou du Conapped** (cf. Annexe VIII) a été transmis au pêcheur du foyer. Il précisait le contexte de l'étude ainsi que ses différentes étapes. A ce stade, le pêcheur avait la possibilité de refuser de participer. Ces courriers ont été accompagnés d'une **plaquette d'information** sur l'étude (cf. Annexe IX).

L'objectif de cette première étape était d'**identifier les foyers de pêcheurs et les individus qui étaient éligibles pour l'étude**. L'enquête téléphonique était conduite par les enquêteurs de la société GfK ISL.

Le premier interlocuteur était le pêcheur du foyer. Il décrivait ses habitudes de pêche puis, pour chacun des membres de 18/75 ans, les habitudes de consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés par le pêcheur sur les tronçons de l'étude. L'enquête téléphonique se poursuivait ensuite avec les individus éligibles du foyer afin de confirmer individuellement leur éligibilité. A ce stade, l'individu éligible devait accepter de participer à l'ensemble des étapes de l'étude pour être retenu. Dans ce cas, l'enquêteur prenait date pour un rendez-vous à domicile avec un second enquêteur de GfK ISL conduisant à la 2^{ème} étape. L'Annexe X précise les différentes étapes de ce filtre téléphonique. Le questionnaire d'enquête est présenté en Annexe XI.

3.4.2 Deuxième étape : enquête en face-à-face à domicile

Cette visite permettait de recueillir mais également de vérifier les informations sociodémographiques et anthropométriques sur le participant (âge, sexe, indice de masse corporelle (IMC), catégorie socioprofessionnelle (CSP), statut tabagique, allaitement, etc.). Elle permettait aussi le recueil d'informations sur l'ensemble de ses habitudes alimentaires (consommation de poissons d'eau douce pêchés sur les sites de l'étude, en dehors de ces sites, consommation des poissons d'eau de mer, de produits carnés, de produits laitiers, etc.).

En effet, des facteurs autres que la consommation des poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs pêchés sur les sites de l'étude pouvaient expliquer l'imprégnation aux PCB. Il était donc nécessaire d'en tenir compte dans l'étude.

L'Annexe X précise les différentes données recueillies lors de cette enquête à domicile. Le questionnaire d'enquête est présenté en Annexe XII, il s'est inspiré de celui utilisé dans l'étude Fleurbaix Laventie ville santé II (FLVS II) (Deschamps *et al.* 2009), lui-même basé sur les résultats de la première étude FLVS (Lafay *et al.* 1997). Il a également tenu compte des variables identifiées dans la bibliographie comme déterminants potentiels de l'imprégnation aux PCB (Agudo *et al.* 2009 ; Turyk *et al.* 2006).

Lors de cette enquête à domicile, la **lettre d'information de l'Anses et de l'InVS** était remise au participant par l'enquêteur de la société GfK ISL (*cf.* Annexe XIII). Elle rappelait le contexte, les objectifs et les différentes phases de l'étude jusqu'à la restitution des résultats et permettait d'informer le participant avant la signature du formulaire de consentement éclairé. En complément, cette lettre le renseignait sur ses droits d'accéder à ses données personnelles recueillies pendant l'étude et sur les modalités de protection des données à caractère personnel. A ce stade, cette lettre d'information était également envoyée par **courrier au médecin** désigné par le participant, si celui-ci le souhaitait.

En fin de visite, un rendez-vous auprès d'un laboratoire d'analyses médicales était pris pour la dernière étape d'inclusion.

3.4.3 Troisième étape : réalisation du prélèvement sanguin

Cette étape avait pour objectif de réaliser un **prélèvement sanguin de 50 mL** par ponction veineuse puis de préparer les échantillons qui étaient ensuite transmis au laboratoire chargé des analyses en PCB et PCDD/F (LABERCA : Laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments). Le volume sanguin prélevé était relativement faible pour ce type d'analyse. Ce critère méthodologique était essentiel pour garantir l'inclusion des sujets. En effet, le prélèvement sanguin constituait fréquemment un motif de refus de participation.

Pour cette étape, **32 laboratoires d'analyses médicales** répartis sur les différents sites de l'étude avaient contracté, avec GfK ISL, une convention sur la base d'un cahier des charges techniques élaboré conjointement avec l'Anses et l'InVS. Chacun recevait une formation préalable. Les instructions fournies aux laboratoires sont disponibles en Annexe XIV. Le suivi de l'avancement de cette étape était réalisé par l'intermédiaire d'un **Extranet avec un accès sécurisé**. Grâce à cet outil, chaque laboratoire avait accès à l'identité et aux coordonnées des participants de l'étude ayant réalisé l'enquête en face-à-face. Le laboratoire y renseignait toutes les informations relatives à chacun des prélèvements réalisés.

Avant la réalisation du prélèvement sanguin, il était demandé au participant de lire la lettre d'information et de signer un **formulaire de consentement éclairé** par lequel il acceptait librement et volontairement de participer à l'étude dans les conditions précisées dans la lettre d'information (*cf.* Annexe XV). Ce formulaire était également signé par l'infirmier réalisant la prise de sang et remis en trois exemplaires : au participant, à GfK ISL et à l'Anses après anonymisation.

Tout au long de la phase d'inclusion des participants, un **numéro vert** était mis à leur disposition pour toutes questions relatives à l'étude. Les appels téléphoniques ont été pris en charge par GfK ISL. Enfin, pour les questions d'ordre médical, un **numéro de téléphone du médecin investigateur** de GfK ISL recruté pour l'étude était également mis à la disposition des participants.

3.4.4 Quatrième étape : restitution individuelle des résultats

Chaque participant ayant accepté de réaliser une prise de sang recevait ses teneurs sanguines en PCB et PCDD/F par **courrier postal** envoyé par GfK ISL.

Au préalable et seulement pour les participants qui l'avaient souhaité, les résultats individuels étaient envoyés, par courrier postal, au médecin qu'ils avaient désigné.

Ces courriers mentionnaient le contact téléphonique du Centre anti-poison et de toxicovigilance de Paris chargé de répondre aux questions éventuelles des participants et de leur médecin.

Le contenu des courriers était adapté selon les niveaux en PCB et PCDD/F du participant par rapport aux valeurs d'imprégnation critiques proposées par l'Anses (*cf.* Annexe XVI).

Chaque courrier était accompagné d'une **plaquette de recommandations de consommation de poissons d'eau douce** (*cf.* Annexe XVII). Ces recommandations s'intégraient dans le cadre des recommandations générales de l'Anses sur la consommation de poissons. Elles portaient à la fois sur la provenance et le type de poissons pêchés et consommés. En revanche, il n'était pas proposé de suivi médical spécifique. En effet, il n'était pas possible de prévoir si des troubles de santé allaient apparaître en lien avec des teneurs sanguines élevées. De plus, les effets sanitaires qui pourraient être observés ne seraient pas spécifiques d'une exposition aux PCB (*cf.* Annexe II).

La Figure 3 résume les différentes phases de l'étude ainsi que les partenaires.

3.4.5 Assurance qualité des données recueillies par questionnaire

Les questionnaires pour les enquêtes téléphonique et à domicile ont été administrés à l'aide du logiciel Converso sous système CATI (CATI = Computed Assisted Telephone Interviewing) et CAPI (CAPI = Computed Assisted Personal Interviewing).

L'informatisation des questionnaires présentait plusieurs avantages par rapport à un questionnaire papier :

- elle permettait un suivi en continu du déroulement du terrain de l'enquête ;
- elle supprimait les risques d'erreur et de données manquantes lors de la passation des questionnaires ;
- elle permettait un contrôle de cohérence automatique des réponses et une gestion automatique des rendez-vous ;
- elle supprimait la phase de saisie et permettait ainsi un gain de temps et limitait les risques d'erreur lors de cette phase ;
- enfin, elle facilitait la phase de recueil et d'exploitation des réponses en générant automatiquement les données.

Au total, 31 enquêteurs téléphoniques et 35 enquêteurs en face-à-face sont intervenus pour la passation des questionnaires. Au préalable, tous avaient suivi une formation relative au contexte et aux objectifs de l'étude avec une présentation par l'Anses et l'InVS puis une mise en pratique des outils de l'étude.

Afin de garantir la qualité de la passation des questionnaires, il était procédé à des écoutes des enquêteurs téléphoniques par le personnel d'encadrement. Par ailleurs, les enquêteurs en face-à-face établissaient une connexion CAPI quotidienne par modem/internet et réalisaient des bilans téléphoniques hebdomadaires avec le personnel d'encadrement afin de suivre la progression du nombre d'enquêtes réalisées et de récupérer les données d'enquête.

La récupération des données recueillies en continu permettait de mettre en œuvre des programmes de contrôle des données et de vérification de la cohérence des réponses à chaque phase de l'étude, mais également entre les différentes phases. La question de la gestion des données manquantes et données aberrantes était résolue dans cette étude par l'informatisation des outils de recueil.

Le contrôle des données consistait en un tri à plat des réponses aux différents questionnaires, afin de valider la véracité des filtres/cohérences programmés avec le logiciel Converso. Le service relecture/codification de GfK ISL est donc intervenu :

- pour les questions ayant une précision à un item « autres » (par exemple, questions sur les poissons consommés). Une relecture systématique a été réalisée, afin d'introduire un nouveau code pour les réponses les plus fréquentes.
- pour les professions de l'interviewé et du chef de famille. Une post-codification a été effectuée à partir de la nomenclature INSEE.

D'autre part, un programme de cohérence a été mis en place entre les différentes phases de l'étude, afin de valider à chaque étape la cohérence des critères d'inclusion à l'étude.

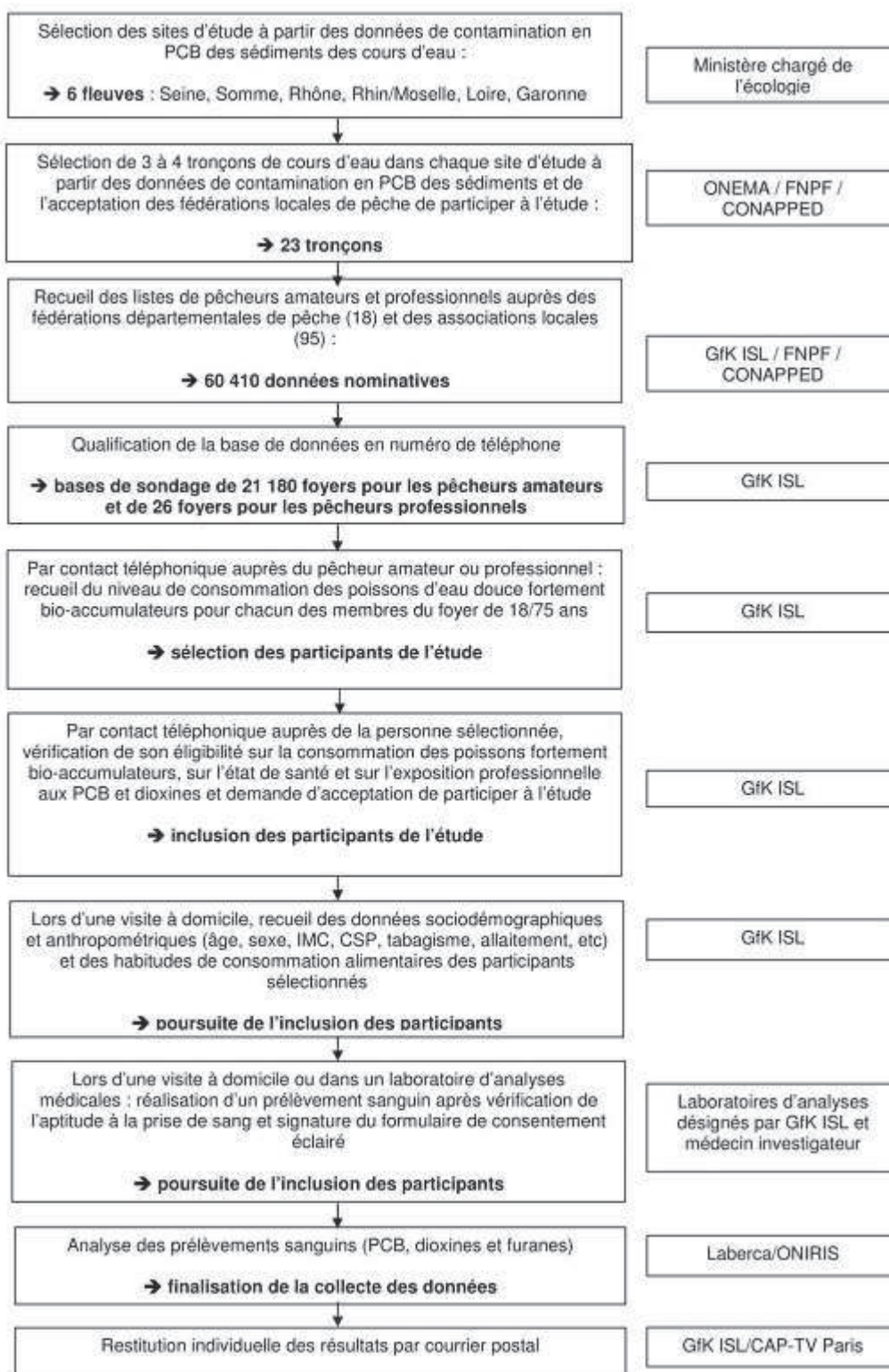


Figure 3 : Bilan de la sélection des sites et du recueil des données

3.5 Description et quantification des biomarqueurs de l'étude

Le volet analytique de l'étude a été confié au LABERCA de l'Ecole nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation Nantes Atlantique (ONIRIS). Il s'agissait du laboratoire national de référence pour les PCDD/F, PCB-DL et PCB-NDL.

3.5.1 Substances quantifiées

Les PCB constituent une famille de 209 congénères qui diffèrent seulement par le nombre et la position des atomes de chlore. Classiquement, seule une partie de ces congénères est recherchée, parmi les plus abondants et/ou les plus toxiques. Dans le cadre de cette étude, ont été quantifiés :

- l'ensemble des PCB-DL (**12 congénères** : PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189) ;
- **6 congénères** de PCB-NDL parmi les plus abondants (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180).

Les PCDD/F (**17 congénères**) ont également été recherchés.

L'ensemble de ces substances (35 congénères) est listé en Annexe XVIII.

3.5.2 Estimation des indicateurs d'imprégnation chez l'homme et de contamination dans les poissons

3.5.2.1 Chez l'homme

Compte tenu de leur caractère lipophile, les PCB et PCDD/F s'accumulent préférentiellement dans les lipides présents dans les tissus adipeux, le sang total ou le sérum. Pour cette étude, ces substances ont été quantifiées dans les **lipides sériques**.

A partir des substances quantifiées, deux indicateurs ont été évalués :

- les PCB totaux ;
- la somme des PCDD/F et PCB-DL, ces substances ayant une activité toxicologique semblable.

L'Anses a en effet proposé des valeurs d'imprégnation critiques pour ces deux familles de substances (Afssa 2008b ; 2010a).

La teneur en **PCB totaux** dans les lipides sériques¹¹ a été évaluée par la somme des teneurs individuelles de chacun des congénères PCB 138, 153 et 180 rapportées à la matière grasse (ng/g MG), puis cette somme a été multipliée par un facteur d'équivalence (1,7). Ce facteur d'équivalence était celui utilisé dans l'étude slovaque PCB-Risk (PCB Risk Fifth Framework Programme 2004). Sa valeur a été vérifiée sur 83 participants de l'étude sélectionnés aléatoirement et pour lesquels l'ensemble des congénères a été recherché.

La teneur en **PCDD/F et PCB-DL** dans les lipides sériques a été estimée en **équivalent toxique (TEQ)** afin d'exprimer la toxicité de l'ensemble des congénères de même activité toxicologique dans une même unité (pg TEQ₂₀₀₅/g MG). Elle a été calculée par la somme des teneurs individuelles de chacun des congénères rapportées à la matière grasse et pondérées par le **facteur d'équivalence toxique correspondant (TEF)**. Les TEF représentent une valeur utilisée pour pondérer la masse respective de chacun des congénères de façon à rendre compte de leur « efficacité toxique ». Cette valeur est définie par rapport à une molécule de référence, il s'agit de la 2,3,7,8 tétrachloro dibenzo para dioxine (dioxine de Seveso, TCDD). Ces facteurs ont été définis par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), les plus récents datant de 2005 (Van den Berg 2006).

¹¹ Dans la suite de ce document, les teneurs en PCB ou PCDD/F dans les lipides sériques sont désignées indifféremment par « imprégnation », « concentrations sériques » ou « teneurs sériques » afin d'alléger la rédaction.

3.5.2.2 Dans les poissons

Dans les échantillons de **poissons**, les PCB et PCDD/F ont été quantifiés dans la matière grasse de la chair de poissons, les teneurs mesurées sont ensuite rapportées au poids frais. Les deux indicateurs estimés étaient :

- les PCB indicateurs (PCBi) : c'est-à-dire la somme des **6 PCB-NDL** et du **PCB 118** (ng/g Poids Frais) ;
- la somme des **PCDD/F et PCB-DL** en équivalent toxique (TEQ) (pg TEQ₉₈/g PF) (Règlement (CE) 1881/2006).

3.5.3 Méthode analytique : principes généraux

3.5.3.1 Echantillon sanguin

En l'absence de méthodes européennes pour la détermination des concentrations en PCB et PCDD/F dans le sérum, le LABERCA a développé une méthode de quantification basée sur les principes appliqués pour les denrées alimentaires d'origine animale.

Cette méthode consistait, à partir d'un prélèvement unique, à séparer les différentes familles de composés au cours d'un processus de purification puis à les quantifier dans des fractions indépendantes. Les PCB et PCDD/F ont été quantifiés par **chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse haute résolution (GC-HR-MS)** grâce à la stratégie analytique basée sur la dilution isotopique. La Figure 4 décrit les principales étapes de cette méthodologie.

La quantification a été réalisée dans la matière grasse extraite d'un volume de sérum de 10 mL. Cette méthode est aujourd'hui validée et accréditée par le Comité français d'accréditation (COFRAC)¹² et permet d'obtenir des résultats très satisfaisants à des faibles niveaux de contamination compatibles avec les niveaux d'imprégnation attendus. Les principaux critères imposés pour les matrices animales, c'est-à-dire la reproductibilité, les rendements d'extraction, la linéarité, la justesse, la qualité chromatographique, la limite de détection, la spécificité et l'incertitude ont été validés pour le sérum. Enfin, le LABERCA a également participé et satisfait à un Essai inter laboratoires (EIL) pour cette matrice (CART 2006).

3.5.3.2 Echantillon de poissons

Les principes généraux et analytiques pour la matrice « poisson » étaient semblables à ceux détaillés pour la matrice sanguine. La différence reposait sur l'existence d'un cadre réglementaire européen pour l'analyse des PCB et PCDD/F dans les denrées alimentaires, dont les poissons. L'analyse a été réalisée sur les parties consommables, c'est-à-dire sur le muscle de chaque poisson en prenant soin de ne pas garder la peau et en veillant à garder la couche de graisse sous la peau.

Après élimination de l'eau contenue dans la chair de poisson par lyophilisation, environ 5g de lyophilisat ont été utilisés pour la quantification des composés recherchés. La méthode mise en œuvre par le LABERCA a également été validée et accréditée par le COFRAC¹² et a permis de déterminer les profils de PCDD/F et de PCB.

L'Annexe XIX apporte les détails relatifs à la méthodologie mise en œuvre pour l'analyse des PCDD/F et PCB dans les matrices « sang » et « poisson ».

¹² <http://www.cofrac.fr/Annexes/Sect1/1-0549.doc>.

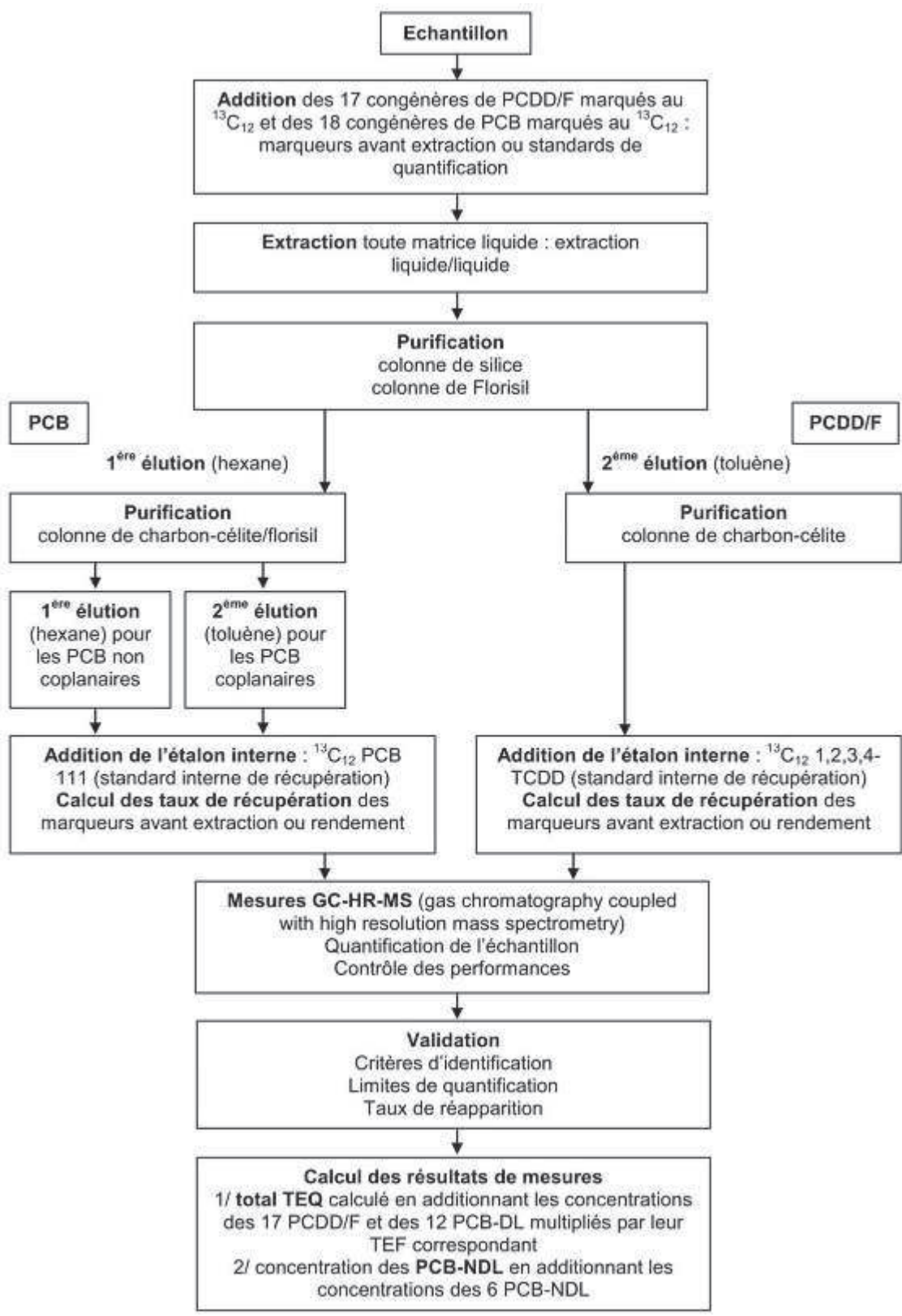


Figure 4 : Schéma du principe de l'analyse des PCDD/F et PCB dans les matrices "sang" et "poisson"

3.6 Analyse Statistique

3.6.1 Définition des zones fortement, moyennement et faiblement contaminées

Au démarrage de l'étude, six sites de niveaux de contamination contrastés en PCB représentant 23 tronçons de cours d'eau ont été sélectionnés *a priori*, à partir de données de contamination de sédiments. Du fait des effectifs limités de participants sur les tronçons, il n'était pas possible de faire des analyses statistiques suffisamment robustes à un niveau de découpage géographique aussi fin. Aussi une approche plus globale a été privilégiée, par typologie de niveau de contamination environnementale en PCB (niveau de contamination fort, moyen et faible). Une variable géographique « zone » a ainsi été créée par le regroupement des « tronçons » de cours d'eau.

Pour cela, les données de contamination en PCB des poissons de ces tronçons ont été utilisées. Elles étaient en effet plus nombreuses et plus adaptées aux objectifs de l'étude que les données de contamination des sédiments. Le regroupement de tous les tronçons s'est fait grâce à une méthode de classification ascendante hiérarchique utilisant les distances de Ward (Ward JH 1963) et évitant ainsi les phénomènes de chaînage. Cette méthode permet de classer deux tronçons dans un même groupe pour un niveau de précision donné, alors qu'à un niveau de précision plus élevé, ils seront distingués et appartiendront à deux sous-groupes différents. On obtient ainsi une hiérarchie de classes qui part du niveau le plus fin où tous les tronçons sont distingués pour aller vers une classe unique (d'où le terme « classification ascendante »). La variable considérée pour cette classification était la contamination en PCB moyenne des poissons et ceci par tronçon, c'est-à-dire la moyenne de toutes les espèces rapportée à la matière grasse afin de s'affranchir de la variabilité de la bio-accumulation selon les espèces (par tronçon).

Pour vérifier les résultats issus de cette première classification, une méthode de partitionnement flou (Bezdek JC 1981) a été utilisée. Il s'agit d'une classification non hiérarchique qui aboutit au regroupement de l'ensemble de tous les tronçons en m ensembles disjoints (classes d'équivalence) ; le nombre m de classes est choisi *a priori* et dans notre cas il a été fixé à 3. Le résultat obtenu est alors une partition de l'ensemble des tronçons en 3 classes. Les résultats du partitionnement ont confirmé ceux issus de la classification hiérarchique ascendante.

Le partitionnement flou a également été utilisé pour regrouper les tronçons selon la contamination des poissons en dioxines, furanes et PCB-DL, donnant lieu à une nouvelle variable « zone », utilisée dans le cadre des analyses des dioxines/furanes et PCB-DL.

3.6.2 Description des données

L'étude préliminaire des concentrations sériques de PCB, dioxines et furanes, a montré que leurs distributions étaient asymétriques. Une transformation logarithmique a été effectuée pour assurer les conditions de normalité et d'homoscédasticité des erreurs nécessaires à l'application d'un modèle de régression multiple. De plus, ces distributions ont été représentées par des histogrammes dont l'ordonnée exprime la densité de fréquence, calculée comme le rapport entre la fréquence relative

$\left(\frac{n_i}{N}\right)$ et la valeur d'interclasse $(X_{i+1} - X_i)$.

Les données ont été décrites sous forme de moyennes géométriques ou médianes car ces indicateurs de tendance centrale étaient moins sensibles aux valeurs extrêmes. Cependant la moyenne arithmétique ainsi que l'écart-type de cette moyenne ont été présentés afin d'être comparés avec d'autres études et notamment la moyenne du PCB 153. Des paramètres de dispersion ont également été calculés tels que les percentiles (75^{ème} et 95^{ème}), le minimum et le maximum.

Des boîtes à moustaches (box-plots) ont été utilisées pour comparer de façon synthétique les distributions d'une même variable dans des sous-populations différentes. Ce graphique a permis de visualiser les distributions de façon plus riche que de simples moyennes et plus synthétique que des histogrammes. Il s'agit d'un rectangle délimité par les premier (25^{ème} percentile) et troisième quartiles (75^{ème} percentile), représentant 50% de la population ; dans ce rectangle la barre centrale correspond à la médiane. De part et d'autre du rectangle, deux segments sont figurés dont la longueur correspond à la plus petite et à la plus grande observation incluses dans l'intervalle interquartile (IQR) plus ou moins 1,5 fois l'écart interquartile, c'est-à-dire : borne inférieure = $p_{25} - 1,5 \cdot \text{IQR}$ et borne supérieure = $p_{75} + 1,5 \cdot \text{IQR}$. Enfin les observations situées au-delà de ces limites sont représentées individuellement, elles correspondent aux valeurs extrêmes.

Des analyses de variances ont été appliquées. Elles permettent d'apprécier l'effet de variables qualitatives sur une variable numérique et reviennent dans le cas simple à comparer plusieurs moyennes d'échantillons gaussiens, en prenant en compte les risques d'erreur (risque d'erreur de première espèce de 5%).

3.6.3 Déterminants et modélisation de l'imprégnation

Un des objectifs de cette étude était la recherche des déterminants de l'imprégnation aux PCB et aux PCDD/F et PCB-DL. Des analyses statistiques descriptives et multivariées ont été conduites pour atteindre ce but.

3.6.3.1 Construction et validation du modèle

Les facteurs potentiels de variation de l'imprégnation aux PCB ont été identifiés *a priori*, à partir de la bibliographie (Agudo *et al.* 2009; Turyk *et al.* 2006). Ils correspondaient aux caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques des individus (âge, sexe, IMC, prise de poids, perte de poids, tabagisme, catégorie socioprofessionnelle, caractéristiques géographiques...) et à leurs comportements alimentaires (consommation de poissons d'eau douce, de poissons d'eau de mer ainsi que de l'ensemble des aliments pouvant contribuer à l'exposition aux PCB ou dioxines, autoconsommation). En première approche, on considérait que les facteurs, reconnus *a priori*, étaient les mêmes pour les dioxines, furanes et pour les PCB.

Pour tester la forme de la relation entre les concentrations sériques et les variables explicatives quantitatives, des modèles de régression ajustés sur les variables sociodémographiques et anthropométriques significatives et contenant des splines cubiques ont été construits, ce qui a permis de s'affranchir de la contrainte de linéarité. Si nécessaire, une transformation racine ou logarithmique a été pratiquée sur les variables explicatives, sinon elles restaient sous leur forme originelle.

Les variables statistiquement significatives ont été conservées dans le modèle final. L'éventuelle colinéarité entre variables a été examinée via la matrice des corrélations entre variables, puis la matrice des corrélations entre les paramètres du modèle et enfin le facteur d'inflation de la variance. Les critères de normalité et d'homoscédasticité des résidus ont également été vérifiés.

Un modèle a été établi pour chacun des indicateurs d'imprégnation retenus pour l'étude (PCB totaux d'une part et dioxines/furanes + PCB-DL d'autre part). Chaque modèle final a été bâti de la façon suivante :

1. Sélection des facteurs statistiquement significatifs parmi les variables sociodémographiques et anthropométriques (au risque de première espèce de 30%) ;
2. Sélection des facteurs alimentaires statistiquement significatifs, testés un à un dans les modèles ajustés sur les variables sociodémographiques et anthropométriques retenues précédemment (au risque de première espèce de 30%) ;
3. Construction du modèle final avec les variables identifiées précédemment et sélection des variables statistiquement significatives (au risque de première espèce de 10%). Cette démarche a été conduite en utilisant une méthode de sélection de variables basée sur l'approche « backward » en forçant la variable d'intérêt (consommation des poissons fortement bio-accumulateurs) et en testant également l'interaction « consommation des poissons fortement bio-accumulateurs »*« zone », d'autres approches ont été testées notamment le « forward » et le mélange des deux. Le critère AIC a également été examiné à chaque fois.

Que ce soit pour la description des données ou la modélisation, il n'a pas été mis en œuvre de méthode corrective permettant de prendre en compte la multiplicité des tests réalisés.

Les résultats de ces analyses statistiques sont présentés en termes de moyennes géométriques ajustées des imprégnations accompagnées de leur intervalle de confiance. Les moyennes géométriques ajustées pour une variable donnée sont les valeurs prédites issues du modèle de régression calculées après ajustement sur les autres variables présentes dans le modèle.

La contribution de chaque variable dans l'explication du modèle a été calculée grâce aux coefficients de détermination, R^2 . Ce coefficient a permis d'évaluer la part de variabilité des niveaux d'imprégnation expliquée par chaque variable.

Une analyse de sensibilité a été effectuée pour évaluer la robustesse des résultats, pour cela les individus ayant une imprégnation très faible (en-deçà du premier percentile) ont été exclus de

l'analyse. Puis dans une deuxième analyse, les individus ayant une forte imprégnation (au-delà du 99^{ème} percentile) ont été supprimés. Ces analyses ont également été effectuées sur les variables explicatives du modèle les plus contributrices.

3.6.3.2 Estimation de fréquences de consommation des poissons fortement bio-accumulateurs

Dans cette dernière étape, l'objectif était d'estimer, à partir du modèle final, des fréquences de consommation des poissons fortement bio-accumulateurs au-delà desquelles les individus dépasseraient les seuils d'imprégnation critiques aux PCB (cf. Annexe II). Pour ceci, deux scénarii ont été retenus.

Le **premier** représentait le cas d'un individu moyen. Toutes les variables quantitatives étaient remplacées par les moyennes observées dans l'échantillon (606 personnes) et toutes les variables qualitatives étaient remplacées par le cas le moins favorable observé dans la population, par exemple, la zone prenait la valeur « fortement contaminée ». Ce scénario a été appliqué à trois sous-échantillons : les femmes de 18 à 44 ans (population en âge de procréer définie comme la population à risques compte tenu des effets des PCB sur l'enfant exposé *in utero* ou au cours de l'allaitement), les femmes de 45 ans et plus et enfin les hommes.

Le **deuxième** scénario (de type « pire cas ») correspondait à un individu moyen parmi les personnes ayant une imprégnation élevée (supérieure ou égale au 95^{ème} percentile : situation extrême) observée dans l'échantillon de l'étude. Les variables quantitatives étaient remplacées par les moyennes calculées pour ce groupe d'individus et les variables qualitatives étaient remplacées par les valeurs issues du cas le moins favorable (comme dans le scénario 1). Ce scénario n'a été appliqué qu'à deux sous-échantillons, les hommes et les femmes, car chez les femmes de 18 à 44 ans, il n'y avait pas assez d'individus (l'effectif correspondant au 95^{ème} percentile était inférieur à 8).

Il n'a pas été mis en œuvre d'analyse de sensibilité dans la mesure où le scénario n°2 du « pire cas » (« Worst Case ») a été considéré comme suffisamment protecteur.

Les fréquences de consommation proposées ne constituent que des exemples fondés sur des hypothèses et scénarii jugés les plus pertinents en association avec le Comité scientifique de l'étude. Elles pourraient aider à définir des recommandations de consommation acceptables des poissons fortement bio-accumulateurs, c'est-à-dire sans danger pour l'homme sur le long terme.

3.6.4 **Prise en compte du plan de sondage**

La population de l'étude a été sélectionnée par un plan de sondage à deux degrés comme indiqué précédemment. Dans le volet relatif à la **description de la population**, toutes les analyses réalisées sur les variables sociodémographiques, anthropométriques et sur les variables de consommation, ont tenu compte de ce plan de sondage et de la pondération associée à ce plan.

En revanche, la **description des imprégnations** a été présentée de deux manières : à la fois au niveau de l'échantillon de l'étude (sans pondération associée au plan) et à la fois au niveau de la population de l'étude c'est-à-dire celle des pêcheurs amateurs (avec pondération prenant en compte le plan de sondage). **Les principales analyses statistiques et la modélisation des niveaux d'imprégnation** de l'échantillon ont ensuite été réalisées sans pondération, conformément à la recommandation du Comité scientifique de l'étude. La principale raison de ce choix était que la forte sur-représentation volontaire des consommateurs réguliers de poissons bio-accumulateurs mise en place pour disposer d'un contraste d'exposition élevé (via la consommation) était planifiée et justifiée par le calcul de puissance initial. Le fait de ne pas pondérer ces analyses permettait donc de garder ce contraste, au vu du nombre de non consommateurs très important dans la population. De plus, le choix des sites a certainement entraîné une sur-représentation des zones les plus contaminées et les plus denses sur le territoire, renforçant le contraste d'exposition via la contamination. Toutefois il n'est pas possible de confirmer cette hypothèse, en l'absence de données exhaustives des niveaux de contamination de tous les cours d'eau et donc de la représentativité des sites choisis dans l'étude. La modélisation de l'imprégnation en fonction des facteurs de variation a ainsi été réalisée sans tenir compte du plan de sondage de l'étude, dans le but d'augmenter la puissance du modèle ainsi que d'être en mesure de montrer une association entre la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs et l'imprégnation (si elle existait).

3.6.5 Logiciels utilisés

La préparation de la base de données nécessaire aux analyses statistiques (transformation de certaines variables) a été effectuée sous SAS. L'analyse des données a été assez complexe du fait de la nécessité de tenir compte du plan de sondage dans la partie descriptive de la population. Plusieurs logiciels ont été utilisés selon leurs fonctionnalités : SAS version 9.1 et 9.2, R version 2.11 et 2.12 et Stata version 10. La description et la modélisation des niveaux d'imprégnation de l'échantillon ont été réalisées avec le logiciel R.

4 Participation des pêcheurs amateurs

Dans cette partie, les différentes phases d'inclusion des participants à l'étude sont présentées (cf. Figure 5), en commençant par l'éligibilité des foyers puis celle des individus. Le taux de participation est également calculé et enfin les non participants sont décrits. Les effectifs présentés sont bruts et non redressés.

4.1 Eligibilité

4.1.1 Inclusion des foyers

Lors du filtre téléphonique, 21 180 foyers ont été contactés, 3 112 sur le site de la Seine, 6 189 dans le Rhône, 3 238 sur le site de Rhin-Moselle, 2 297 dans la Somme, 3 699 sur le site de la Loire et 2 645 dans la Garonne (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Bilan des appels du filtre téléphonique par foyer et par site

	Problèmes téléphoniques	Injoignables	Non éligibles	Refus	Entretiens exploitables	Total
La Seine	748	195	749	537	883	3112
	(24,0%)	(6,3%)	(24,1%)	(17,3%)	(28,4%)	(100%)
Le Rhône	1426	339	1982	1004	1438	6189
	(23,0%)	(5,5%)	(32,0%)	(16,2%)	(23,2%)	(100%)
Le Rhin / La Moselle	602	209	875	615	937	3238
	(18,6%)	(6,5%)	(27,0%)	(19,0%)	(28,9%)	(100%)
La Somme	572	128	659	397	541	2297
	(24,9%)	(5,6%)	(28,7%)	(17,3%)	(23,6%)	(100%)
La Loire	840	153	686	848	1172	3699
	(22,7%)	(4,1%)	(18,5%)	(22,9%)	(31,7%)	(100%)
La Garonne	559	119	597	548	822	2645
	(21,1%)	(4,5%)	(22,6%)	(20,7%)	(31,1%)	(100%)
Total	4747	1143	5548	3949	5793	21180
	(22,4%)	(5,4%)	(26,2%)	(18,6%)	(27,4%)	(100%)

La principale cause de non participation des foyers relève de leur non éligibilité (**26,2%**) expliquée par différentes raisons. Parfois, il n'y avait pas ou plus de pêcheur dans le foyer, le pêcheur n'appartenait pas à la tranche d'âge souhaitée (18-75 ans), le pêcheur ne détenait pas de carte de pêche en 2007 ou 2008, il ne pêchait pas sur l'un des 4 tronçons du site. En effet, l'adhésion à une association de pêche d'un des sites de l'étude ne garantit pas que le pêcheur pratique sur un de ces sites. Les accords de réciprocité entre départements permettent de pêcher en dehors du département d'acquisition de la carte de pêche.

Par ailleurs, **22,4 %** des contacts n'ont pas abouti pour cause de problèmes téléphoniques (numéro de fax ou de modem, faux numéro, numéro non valide). Ce pourcentage est lié au type d'information demandée aux pêcheurs lors de leur adhésion (information consignée sur des souches papier fournies par les associations de pêche, avec un taux de renseignement parfois faible) et servant à la constitution de la base de sondage.

Enfin, **5,4%** des foyers étaient injoignables (foyers non contactés après au moins 12 appels sur des créneaux horaires variables).

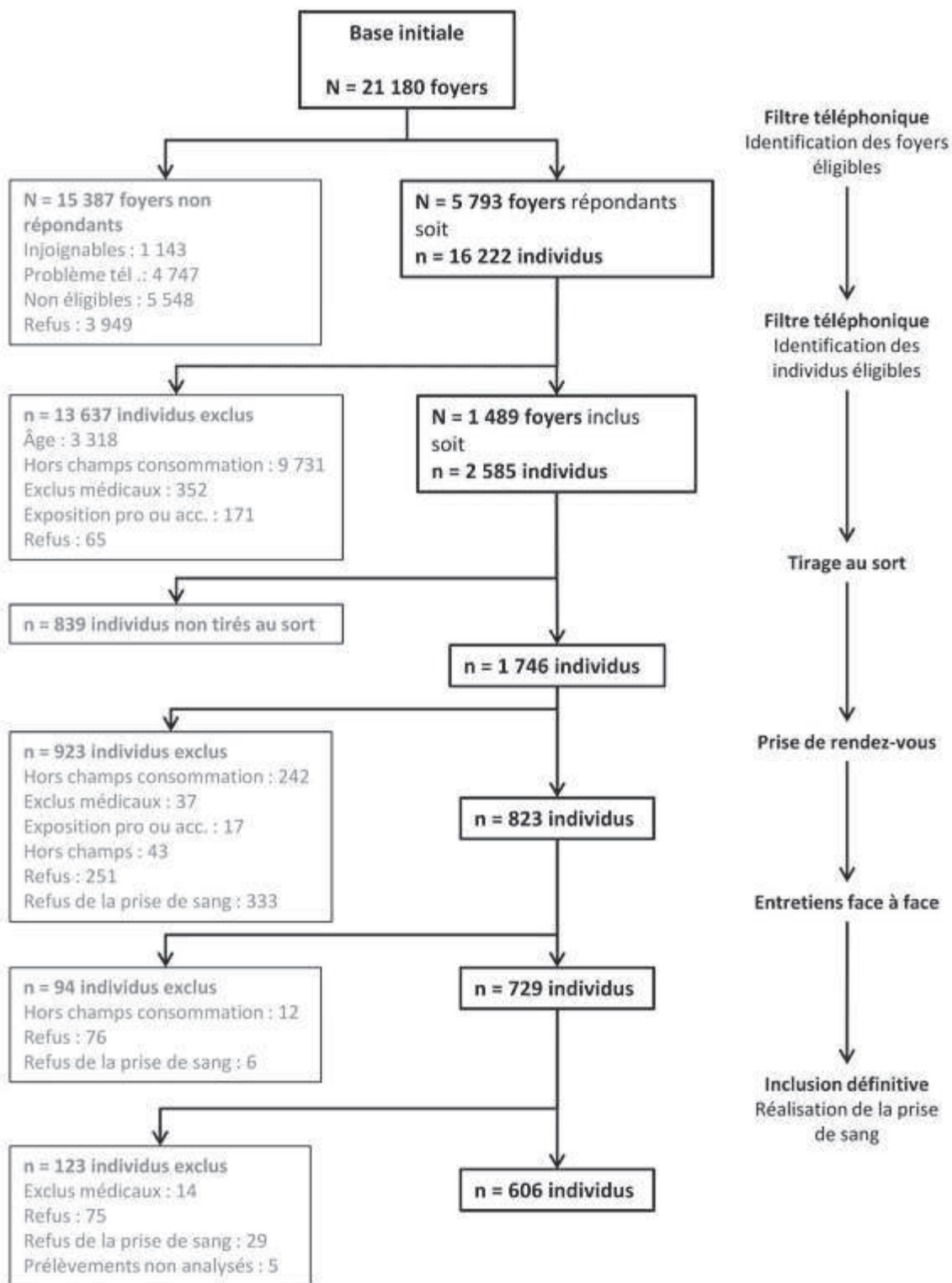


Figure 5 : Bilan des phases d'inclusion

Les pourcentages de foyers injoignables et de problèmes téléphoniques sont relativement homogènes selon les sites, contrairement aux critères de non-éligibilité énumérés ci-dessus et aux refus de prendre part à l'étude (18,6% au global). Le taux de non-éligibilité est plus élevé dans le Rhône (32%) et plus bas dans la Loire (18,5%), ce qui peut s'expliquer par une population plus urbaine dans le Rhône, donc moins stable et pouvant pêcher dans différents sites. Le taux de refus est en revanche plus faible dans le Rhône (16,2%). Ce résultat est certainement dû à la forte médiatisation du problème de contamination du Rhône par les PCB.

Enfin **27,4%** des contacts ont conduit à un entretien exploitable (5 793 foyers), ce taux est plus élevé dans les sites supposés les moins contaminés (Loire et Garonne).

4.1.2 Inclusion des individus

Au total, **15 616 personnes n'ont pu participer à l'étude**, appartenant aux 5 793 foyers répondants (entretiens exploitables). La répartition des non participants selon les sites est la suivante : 15,4% des individus habitant sur le site Seine, 25,8% sur le site Rhône, 16,8% sur le site Rhin-Moselle, 9,4% sur le site Somme, 18,4% sur le site Loire et 14,2% sur le site Garonne.

Les causes de non participation durant l'étude sont décrites selon le site et présentées par la Figure 6. La principale est la non consommation (**63,9%**) des poissons fortement bio-accumulateurs (variable d'intérêt de l'étude). En effet, une partie des non consommateurs n'a volontairement pas été incluse dans l'étude, pour disposer d'un effectif équilibré entre consommateurs et non consommateurs. Le fort taux de non participation expliquée par la non consommation des poissons fortement bio-accumulateurs est, en soit, un premier résultat de l'étude car il indique la fréquence plus faible qu'attendue de la consommation de ces poissons.

Les autres causes de non participation, par ordre décroissant, sont l'âge (**21,2%**) (individus de moins de 18 ans ou de plus de 75 ans), le fait que les personnes n'ont pas été tirées au sort (**5,4%**), les personnes qui ont refusé catégoriquement d'intégrer l'étude (**3%**), les exclus médicaux (**2,6%**), les personnes qui ont également refusé de continuer à participer à cause du prélèvement sanguin (**2,4%**), et enfin celles qui n'ont pu être retenues du fait de leur exposition passée aux PCB qu'elle soit accidentelle ou professionnelle (**1,2%**), les autres raisons ne représentent que **0,3%** (hors champs et prélèvements non analysés).

La répartition des raisons de non participation semble assez homogène entre les sites à quelques exceptions près comme sur le site Somme où moins d'individus ont été exclus du fait de leur non consommation de poissons fortement bio-accumulateurs.

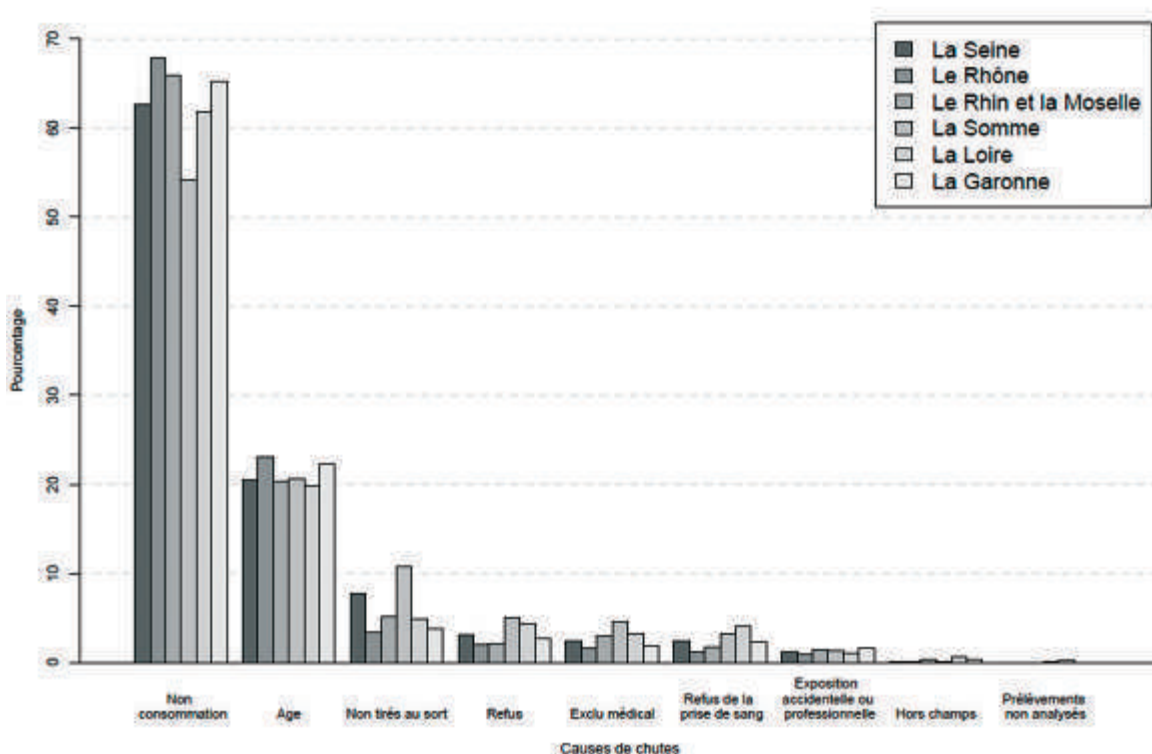


Figure 6 : Causes de non participation individuelle par site

4.2 Taux de participation

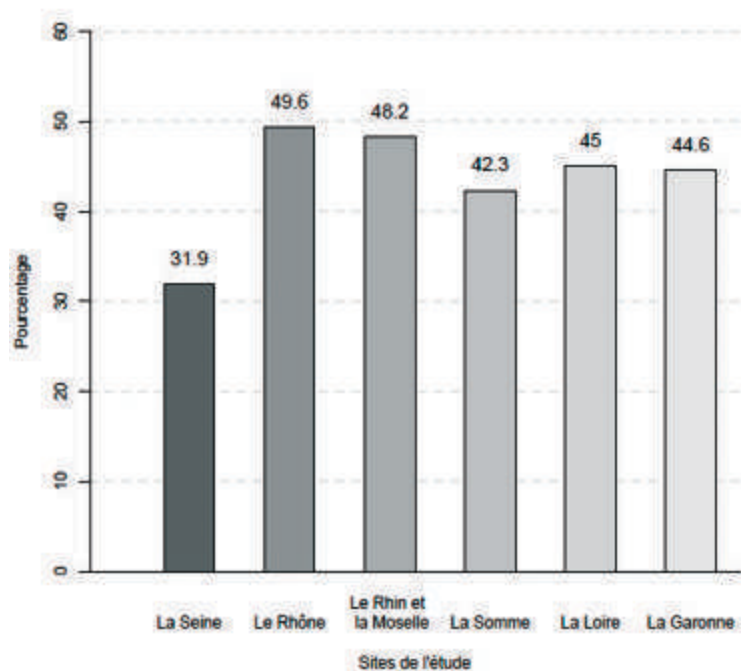


Figure 7 : Taux de participation des individus par site

Le taux de participation est le rapport du nombre de participants sur le nombre d'individus tirés au sort, pouvant être inclus dans l'étude et joignables par téléphone. **Le taux de participation global était de 44%** (606 participants sur 1 376 personnes tirées au sort, éligibles et joignables). Le taux de participation par site est présenté par la Figure 7. Il est le plus bas dans la Seine (31,9%) et le plus élevé dans le Rhône (49,6%), ce qui peut être dû à la forte médiatisation de la contamination du Rhône par les PCB. Pour les autres sites, il est relativement homogène. Le taux de participation varie également selon le type de consommateurs. En effet, il est plus important chez les consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs (51,6% vs 37,8% chez les non consommateurs) qui se sentiraient davantage concernés par la contamination des poissons en PCB.

4.3 Description des non participants

Ce paragraphe présente les caractéristiques de toutes les personnes n'ayant pu participer à l'étude, et appartenant aux foyers ayant participé à un entretien téléphonique. A titre indicatif, elles sont comparées à celles des participants. Au total 16 222 individus ont été interrogés sur la base des données présentées. Pour rappel, les effectifs des participants et des non participants sont respectivement de 606 et 15 616, et les calculs qui suivent ne tiennent pas compte du plan de sondage.

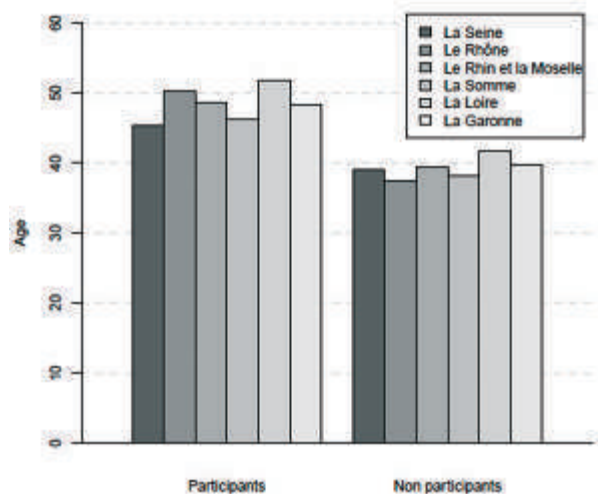


Figure 8 : Age moyen des personnes contactées lors de l'étude par site

Le taux de participation varie également selon le type de consommateurs. En effet, il est plus important chez les consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs (51,6% vs 37,8% chez les non consommateurs) qui se sentiraient davantage concernés par la contamination des poissons en PCB. L'âge moyen des non participants est de 39,1 ans (IC_{95%} = [38,8 ; 39,5]) contre 49,2 ans (IC_{95%} = [48,2 ; 50,3]) pour les participants, ce qui s'explique par le fait que la consommation de poissons augmente avec l'âge. L'âge moyen par site (cf. Figure 8) est homogène dans les deux catégories d'individus, et reste plus élevé chez les participants. La population de participants est composée à 34% de femmes, contre 46% chez les non participants. Le sex-ratio est homogène sur les différents sites (cf. Figure 9) dans la population des non participants, ce qui est moins le cas des participants. Le pourcentage plus faible de femmes parmi les participants peut s'expliquer par le fait que les pêcheurs sont plus fréquemment

des hommes. De plus, lorsque la femme du pêcheur était sélectionnée pour participer, elle refusait plus fréquemment, portant sans doute moins d'intérêt à l'étude que le pêcheur lui-même.

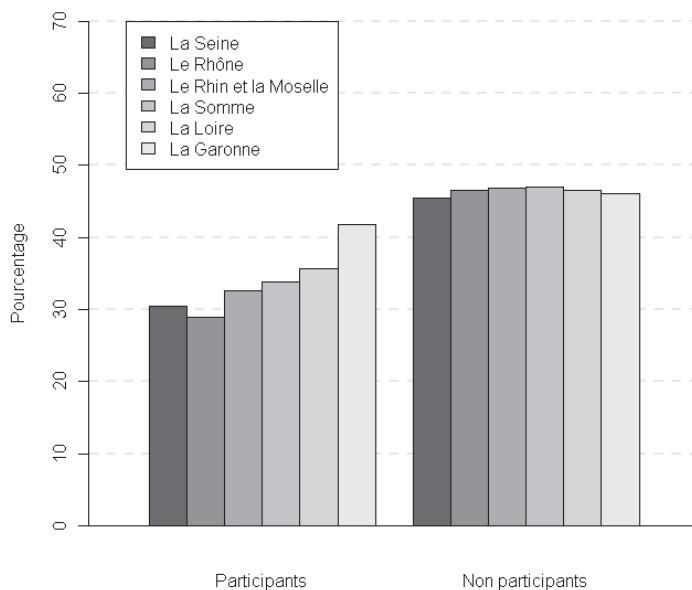


Figure 9 : Pourcentage de femmes contactées lors de l'étude par site

5 Les pratiques de pêche et de consommation des foyers de pêcheurs amateurs

L'entretien téléphonique initial a permis de recueillir, de manière exhaustive, auprès des 5 793 pêcheurs amateurs répondants, des informations originales sur les pratiques de pêche et de consommation de poissons d'eau douce. Les informations ci-dessous sont données uniquement par le pêcheur, lors de la première phase téléphonique, et ne tiennent donc pas compte des déclarations ultérieures des autres membres du foyer. Les résultats sont donc présentés ici à titre descriptif mais ne seront pas utilisés dans la recherche d'une relation entre l'imprégnation aux PCB et les facteurs explicatifs.

Les tableaux ci-dessous décrivent les habitudes de pêche et de consommation (cf. Tableau 2, Tableau 3 et Tableau 4). **Près de 50 % des pêcheurs déclarent ne jamais consommer du poisson pêché dans les zones de l'étude.** Environ 75% des pêcheurs ont une consommation stable au cours des dernières années. Moins de 10% des pêcheurs consomment les poissons pêchés par un autre, cette consommation demeurant occasionnelle (1 à 2 fois par an). Plus de la moitié des pêcheurs pratiquent dans une autre zone que celles de l'étude (56,7%) mais ce type de pêche reste peu fréquent (1 fois par mois ou moins) et représente une consommation faible. **La principale raison de non consommation est la pratique du no kill, c'est-à-dire la remise à l'eau du poisson** (16,6% IC_{95%} = [15,6 ; 17,6]), par ailleurs environ 9% des pêcheurs n'aiment pas le poisson en général. Lorsque le poisson n'est pas consommé immédiatement, 23,8% (IC_{95%} = [22,7 ; 24,8]) des pêcheurs le congèlent et 23,4% (IC_{95%} = [22,3 ; 24,5]) le donnent à la famille ou aux amis (résultats non présentés). Près de 85% des pêcheurs pratiquent la pêche depuis plus de 10 ans ce qui montre que les expositions éventuelles sont bien chroniques. La proximité du lieu d'habitation et la qualité de l'environnement constituent les deux principales raisons de choix d'un lieu de pêche (respectivement 51,3% et 33,0% des pêcheurs).

Tableau 2 : Description des pratiques de pêche (1)

	Pourcentage	IC _{95%}
Fréquence annuelle de consommation de poissons pêchés dans les zones de l'étude (n=5 793)		
Jamais	48,7	[47,4 ; 50,0]
1 à 2 fois	15,9	[14,9 ; 16,8]
3 à 4 fois	13,1	[12,3 ; 14,0]
5 à 6 fois	7,0	[6,4 ; 7,7]
7 à 8 fois	2,2	[1,8 ; 2,5]
9 à 10 fois	2,7	[2,3 ; 3,1]
10 fois et plus	10,4	[9,6 ; 11,2]
Total	100	

Tableau 3 : Description des pratiques de pêche (2)

	Pourcentage	IC _{95%}
Comparaison de la consommation actuelle par rapport à celle en 2007 ou 2008 (n=5 793)		
Plus qu'en 2007	9,8	[9,1 ; 10,6]
Moins qu'en 2007	12,2	[11,4 ; 13,1]
Plus qu'en 2008	0,7	[0,5 ; 0,9]
Moins qu'en 2008	2,1	[1,7 ; 2,4]
Autant qu'en 2007 ou 2008	75,2	[74,0 ; 76,3]
Total	100	
Consommation de poissons pêchés par une autre personne (amis, famille, restaurant...) (n=5 793)		
Oui	8,8	[8,1 ; 9,6]
Non	91,2	[90,4 ; 91,9]
Fréquence annuelle de consommation des poissons pêchés par d'autres personnes (n = 512)		
1 à 2 fois	53,3	[49,0 ; 57,7]
3 à 4 fois	26,2	[22,4 ; 30,0]
5 à 6 fois	11,3	[8,6 ; 14,1]
7 à 8 fois	1,8	[0,6 ; 2,9]
9 à 10 fois	1,6	[0,5 ; 2,6]
10 fois et plus	5,8	[3,8 ; 7,9]
Total	100	
Pratique de la pêche sur un autre site (n=5 793)		
Oui	56,7	[55,5 ; 58,0]
Non	43,3	[42,0 ; 44,5]
Fréquence de pêche sur un autre site (n = 3 285)		
Occasionnellement (1 fois par an)	20,2	[18,8 ; 21,5]
2 à 3 fois par an	24,9	[23,4 ; 26,3]
1 fois par mois	14,6	[13,4 ; 15,8]
2 à 3 fois par mois	21,0	[19,6 ; 22,4]
1 fois par semaine	10,8	[9,7 ; 11,8]
2 à 3 fois par semaine	6,5	[5,7 ; 7,4]
Plus de 3 fois par semaine	2,0	[1,6 ; 2,5]
Total	100	

Tableau 4 : Description des pratiques de pêche (3)

	Pourcentage	IC _{95%}
Fréquence annuelle de consommation de poissons pêchés sur un autre site (effectif = 3 285 foyers)		
Jamais	40,7	[39,0 ; 42,4]
1 à 2 fois	22,3	[20,9 ; 23,7]
3 à 4 fois	15,7	[14,5 ; 17,0]
5 à 6 fois	6,9	[6,1 ; 7,8]
7 à 8 fois	2,1	[1,6 ; 2,6]
9 à 10 fois	2,2	[1,7 ; 2,7]
10 fois et plus	10,1	[9,0 ; 11,1]
Total	100	
Raisons pour ne pas manger de poissons (n=5 793, 2 réponses possibles)		
Je n'aime pas manger le poisson en général	8,7	[8,0 ; 9,4]
Je n'aime pas les espèces de poissons que je pêche	5,2	[4,7 ; 5,8]
Les cours d'eau et les poissons sont contaminés	6,3	[5,7 ; 7,0]
Il y a des interdictions de consommation dans la ou les zones où je pêche	0,6	[0,4 ; 0,8]
Je pratique le no kill	16,6	[15,6 ; 17,6]
Depuis quand pêchez-vous ? (n=5 793)		
Moins d'un an	0,6	[0,3 ; 0,7]
Entre 1 et 2 ans	2,2	[1,8 ; 2,6]
Entre 3 et 5 ans	6,9	[6,3 ; 7,6]
Entre 6 et 10 ans	5,6	[5,0 ; 6,2]
Plus de 10 ans	84,7	[83,8 ; 85,6]
Total	100	
Motivation du choix du lieu de pêche (n=5 793, 2 réponses possibles)		
La proximité du lieu d'habitation	51,3	[50,0 ; 52,6]
L'habitude (depuis mes débuts de pêche)	13,9	[13,0 ; 14,8]
Les rencontres avec les amis / la famille	27,5	[26,3 ; 28,6]
Lieux poissonneux	21,8	[20,7 ; 22,8]
La pureté de l'eau	19,6	[18,6 ; 20,6]
La qualité de l'environnement	33,0	[31,7 ; 34,2]

Tableau 5 : Pourcentage de pêcheurs prenant les différents types de poissons

	Pourcentage	IC _{95%}
Ablette	58,5	[57,2 ; 59,8]
Anguille	31,8	[30,6 ; 33,0]
Barbeau	20,1	[19,0 ; 21,1]
Black-bass	16,3	[15,4 ; 17,3]
Brème	66,9	[65,7 ; 68,1]
Brochet	65,0	[63,8 ; 66,2]
Carassin	29,7	[28,5 ; 30,8]
Carpe	51,2	[49,9 ; 52,5]
Chevesne	45,9	[44,6 ; 47,2]
Gardon	85,2	[84,3 ; 86,1]
Goujon	53,8	[52,6 ; 55,1]
Hotu	7,7	[7,0 ; 8,3]
Perche	79,7	[78,7 ; 80,7]
Poisson-chat	45,2	[43,9 ; 46,5]
Sandre	54,5	[53,2 ; 55,7]
Silure	33,2	[32,0 ; 34,4]
Tanche	38,4	[37,1 ; 39,6]
Truite	56,8	[55,5 ; 58,1]
Vandoise	15,4	[14,5 ; 16,4]

Dans le tableau ci-dessus, les espèces considérées comme fortement bio-accumulatrices pour l'étude sont mises en évidence en gras.

Les poissons les plus pêchés sont le gardon (85,2% IC_{95%} = [84,3 ; 86,1]), la perche (79,7% IC_{95%} = [78,7 ; 80,7]), la brème (66,9% IC_{95%} = [65,7 ; 68,1]), le brochet (65,0% IC_{95%} = [63,8 ; 66,2]), l'ablette (58,5% IC_{95%} = [57,2 ; 59,8]), la truite (56,8% IC_{95%} = [55,5 ; 58,1]), le sandre (54,5% IC_{95%} = [53,2 ; 55,7]), le goujon (53,8% IC_{95%} = [52,6 ; 55,1]) et la carpe (51,2% IC_{95%} = [49,9 ; 52,5]). Deux tiers de ces espèces sont faiblement bio-accumulatrices.

6 Les foyers de pêcheurs amateurs : population et imprégnation

6.1 Description de la population

Cette partie présente une description de la population de l'étude selon les caractéristiques sociodémographiques, anthropométriques, géographiques, et alimentaires comme la consommation des poissons d'eau douce et la consommation générale.

Les résultats concernent l'ensemble de la population, c'est-à-dire les individus éligibles des 21 180 foyers, les analyses statistiques sont pondérées et tiennent donc compte du plan de sondage. A titre comparatif, des renseignements en population générale provenant de l'étude Individuelle nationale des consommations alimentaires 2 INCA2 (Afssa 2009b) sont fournis.

6.1.1 Caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques

L'âge moyen de la population est de **44,8 ans** ($IC_{95\%} = [43,4 ; 46,3]$), ce qui est proche de l'échantillon représentatif de la population générale INCA2 (44,4 ans $IC_{95\%} = [43,6 ; 45,2]$). La répartition des hommes et des femmes dans chaque catégorie d'âge est sensiblement la même (*cf.* Tableau 6)¹³.

La corpulence est exprimée par l'indice de masse corporelle (IMC). L'IMC moyen de la population est de 25,5 ($IC_{95\%} = [25 ; 26,1]$), plus de la moitié de la population a une corpulence maigre ou moyenne ($IMC < 25$), *cf.* Tableau 7. Pour compléter ces informations, 34,3% de la population a pris du poids tandis que 23,3% en a perdu au cours des 5 dernières années. Dans l'échantillon représentatif de la population générale INCA2, l'IMC moyen est de 24,8 ($IC_{95\%} = [24,6 ; 25,1]$), cet échantillon a une corpulence moins forte que la population de l'étude.

Tableau 6 : Répartition des classes d'âge en fonction du sexe

Pourcentage		Sexe	
		Homme	Femme
Age	18-44 ans	52,9 $IC_{95\%} = [45,1 ; 60,7]$	51,6 $IC_{95\%} = [41,2 ; 62,0]$
	45 ans et plus	47,1 $IC_{95\%} = [39,3 ; 54,9]$	48,4 $IC_{95\%} = [38,0 ; 58,8]$
	Total	100	100

Tableau 7 : Répartition de la population par classe d'IMC

Corpulence (IMC)	Pourcentage	$IC_{95\%}$
Maigre – moyenne ($IMC < 25$)	51,4	[45,2 ; 57,7]
Forte ($25 < IMC < 30$)	30,9	[25,4 ; 36,5]
Obèse ($IMC \geq 30$)	17,6	[12,9 ; 22,3]
Total	100	

¹³ La population des femmes en âge de procréer est définie comme la population à risques compte tenu des effets des PCB sur l'enfant exposé *in utero* ou au cours de l'allaitement, la classe d'âge des 18-44 ans est donc distinguée du reste de la population.

Comme indiqué dans le Tableau 8 et le Tableau 9, il y a **61,4% d'hommes** dans l'ensemble de la population d'étude, taux plus élevé que dans l'échantillon représentatif de la population générale INCA2 (48,2% IC_{95%} = [45,8 ; 50,6]). Il est vrai que la population de pêcheurs est composée majoritairement d'hommes. De plus, lorsqu'un autre membre du foyer que le pêcheur était sélectionné lors du tirage au sort, il s'agissait très souvent de sa femme. Or celle-ci acceptait moins fréquemment de participer, compte tenu d'une plus faible sensibilisation au sujet de l'étude.

La majorité de la population est **ouvrière** (31,3% IC_{95%} = [25,4 ; 37,3]), puis **retraîtée ou préretraîtée** (22,8% IC_{95%} = [17,8 ; 27,7]), ce qui diffère de l'échantillon représentatif de la population générale INCA2 (respectivement 22,2% d'ouvriers (IC_{95%} = [20,1 ; 24,2]) et 27,5% de retraités (IC_{95%} = [25,3 ; 29,7])). Au total, 43% IC_{95%} = [36,8 ; 49,3] de la population de l'étude disposent d'un BEP ou CAP, et 16,4 % (IC_{95%} = [11,4 ; 21,4]) d'un diplôme supérieur, résultats sensiblement différents de l'échantillon représentatif de la population générale (respectivement 30,8% IC_{95%} = [28,6 ; 33,0] et 15,9% IC_{95%} = [14,3 ; 17,5]). La population de l'étude est majoritairement « non fumeur » (44,5% IC_{95%} = [38,2 ; 50,8]) comme dans l'échantillon représentatif de population générale INCA2 (40,7% IC_{95%} = [38,3 ; 43,0]).

Tableau 8 : Caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques de la population d'étude

	Pourcentage	IC _{95%}
Sexe		
Homme	61,4	[55,2 ; 67,5]
Femme	38,6	[32,5 ; 44,8]
Prise de poids depuis les 5 dernières années		
Oui	34,3	[28,4 ; 40,2]
Non	65,7	[59,8 ; 71,6]
Perte de poids depuis les 5 dernières années		
Oui	23,3	[18,0 ; 28,7]
Non	76,7	[71,3 ; 82,0]
Statut tabagique		
Fumeur	29,3	[23,6 ; 35,0]
Ex-fumeur	26,2	[20,7 ; 31,7]
Non fumeur	44,5	[38,2 ; 50,8]
Total	100	
Catégorie socioprofessionnelle du chef de famille		
Agriculteurs exploitants	0,8	[-0,03 ; 1,8]
Artisans, commerçants et chefs d'entreprise	4,2	[1,8 ; 6,6]
Cadres et professions intellectuelles supérieures	14,9	[10,2 ; 19,7]
Professions Intermédiaires	14,4	[9,9 ; 18,0]
Employés	9,1	[5,2 ; 13,0]
Ouvriers	31,3	[25,4 ; 37,3]
Retraités / préretraités	22,8	[17,8 ; 27,7]
Autres personnes sans activité professionnelle	2,5	[0,8 ; 4,3]
Total	100	

Tableau 9 : Caractéristiques sociodémographiques de la population d'étude

	Pourcentage	IC _{95%}
Niveau d'étude de l'interviewé		
Aucun diplôme	3,4	[1,1 ; 5,7]
Certificat d'étude primaire	6,1	[3,5 ; 8,7]
BEPC	3,7	[1,8 ; 5,6]
CAP, BEP ou diplôme équivalent	43,0	[36,8 ; 49,3]
Baccalauréat (général, techno, pro), brevet professionnel ou équivalent	15,9	[11,4 ; 20,4]
Baccalauréat + 2	11,5	[7,2 ; 15,7]
Diplôme supérieur	16,4	[11,4 ; 21,4]
Total	100	

6.1.2 Caractéristiques géographiques

Comme énoncé dans la partie Matériel et Méthode, les tronçons de l'étude sont regroupés en zones homogènes de contamination, par une méthode de classification. L'objectif est de rendre plus robuste et de simplifier les analyses et interprétations des résultats. Une **variable « zone »** a donc été créée (cf. Annexe XX).

A partir des données de contamination des poissons en PCB indicateurs (congénères : 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180), les résultats de la classification des tronçons de cours d'eau de l'étude laissent apparaître **trois zones de niveaux homogènes de contamination : fort, moyen et faible** (cf. Figure 10). La répartition des tronçons par zone est cohérente avec les recommandations formulées par l'Anses dans les avis d'interprétation sanitaire des niveaux de contamination des poissons pour ces secteurs (voir site www.anses.fr).

Le Tableau 10 présente la répartition de la population selon les zones de contamination. Elle est hétérogène, la zone de contamination moyenne étant moins représentée (21,9% IC_{95%} = [16,3 ; 27,1]).

Tableau 10 : Répartition de la population selon la variable "zone"

Zones	Pourcentage	IC _{95%}
Contamination forte	39,4	[33,2 ; 45,7]
Contamination moyenne	21,9	[16,7 ; 27,1]
Contamination faible	38,7	[32,6 ; 44,8]

Tableau 11 : Répartition des individus selon la catégorie d'âge dans chaque zone

Zones	Catégorie d'âge				total
	18-44 ans		45 ans et plus		
	Pourcentage	IC _{95%}	Pourcentage	IC _{95%}	
Contamination forte	58,2	[48,1 ; 68,3]	41,8	[31,7 ; 51,9]	100
Contamination moyenne	52,4	[39,2 ; 65,7]	47,6	[34,3 ; 60,8]	100
Contamination faible	46,6	[36,8 ; 56,4]	53,4	[43,6 ; 63,2]	100

La répartition de la population par catégorie d'âge est sensiblement la même quelle que soit la zone (cf. Tableau 11). La proportion des plus de 45 ans est plus importante dans la zone de faible contamination.

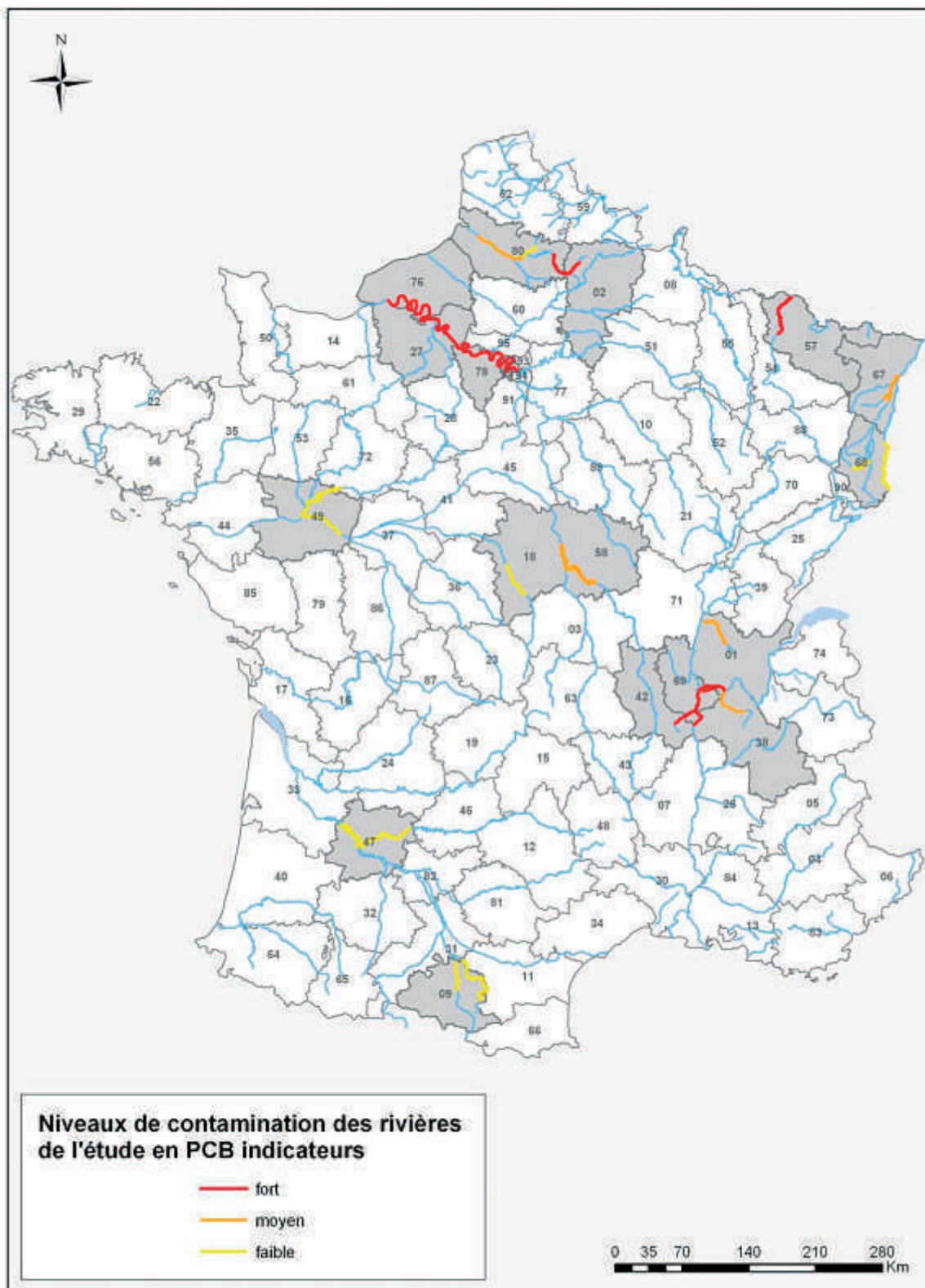


Figure 10 : Répartition des tronçons selon le niveau de contamination des poissons en PCB indicateurs (variable "zone PCB")

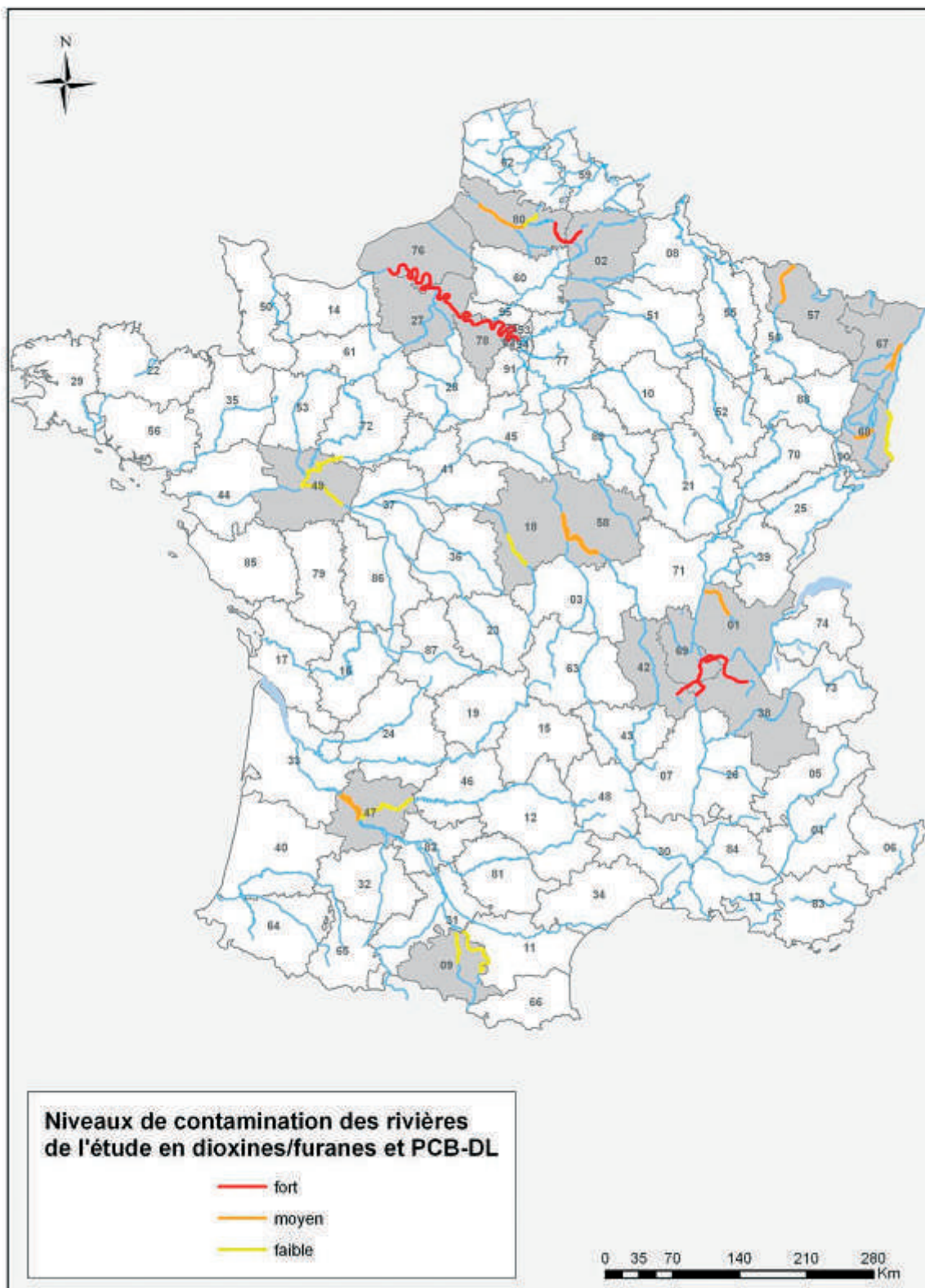


Figure 11: Répartition des tronçons selon le niveau de contamination des poissons en PCDD/F + PCB-DL (variable "zone dioxine")

Les résultats de la classification des tronçons obtenus à partir des données de contamination des poissons en PCDD/F+PCB-DL (cf. Figure 11) sont très proches de ceux observés pour les PCB. Cela n'entraîne pas de différence dans la description de la population. C'est pourquoi **il ne sera présenté que les résultats relatifs à la classification élaborée pour les PCB.**

6.1.3 Description de la consommation générale

Le Tableau 12 présente les fréquences annuelles moyennes de consommation par groupe d'aliments de la population de l'étude.

Dans les produits de la mer, on distingue plusieurs catégories notamment les poissons maigres et gras. La consommation annuelle moyenne des produits de la mer est de 1,5 fois par semaine (soit 74,3 fois par an), et à titre comparatif, cette valeur est plus faible que celle issue de l'étude INCA2 (Afssa 2009b) (cf. Tableau 13). Dans notre questionnaire, seules les espèces présentant les plus fortes teneurs en PCB (poissons gras) ont été ciblées, certaines espèces particulièrement consommées (crevettes, moules et lieus) n'ont donc pas été répertoriées, expliquant une consommation annuelle plus faible par rapport à l'échantillon représentatif de la population générale INCA2.

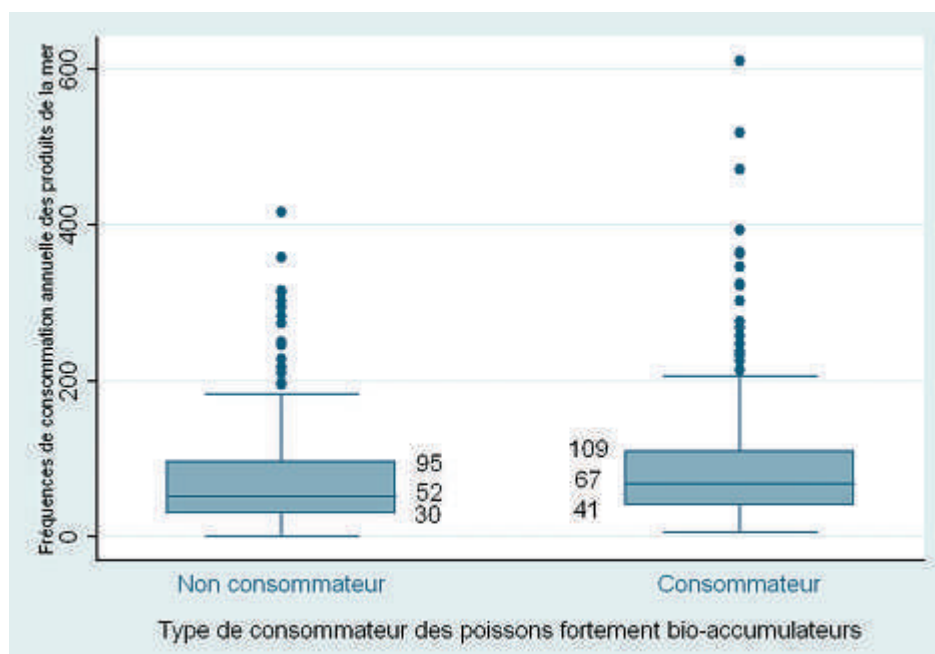


Figure 12 : Description de la consommation des produits de la mer selon le type de consommateurs des poissons fortement bio-accumulateurs

Globalement les non consommateurs des poissons fortement bio-accumulateurs ont le même niveau de consommation des produits de la mer que les consommateurs (médiane : 52 fois/an pour les non consommateurs contre 67 fois/an pour les consommateurs). Il n'y a pas de phénomène de substitution du type de poissons consommés (cf. Figure 12).

Tableau 12 : Description de la consommation générale de la population de l'étude

Catégorie d'aliments	Fréquence annuelle moyenne de consommation	IC _{95%}	Min	Max
Produits de la pêche	74,3	[66,3 ; 82,3]	0	610,5
Poissons maigres ¹⁴	31,5	[27,5 ; 35,6]	0	483
Poissons gras	37,0	[31,7 ; 42,2]	0	296
Crustacés	3,4	[2,6 ; 4,3]	0	79,5
Mollusques	3,6	[3,1 ; 4,0]	0	18
Produits carnés	596,8	[556,3 ; 637,2]	51	2299
Bœuf, veau, mouton et agneau	170,1	[156,4 ; 183,7]	10	886
Porc et charcuterie	317,7	[288,0 ; 347,5]	0	1512
Volaille et lapin	98,1	[88,9 ; 107,3]	0	730
Abats	10,9	[8,0 ; 13,8]	0	365
Œufs	78,0	[69,4 ; 86,6]	0	365
Plats composés complets	135,9	[122,1 ; 149,7]	5	1425
Pizzas, quiches, pâtisseries salées et hamburgers	74,0	[63,8 ; 84,4]	0	480
Pâtes fourrées	19,2	[14,6 ; 23,7]	0	730
Plats composés	35,8	[31,4 ; 40,2]	5	788
Plats composés à base de poissons	6,9	[4,7 ; 9,1]	0	286
Produits laitiers	1238,8	[1115,3 ; 1362,3]	0	6570
Lait	225,8	[197,4 ; 254,2]	0	886
Fromage (affinés et frais)	593,7	[515,0 ; 672,4]	0	2920
Lait fermenté et desserts lactés	419,3	[365,4 ; 473,2]	0	2920
Matières grasses	925,6	[865,1 ; 986,1]	10	3732
Matière grasse animale	404,4	[367,1 ; 441,8]	0	2220
Matière grasse végétale	521,2	[472,0 ; 570,3]	0	2190
Fruits	311,1	[279,2 ; 343,1]	0	730
Légumes	917,1	[815,3 ; 1019,0]	5	5110
Pommes de terre et dérivés	160,0	[142,6 ; 177,5]	12	730
Viennoiseries, biscuits (sucrés et salés) et pâtisseries	274,9	[234,9 ; 314,9]	0	2920

En termes de consommation générale, la population de l'étude n'est pas très éloignée de l'échantillon représentatif de la population française INCA2 (cf. Tableau 13). Les écarts observés s'expliquent par des modes de collecte et de catégorisation d'aliments différents, par exemple dans notre étude, les consommations sont renseignées par un questionnaire fréquentiel (recensant les actes de consommation) qui a tendance à surestimer les consommations, alors qu'il s'agit, dans INCA2, d'un carnet de consommation tenu pendant 7 jours.

¹⁴ Teneur en lipides inférieure à 2%.

Tableau 13 : Description de la consommation générale de la population de l'étude Individuelle nationale des consommations alimentaires 2 (INCA2)

Type de produits	Fréquences annuelles de consommation
Produits laitiers	764,5
Produits carnés	445,0
Produits de mer	126,8
Œufs	52,5
Légumes (hors pommes de terre)	565,8
Pommes de terre et apparentés	141,0
Fruits	367,1

Le questionnaire a permis le recueil de données sur les pratiques d'autoconsommation. Celles-ci sont assez peu répandues car seulement 13,7% ($IC_{95\%} = [9,3 ; 18,1]$) de la population élèvent des poules pour la consommation des œufs et 8,1% ($IC_{95\%} = [4,6 ; 11,6]$) pour la consommation de volailles. Parmi cette population, seuls 18,1% ($IC_{95\%} = [5,2 ; 31,0]$) pratiquent l'épandage des cendres de cheminée ou de feux de jardin, source potentielle d'exposition aux dioxines.

6.1.4 Description de la consommation de poissons d'eau douce

L'objectif de cette partie est tout d'abord de décrire la consommation des poissons d'eau douce pour l'ensemble de la population (identique à celle présentée au paragraphe 6.1.1). Cette population est constituée de 606 individus, qui, après prise en compte des pondérations, représente les individus éligibles des 21 180 foyers de la base de sondage initiale. La description se concentre ensuite sur les personnes potentiellement les plus exposées aux PCB, c'est-à-dire les consommateurs des poissons fortement bio-accumulateurs de PCB.

6.1.4.1 Dans la population de l'étude

Le tableau ci-dessous décrit les fréquences annuelles moyennes de consommation des différents types de poissons en distinguant la consommation des poissons pêchés dans les zones de l'étude et en dehors de ces zones.

Tableau 14 : Description de la consommation des poissons d'eau douce dans la population de l'étude

Fréquences annuelles de consommation	moyenne	$IC_{95\%}$	P10	P25	P50	P75	P95
Des poissons d'eau douce	13,0	[11,2 ; 14,8]	0	1,5	5,8	15	52,9
Des poissons fortement bio-accumulateurs	2,5	[1,9 ; 3,1]	0	0	0	1,5	13
Dans les zones	1,9	[1,3 ; 2,4]	0	0	0	1,2	10,3
Hors des zones	0,6	[0,5 ; 0,8]	0	0	0	0	3,5
Des poissons faiblement bio-accumulateurs	10,5	[9,0 ; 12,0]	0	1,5	4,5	13,3	40,6
Dans les zones	5,8	[4,8 ; 6,7]	0	0	1,5	7	27,2
Hors des zones	4,7	[3,7 ; 5,7]	0	0	1,5	5,5	18

Globalement la consommation annuelle moyenne des poissons d'eau douce est peu fréquente, c'est-à-dire environ 1 fois par mois. Un quart de la population consomme des poissons d'eau douce plus d'une fois par mois (75^{ème} percentile = 15 fois par an) et **seuls 5% de la population en consomment plus d'une fois par semaine** (95^{ème} percentile = 52,9 fois par an). La population consomme davantage de poissons faiblement bio-accumulateurs (10,5 vs 2,5 par an pour les poissons fortement bio-accumulateurs). Ceci peut s'expliquer par le fait que les poissons fortement bio-accumulateurs sont principalement des espèces benthiques vivant dans la vase et qu'elles nécessitent une préparation plus longue afin d'être consommées et appréciées.

La consommation des poissons pêchés dans les zones de l'étude est un peu plus fréquente que celle en dehors des zones de l'étude (en moyenne 7,7 fois par an dans les zones de l'étude vs 5,3 fois par an ailleurs).

6.1.4.2 Comparaison des consommateurs et non consommateurs de poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs

L'objectif de cette partie est de comparer la population des consommateurs et des non consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs de PCB, tant en ce qui concerne la consommation que les variables sociodémographiques et anthropométriques.

Un « consommateur » est ici défini comme un individu qui consomme plus de 2 fois par an des poissons fortement bio-accumulateurs issus de la zone d'étude (c'est-à-dire l'ensemble des consommateurs réguliers, intermédiaires et occasionnels définis pour la phase d'inclusion, cf. §. 3.3.2.2).

Tableau 15 : Description de la consommation de poissons d'eau douce selon le type de consommateurs

Fréquences annuelles de consommation	Consommateurs des poissons fortement bio-accumulateurs		Non consommateurs des poissons fortement bio-accumulateurs	
	Moyenne	IC _{95%}	Moyenne	IC _{95%}
Des poissons fortement bio-accumulateurs	14,8	[11,3 ; 18,4]	0,6	[0,4 ; 0,7]
Des poissons faiblement bio-accumulateurs	29	[25,3 ; 32,6]	7,6	[6,0 ; 9,2]
Des poissons d'eau douce	43,8	[38,4 ; 49,2]	8,2	[6,5 ; 9,9]

Le tableau ci-dessus présente les fréquences annuelles moyennes de consommation des poissons d'eau douce sans distinction de l'origine du poisson (poissons pêchés dans les zones ou hors zones) en fonction de la catégorie de consommateurs et également par type d'espèces.

Les « **consommateurs** » consomment un peu plus d'une fois par mois des poissons fortement bio-accumulateurs (14,8 fois par an, IC_{95%} = [11,3 ; 18,4]). Leur consommation de poissons faiblement bio-accumulateurs est de 2 à 3 fois par mois (29 fois par an, IC_{95%} = [25,3 ; 32,6]). **Leur consommation annuelle moyenne totale des poissons d'eau douce est de 43,8 (IC_{95%} = [38,4 ; 49,2]), soit 3 à 4 fois par mois.** Comme l'ensemble de la population, ils consomment davantage de poissons faiblement bio-accumulateurs.

Les individus considérés comme « non-consommateurs » de poissons fortement bio-accumulateurs, consomment quand même des poissons faiblement bio-accumulateurs à hauteur de 8 fois par an. Cette consommation est près de 4 fois inférieure à celle des « consommateurs ».

Le Tableau 16 présente la répartition de la population par type de consommateurs, par sexe et par zone. On observe, chez les hommes et les femmes, la même **proportion de consommateurs**, ce qui semble traduire des comportements alimentaires similaires vis-à-vis des poissons d'eau douce. En outre, ce pourcentage est assez faible, puisqu'il est respectivement de **11,4 et 14,8%, pour les femmes et les hommes**.

La part des consommateurs dans les zones faiblement et moyennement contaminées est proche (respectivement 17,8% et 15,7%), alors qu'elle est plus faible dans la zone fortement contaminée (8%). Rappelons que ces consommations sont relatives à la période antérieure aux mesures d'interdiction lorsqu'elles existent.

Tableau 16 : Répartition du type de consommateurs selon le sexe et la zone

Pourcentage		Consommateurs des poissons fortement bio-accumulateurs	Non consommateurs des poissons fortement bio-accumulateurs	Total
Sexe	Homme	14,8 IC _{95%} = [11,8 ; 17,9]	85,2 IC _{95%} = [82,1 ; 88,2]	100
	Femme	11,4 IC _{95%} = [8,1 ; 14,6]	88,6 IC _{95%} = [85,4 ; 91,9]	100
Zones	Fortement contaminée	8,0 IC _{95%} = [5,1 ; 10,9]	92,0 IC _{95%} = [89,1 ; 94,9]	100
	Moyennement contaminée	15,7 IC _{95%} = [9,9 ; 21,5]	84,3 IC _{95%} = [78,5 ; 90,1]	100
	Faiblement contaminée	17,8 IC _{95%} = [13,2 ; 22,4]	82,2 IC _{95%} = [77,6 ; 86,8]	100

La population des consommateurs est différente de celle des non consommateurs tant au niveau de la consommation globale des poissons d'eau douce que des caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques. En effet, d'après le Tableau 17, **les consommateurs sont significativement plus âgés** (52,6 vs 43,6 ans, $p < 0,0001$) et ont une **corpulence plus forte** (27,1 vs 25,3, $p = 0,0001$). **Ils demeurent majoritairement dans la zone faiblement contaminée** (51% IC_{95%} = [43,3 ; 58,7] vs 25,5% IC_{95%} = [18,8 ; 32,2] (zone moyennement contaminée) vs 23,5% IC_{95%} = [16,9 ; 30,1] (zone fortement contaminée)), voir Tableau 18.

Tableau 17 : Description de l'âge et de l'IMC selon le type de consommateurs

	Consommateurs des poissons fortement bio-accumulateurs	Non consommateurs des poissons fortement bio-accumulateurs	Comparaison
Age	52,6 IC _{95%} = [51,2 ; 54,0]	43,6 IC _{95%} = [42,0 ; 45,3]	$p < 0,0001$
IMC	27,1 IC _{95%} = [26,6 ; 27,6]	25,3 IC _{95%} = [24,7 ; 25,9]	$p = 0,0001$

Dans cette population de consommateurs, les femmes représentent 32,5% IC_{95%} = [28,2 ; 36,9], ce qui est proche du pourcentage de femmes global dans la population de l'étude (38,6% IC_{95%} = [32,5 ; 44,8]).

Tableau 18 : Répartition du type de consommateurs selon la zone

Variable	Pourcentage	IC _{95%}	Comparaison
Zone fortement contaminée			$p = 0,0002$
Non consommateurs	41,9	[34,8 ; 49,1]	
Consommateurs	23,5	[16,9 ; 30,1]	
Zone moyennement contaminée			$p = 0,36$
Non consommateurs	21,3	[15,4 ; 27,2]	
Consommateurs	25,5	[18,8 ; 32,2]	
Zone faiblement contaminée			$p = 0,0068$
Non consommateurs	36,8	[29,8 ; 43,7]	
Consommateurs	51,0	[43,3 ; 58,7]	

6.1.4.3 Chez les consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs

Les consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs représentent 13% de l'ensemble de la population d'étude.

6.1.4.3.1 La consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude

Les fréquences de consommation annuelles moyennes des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés sur zone sont décrites dans le Tableau 19. Les consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs consomment en moyenne **1 fois par mois des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude** (12,3 fois/an, IC_{95%} = [8,8 ; 15,8]).

Il n'existe pas de différence significative entre la consommation des hommes et des femmes, par contre cette consommation varie d'une zone à l'autre et est plus importante dans la zone faiblement contaminée ($p = 0,02$).

Tableau 19 : Description de la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs selon le sexe et la zone

Fréquences annuelles de consommation	Moyenne	IC _{95%}	Comparaison
Total	12,3	[8,8 ; 15,8]	
Sexe			p = 0,58
Homme	12,9	[8,1 ; 17,7]	
Femme	11,2	[7,4 ; 15,0]	
Zones			p = 0,02
Fortement contaminée	10,9	[8,5 ; 13,3]	
Moyennement contaminée	7,8	[6,5 ; 9,2]	
Faiblement contaminée	15,2	[8,5 ; 21,9]	

D'après le Tableau 20, les espèces de poissons les plus consommées sont **le silure et l'anguille puis la brème et le gardon**. Certaines espèces sont consommées préférentiellement selon la zone telles que l'anguille, plus consommée dans la zone fortement contaminée, la brème dans la zone faiblement contaminée et le silure, en limite de significativité, plus fortement consommé dans la zone faiblement contaminée (avec tout de même un intervalle de confiance très large).

Tableau 20 : Consommation des espèces fortement bio-accumulatrices selon la zone

Poissons fortement bio-accumulateurs dans les zones	Fréquences annuelles moyennes de consommation	IC _{95%}	Comparaison selon la zone
Anguille	2,6	[2,1 ; 3,0]	p = 0,01
Zone fortement contaminée	2,9	[1,8 ; 4,1]	
Zone moyennement contaminée	1,7	[1,1 ; 2,3]	
Zone faiblement contaminée	2,8	[2,3 ; 3,3]	
Barbeau	0,5	[0,3 ; 0,6]	p = 0,08
Zone fortement contaminée	0,3	[0,1 ; 0,6]	
Zone moyennement contaminée	0,3	[0,1 ; 0,5]	
Zone faiblement contaminée	0,6	[0,4 ; 0,9]	
Brème	2	[1,6 ; 2,5]	p = 0,01
Zone fortement contaminée	2	[1,0 ; 2,9]	
Zone moyennement contaminée	1,2	[0,7 ; 1,8]	
Zone faiblement contaminée	2,5	[1,8 ; 3,2]	
Carpe	1,7	[1,4 ; 2,0]	p = 0,32
Zone fortement contaminée	1,4	[0,8 ; 2,0]	
Zone moyennement contaminée	2,0	[1,5 ; 2,6]	
Zone faiblement contaminée	1,7	[1,2 ; 2,1]	
Silure	3,7	[0,3 ; 7,0]	p = 0,05
Zone fortement contaminée	2,5	[1,3 ; 3,7]	
Zone moyennement contaminée	1,0	[0,5 ; 1,6]	
Zone faiblement contaminée	5,5	[-1,1 ; 12,1]	
Gardon	1,9	[1,5 ; 2,2]	p = 0,22
Zone fortement contaminée	1,8	[1,2 ; 2,3]	
Zone moyennement contaminée	1,5	[1,1 ; 1,9]	
Zone faiblement contaminée	2,1	[1,5 ; 2,7]	

6.1.4.3.2 La consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude

Les consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs consomment en moyenne **1 à 2 fois par mois des poissons faiblement bio-accumulateurs** pêchés dans les zones de l'étude (20,4 fois/an, IC_{95%} = [17,6 ; 23,2]). Il n'existe pas de différence significative de fréquences de consommation annuelles moyennes des poissons faiblement bio-accumulateurs selon le sexe et la zone (cf. Tableau 21).

Tableau 21 : Description de la consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs selon le sexe et la zone

Fréquences annuelles de consommation	Moyenne	IC _{95%}	Comparaison
Total	20,4	[17,6 ; 23,2]	
Sexe			p = 0,66
Homme	20,8	[17,5 ; 24]	
Femme	19,6	[15,3 ; 23,9]	
Zones			p = 0,57
Fortement contaminée	23	[16,7 ; 29,3]	
Moyennement contaminée	20,6	[15,4 ; 25,9]	
Faiblement contaminée	19,1	[15,4 ; 22,8]	

Les espèces les plus consommées sont **l'ablette, la perche et le sandre**, les moins consommées sont le black-bass, le carassin, le chevesne, l'hotu, la tanche, la vandoise et le vairon (cf. Tableau 22 et Tableau 23). Le poisson-chat est consommé préférentiellement dans la zone moyennement contaminée. Le sandre et la perche, en limite de significativité, sont consommés le plus souvent dans la zone fortement contaminée.

Tableau 22 : Consommation des espèces faiblement bio-accumulatrices selon la zone (1)

Poissons faiblement bio-accumulateurs dans les zones	Fréquences annuelles moyennes de consommation	IC _{95%}	Comparaison selon la zone
Ablette	4,2	[2,9 ; 5,4]	p = 0,29
Zone fortement contaminée	3,1	[1,7 ; 4,6]	
Zone moyennement contaminée	3,2	[2,3 ; 4,2]	
Zone faiblement contaminée	5,2	[2,9 ; 7,5]	
Goujon	2,1	[1,6 ; 2,6]	p = 0,32
Zone fortement contaminée	1,4	[0,4 ; 2,4]	
Zone moyennement contaminée	2,3	[1,4 ; 3,2]	
Zone faiblement contaminée	2,3	[1,7 ; 2,9]	
Brochet	2,4	[2,0 ; 2,8]	p = 0,18
Zone fortement contaminée	3,3	[2,2 ; 4,4]	
Zone moyennement contaminée	2,2	[1,4 ; 3,0]	
Zone faiblement contaminée	2,2	[1,8 ; 2,6]	
Black-bass	0,2	[0,1 ; 0,3]	p = 0,09
Zone fortement contaminée	0,1	[0,0 ; 0,2]	
Zone moyennement contaminée	0,3	[0,1 ; 0,6]	
Zone faiblement contaminée	0,3	[0,1 ; 0,4]	
Carassin	0,2	[0,1 ; 0,3]	p = 0,13
Zone fortement contaminée	0,4	[0,0 ; 0,9]	
Zone moyennement contaminée	0,2	[0,1 ; 0,3]	
Zone faiblement contaminée	0,1	[0,0 ; 0,1]	

Tableau 23 : Consommation des espèces faiblement bio-accumulatrices selon la zone (2)

Poissons faiblement bio-accumulateurs dans les zones	Fréquences annuelles moyennes de consommation	IC _{95%}	Comparaison selon la zone
Chevesne	0,7	[0,5 ; 0,9]	p = 0,46
Zone fortement contaminée	0,5	[0,1 ; 0,9]	
Zone moyennement contaminée	0,6	[0,3 ; 0,9]	
Zone faiblement contaminée	0,8	[0,5 ; 1,2]	
Hotu	0,1	[0,0 ; 0,2]	p = 0,28
Zone fortement contaminée	0,2	[-0,1 ; 0,5]	
Zone moyennement contaminée	0	[0,0 ; 0,0]	
Zone faiblement contaminée	0,1	[0,0 ; 0,2]	
Perche	3,4	[2,3 ; 4,5]	p = 0,06
Zone fortement contaminée	5,3	[2,6 ; 8,0]	
Zone moyennement contaminée	4,1	[0,8 ; 7,3]	
Zone faiblement contaminée	2,3	[1,7 ; 2,8]	
Poisson-chat	1,4	[0,9 ; 1,8]	p = 0,001
Zone fortement contaminée	0,5	[0,1 ; 0,8]	
Zone moyennement contaminée	3,1	[1,7 ; 4,5]	
Zone faiblement contaminée	0,9	[0,6 ; 1,3]	
Sandre	3	[2,2 ; 3,8]	p = 0,07
Zone fortement contaminée	5,5	[2,7 ; 8,3]	
Zone moyennement contaminée	2,1	[1,1 ; 3,1]	
Zone faiblement contaminée	2,3	[1,7 ; 2,9]	
Tanche	0,4	[0,3 ; 0,6]	p = 0,34
Zone fortement contaminée	0,6	[0,1 ; 1,1]	
Zone moyennement contaminée	0,5	[0,2 ; 0,8]	
Zone faiblement contaminée	0,3	[0,1 ; 0,5]	
Truite	1,8	[1,1 ; 2,6]	p = 0,46
Zone fortement contaminée	1,3	[0,5 ; 2,0]	
Zone moyennement contaminée	1,8	[0,7 ; 3,0]	
Zone faiblement contaminée	2,1	[0,9 ; 3,3]	
Vandoise	0,3	[0,2 ; 0,5]	p = 0,15
Zone fortement contaminée	0,8	[0,1 ; 1,4]	
Zone moyennement contaminée	0,1	[0,0 ; 0,3]	
Zone faiblement contaminée	0,3	[0,0 ; 0,5]	

6.1.4.3.3 La consommation des poissons d'eau douce pêchés en dehors des zones de l'étude

Les consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs consomment en moyenne **11,1 fois/an** (IC_{95%} = [8,8 ; 13,3]) **des poissons d'eau douce pêchés en dehors des zones de l'étude, soit environ 1 fois/mois.**

Tableau 24 : Consommation des espèces d'eau douce pêchées en dehors des zones de l'étude

Espèces d'eau douce	Fréquences annuelles moyennes de consommation	IC _{95%}
<u>Anguille</u>	0,7	[0,4 ; 1,0]
<u>Barbeau</u>	0,1	[0,0 ; 0,2]
<u>Brème</u>	0,3	[0,2 ; 0,4]
<u>Carpe</u>	0,6	[0,3 ; 0,8]
<u>Silure</u>	0,2	[0,0 ; 0,5]
<u>Gardon</u>	0,6	[0,3 ; 0,9]
Ablette	0,6	[0,4 ; 0,9]
Goujon	0,6	[0,4 ; 0,9]
Brochet	0,8	[0,6 ; 1,1]
Black-bass	0,1	[0,0 ; 0,1]
Carassin	0	[0,0 ; 0,1]
Chevesne	0,4	[0,0 ; 0,7]
Hotu	0	
Perche	1,1	[0,7 ; 1,4]
Poisson-chat	1,1	[0,1 ; 2,0]
Sandre	0,7	[0,5 ; 1,0]
Tanche	0,2	[0,1 ; 0,3]
Truite	2,8	[2,0 ; 3,6]
Vandoise	0,1	[0,0 ; 0,2]

La perche, le poisson-chat et la truite, espèces faiblement bio-accumulatrices, sont les plus consommées (cf. Tableau 24). Les espèces considérées comme fortement bio-accumulatrices pour cette étude sont soulignées.

6.2 Description et modélisation de l'imprégnation

Les résultats d'imprégnation sont d'abord présentés sur la population de l'étude, ce qui permet une comparaison avec des populations externes à l'étude. Toutefois il convient de rappeler que les données pondérées sont représentatives de la population de l'étude c'est-à-dire des 21 180 foyers de pêcheurs amateurs. En aucun cas, elles ne le sont de la population française des pêcheurs, estimée à 1,5 millions de pêcheurs de loisir (cf. paragraphe 3.3.4).

Les données ont ensuite été présentées plus en détail sur l'échantillon de l'étude, c'est-à-dire 606 participants, et utilisées pour la modélisation et l'étude des facteurs de risques (cf. paragraphe 3.6.4). L'échantillon a, en effet, été construit pour disposer de contrastes forts en termes de consommation et de contamination des poissons fortement bio-accumulateurs afin de rechercher un lien éventuel entre cette consommation et l'imprégnation aux PCB.

6.2.1 Description de l'imprégnation

6.2.1.1 La population de l'étude

Les valeurs d'imprégnation sanguine de la population de l'étude sont présentées dans le Tableau 25. Les indicateurs d'imprégnation rapportés dans les lipides sériques des participants sont ceux décrits au paragraphe 3.5.2. Les facteurs d'équivalence toxique utilisés dans le calcul du TEQ total sont les plus récents (OMS 2005) (Van den Berg 2006).

Tableau 25 : Distribution des PCB en ng/g de matières grasses (MG), dioxines et PCB-DL en pg TEQ₂₀₀₅/g MG dans le sérum de la population de l'étude

Variables	Moyenne géométrique	IC _{95%}	Moyenne arithmétique	ET	médiane	P75	P95	min	max
PCB 138	43,6	[41,0 ; 46,4]	59,0	52,8	47,6	71,0	158,5	5,8	690,1
PCB 153	95,5	[89,6 ; 101,8]	128,9	6,6	101,5	162,9	328,3	9,8	1022,1
PCB 180	92,4	[86,3 ; 98,9]	127,1	114,5	98,6	166,1	312,0	6,1	1259,7
PCB totaux	399,1	[374,6 ; 425,3]	535,5	482,8	411,6	685,7	1355,7	37,8	4580,3
PCDD/F	9,9	[9,5 ; 10,3]	11,0	0,3	10,0	13,4	21,6	2,5	45,8
PCB-DL	6,1	[5,8 ; 6,5]	7,8	0,4	6,1	9,6	20,2	0,9	65,1
PCDD/F+ PCB-DL	16,4	[15,7 ; 17,1]	18,8	0,7	16,3	23,2	41,2	4,0	91,5

IC_{95%} =: intervalle de confiance à 95 %

ET : écart-type à la moyenne

La moyenne géométrique de la concentration sérique des PCB totaux estimée dans la population de l'étude est de **399,1 ng/g MG (IC_{95%} = [374,6 ; 425,3])**. Le maximum est de 4580,3 ng/g MG. Le PCB 153 représente 24,2% des PCB totaux.

La moyenne géométrique de la concentration sérique des dioxines et PCB « dioxin-like » (PCDD/F+PCB-DL : TEQ total) dans la population de l'étude est de **16,4 pg TEQ₂₀₀₅/g MG (IC_{95%} = [15,7 ; 17,1])**. Le maximum est de 91,5 pg TEQ₂₀₀₅/g MG. Mesurée en TEQ, la contribution des PCB-DL au TEQ total, est de 41,5%.

6.2.1.2 L'échantillon de l'étude

Les statistiques descriptives concernant l'imprégnation sanguine de l'échantillon de l'étude aux PCB et PCDD/F + PCB-DL sont résumées dans le Tableau 26.

Tableau 26 : Distribution des PCB en ng/g de matières grasses (MG), dioxines et PCB-DL en pg TEQ₂₀₀₅/g MG dans le sérum dans l'échantillon de l'étude

Variables	Moyenne géométrique	IC _{95%}	Moyenne arithmétique	ET	médiane	P75	P95	min	max
PCB 138	53,7	[50,5 ; 57,1]	71,7	2,5	56,8	91,0	177,9	5,8	690,1
PCB 153	118,6	[111,4 ; 126,3]	156,3	5,0	126,1	205,2	352,5	9,8	1022,1
PCB 180	113,0	[105,8 ; 120,7]	151,1	4,9	123,8	202,8	335,6	6,1	1259,7
PCB totaux	491,9	[462,2 ; 523,5]	644,5	20,2	527,2	844,4	1461,8	37,8	4580,3
PCDD/F	10,7	[10,3 ; 11,1]	12,0	0,2	11,0	14,9	22,7	2,5	45,8
PCB-DL	7,4	[7,0 ; 7,9]	9,6	0,3	7,5	12,4	24,2	0,9	65,1
PCDD/F+ PCB-DL	18,6	[17,8 ; 19,4]	21,6	0,5	18,5	26,9	43,3	4,0	91,5

IC_{95%} =: intervalle de confiance à 95%

ET : écart-type à la moyenne

La moyenne géométrique de la concentration sérique des PCB totaux estimée dans l'échantillon de l'étude est de **491,9 ng/g MG (IC_{95%} = [462,2 ; 523,5])**. Le maximum est de 4580,3 ng/g MG. Le PCB 153 représente 24,2% des PCB totaux.

La moyenne géométrique de la concentration sérique des dioxines et PCB « dioxin-like » (PCDD/F+PCB-DL : TEQ total) dans l'échantillon de l'étude est de **18,6 pg TEQ₂₀₀₅/g MG (IC_{95%} = [17,8 ; 19,4])**. Le maximum est de 91,5 pg TEQ₂₀₀₅/g MG. Mesurée en TEQ, la contribution des PCB-DL au TEQ total, est de 44,4%.

6.2.2 Distributions des imprégnations

Les Figure 13 et Figure 14 ci-dessous présentent les distributions de PCB totaux, des congénères 138, 153 et 180, des PCDD/F, des PCB-DL et de la somme PCDD/F+PCB-DL, dans le sérum des 606 participants.

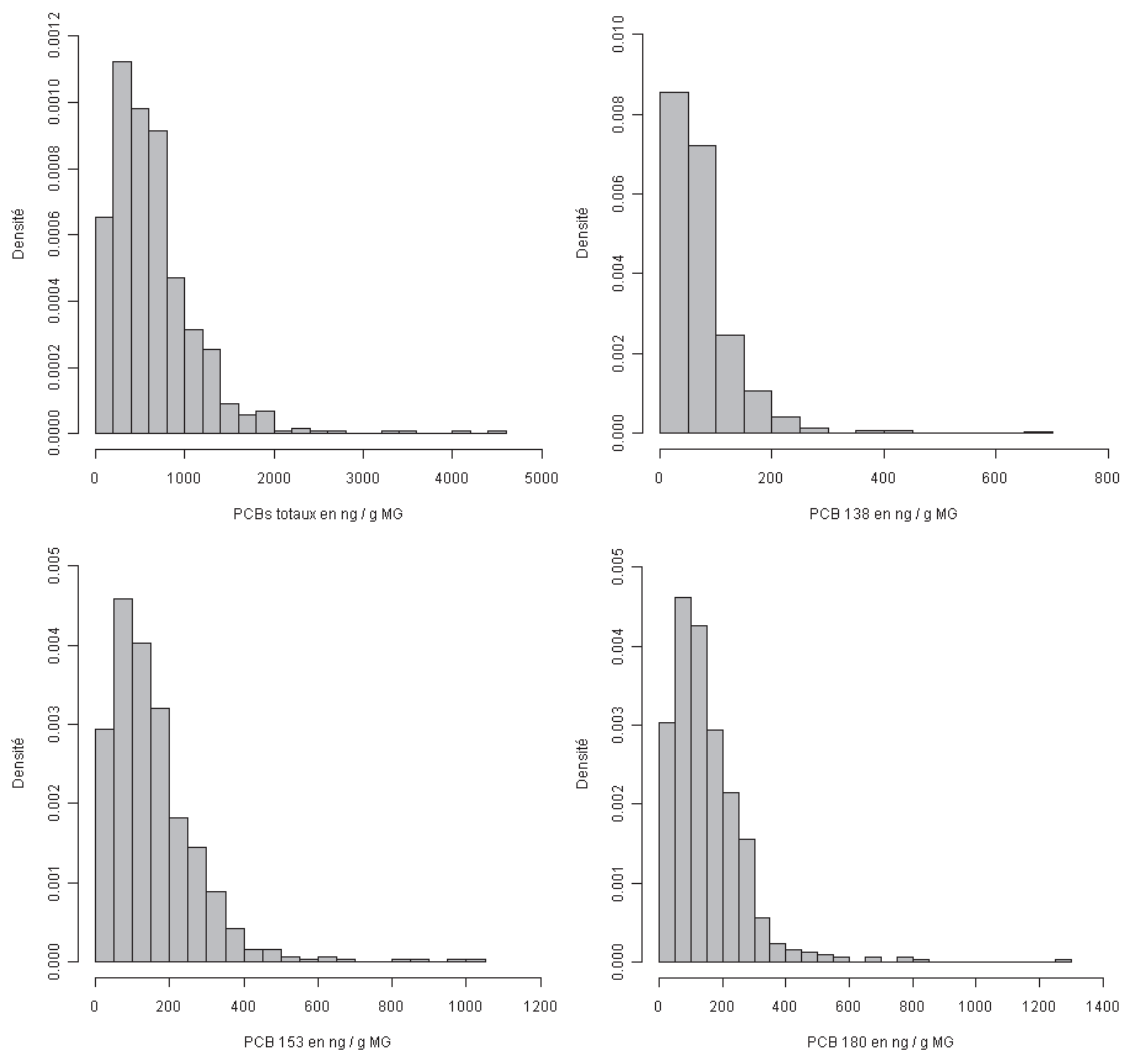


Figure 13 : Distribution des PCB totaux et congénères (ng/g MG)

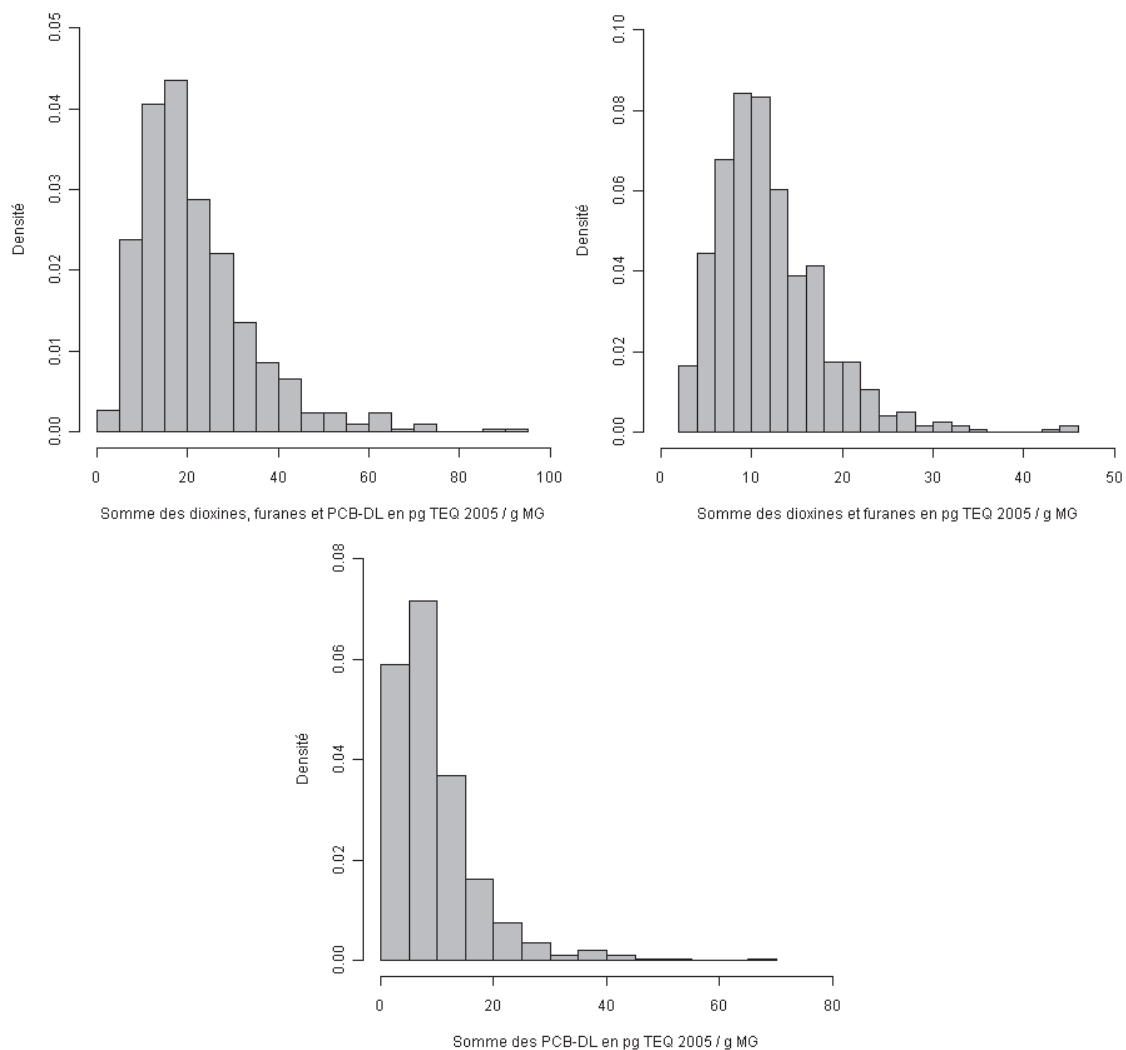


Figure 14 : Distribution des PCDD/F et PCB-DL (pg TEQ₂₀₀₅/g MG)

6.2.2.1 Eléments descriptifs

Le Tableau 27 et le Tableau 28 présentent les imprégnations des individus par zone et par classe d'âge. Pour les PCB, il n'apparaît **pas de différence significative entre zones**. En revanche, la différence est significative pour les PCDD/F, les PCB-DL et la somme des PCDD/F + PCB-DL. Contre toute attente, les individus de la zone faiblement contaminée ont des teneurs sériques plus élevées. Un ajustement sur l'ensemble des variables pertinentes permettra de voir dans la suite de l'étude, si cette association inverse à ce qui était attendu est liée à d'autres facteurs.

Tableau 27 : Description des imprégnations aux PCB en fonction de la zone et de l'âge

Moyenne géométrique en ng/g MG	Zones			Comparaison selon les zones
	Fortement contaminée	Moyennement contaminée	Faiblement contaminée	
PCB 138	50,9 IC _{95%} = [45,2 ; 57,3]	53,6 IC _{95%} = [47,0 ; 61,1]	55,7 IC _{95%} = [51,0 ; 60,8]	p = 0,47
18-44 ans	31,0 IC _{95%} = [26,4 ; 36,3]	29,6 IC _{95%} = [24,5 ; 35,7]	30,4 IC _{95%} = [26,3 ; 35,1]	
45 ans et plus	77,0 IC _{95%} = [67,7 ; 87,5]	74,4 IC _{95%} = [65,1 ; 85,0]	74,1 IC _{95%} = [68,2 ; 80,6]	
PCB 153	112,3 IC _{95%} = [99,6 ; 126,7]	119,5 IC _{95%} = [104,6 ; 136,4]	122,6 IC _{95%} = [112,3 ; 133,8]	p = 0,49
18-44 ans	64,3 IC _{95%} = [54,8 ; 75,4]	60,4 IC _{95%} = [49,8 ; 73,3]	63,1 IC _{95%} = [54,2 ; 73,5]	
45 ans et plus	178,8 IC _{95%} = [159,2 ; 200,9]	173,8 IC _{95%} = [154,2 ; 196,0]	167,5 IC _{95%} = [155,7 ; 180,3]	
PCB 180	105,4 IC _{95%} = [92,7 ; 119,7]	118,1 IC _{95%} = [102,4 ; 136,2]	115,9 IC _{95%} = [105,8 ; 127,0]	p = 0,37
18-44 ans	57,2 IC _{95%} = [48,2 ; 68,0]	55,6 IC _{95%} = [44,5 ; 69,4]	57,1 IC _{95%} = [47,9 ; 68,1]	
45 ans et plus	175,2 IC _{95%} = [156,2 ; 196,4]	178,8 IC _{95%} = [159,2 ; 200,8]	161,8 IC _{95%} = [151,7 ; 172,7]	
PCB totaux	462,5 IC _{95%} = [410,0 ; 521,7]	502,6 IC _{95%} = [440,0 ; 574,2]	507,1 IC _{95%} = [465,1 ; 552,8]	p = 0,43
18-44 ans	262,9 IC _{95%} = [224,1 ; 308,4]	250,9 IC _{95%} = [206,2 ; 305,2]	259,9 IC _{95%} = [224,4 ; 303,8]	
45 ans et plus	740,6 IC _{95%} = [661,0 ; 829,8]	736,9 IC _{95%} = [656,4 ; 827,3]	694,7 IC _{95%} = [649,1 ; 743,7]	

Tableau 28 : Description des imprégnations aux PCDD/F + PCB-DL en fonction de la zone¹⁵ et de l'âge

Moyenne géométrique en pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG	Zones			Comparaison selon les zones
	Fortement contaminée	Moyennement contaminée	Faiblement contaminée	
PCDD/F	10,4 IC _{95%} = [9,7 ; 11,2]	10,0 IC _{95%} = [9,3 ; 10,8]	11,4 IC _{95%} = [10,7 ; 12,0]	p = 0,02
18-44 ans	8,2 IC _{95%} = [7,4 ; 9,0]	6,8 IC _{95%} = [6,0 ; 7,7]	8,1 IC _{95%} = [7,3 ; 8,9]	
45 ans et plus	13,0 IC _{95%} = [11,9 ; 14,2]	12,2 IC _{95%} = [11,3 ; 13,2]	13,4 IC _{95%} = [12,6 ; 14,2]	
PCB-DL	6,6 IC _{95%} = [5,9 ; 7,3]	7,4 IC _{95%} = [6,6 ; 8,3]	8,1 IC _{95%} = [7,5 ; 8,8]	p = 0,01
18-44 ans	4,3 IC _{95%} = [3,8 ; 4,8]	4,1 IC _{95%} = [3,5 ; 4,8]	4,5 IC _{95%} = [4,0 ; 5,0]	
45 ans et plus	9,8 IC _{95%} = [8,7 ; 11,1]	10,0 IC _{95%} = [8,9 ; 11,2]	10,8 IC _{95%} = [9,9 ; 11,7]	
PCDD/F + PCB-DL	17,4 IC _{95%} = [16,1 ; 18,9]	17,9 IC _{95%} = [16,4 ; 19,5]	19,9 IC _{95%} = [18,7 ; 21,3]	p = 0,03
18-44 ans	12,7 IC _{95%} = [11,6 ; 14,0]	11,1 IC _{95%} = [9,8 ; 12,6]	12,8 IC _{95%} = [11,7 ; 14,0]	
45 ans et plus	23,3 IC _{95%} = [21,2 ; 25,7]	22,7 IC _{95%} = [20,7 ; 24,8]	24,6 IC _{95%} = [23,1 ; 26,3]	

Par ailleurs, quels que soient les congénères considérés ainsi que la zone, **l'imprégnation augmente régulièrement avec l'âge**. Ce résultat était attendu du fait de la bio-accumulation des PCB et des PCDD/F dans l'organisme tout au long de la vie et de l'existence d'un éventuel effet générationnel car les imprégnations aux PCB étaient plus élevées dans les années 80, avant l'interdiction des PCB.

¹⁵ Le découpage géographique est celui correspondant aux dioxines (cf. Figure 10 et Figure 11).

Tableau 29 : Description des imprégnations aux PCB en fonction du sexe et de l'âge

Moyenne géométrique en ng/g MG	Sexe		
	Homme	Femme	Comparaison selon le sexe
PCB 138	54,6 IC _{95%} = [50,5 ; 58,9]	52,0 IC _{95%} = [46,8 ; 57,8]	p = 0,47
18-44 ans	30,7 IC _{95%} = [27,3 ; 34,6]	29,9 IC _{95%} = [25,8 ; 34,5]	
45 ans et plus	75,7 IC _{95%} = [70,2 ; 81,6]	73,5 IC _{95%} = [65,9 ; 81,9]	
PCB 153	124,6 IC _{95%} = [115,5 ; 134,5]	107,7 IC _{95%} = [96,6 ; 120,1]	p = 0,03
18-44 ans	66,2 IC _{95%} = [58,8 ; 74,6]	57,4 IC _{95%} = [49,1 ; 67,1]	
45 ans et plus	178,6 IC _{95%} = [167,1 ; 190,9]	159,3 IC _{95%} = [144,4 ; 175,8]	
PCB 180	125,4 IC _{95%} = [115,9 ; 135,6]	92,4 IC _{95%} = [82,2 ; 103,7]	p < 0,0001
18-44 ans	63,1 IC _{95%} = [55,6 ; 71,8]	46,8 IC _{95%} = [38,9 ; 56,3]	
45 ans et plus	185,2 IC _{95%} = [174,4 ; 196,7]	141,0 IC _{95%} = [128,7 ; 154,5]	
PCB totaux	525,1 IC _{95%} = [487,0 ; 566,2]	433,3 IC _{95%} = [388,7 ; 483,1]	p = 0,004
18-44 ans	276,1 IC _{95%} = [245,2 ; 310,8]	230,5 IC _{95%} = [196,0 ; 271,0]	
45 ans et plus	756,8 IC _{95%} = [711,0 ; 805,5]	641,8 IC _{95%} = [583,9 ; 705,6]	

Tableau 30 : Description des imprégnations aux PCDD/F+PCB-DL en fonction du sexe et de l'âge

Moyennes géométriques en pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG	Sexe		
	Homme	Femme	Comparaison selon le sexe
PCDD/F	10,4 IC _{95%} = [9,8 ; 10,9]	11,4 IC _{95%} = [10,7 ; 12,1]	p = 0,03
18-44 ans	7,4 IC _{95%} = [6,9 ; 8,0]	8,3 IC _{95%} = [7,7 ; 9,1]	
45 ans et plus	12,5 IC _{95%} = [11,9 ; 13,2]	13,7 IC _{95%} = [12,9 ; 14,7]	
PCB-DL	7,5 IC _{95%} = [7,0 ; 8,1]	7,3 IC _{95%} = [6,6 ; 8,0]	p = 0,58
18-44 ans	4,2 IC _{95%} = [3,8 ; 4,6]	4,4 IC _{95%} = [3,9 ; 5,0]	
45 ans et plus	10,5 IC _{95%} = [9,7 ; 11,3]	9,9 IC _{95%} = [9,0 ; 11,0]	
PCDD/F + PCB-DL	18,4 IC _{95%} = [17,3 ; 19,4]	19,0 IC _{95%} = [17,8 ; 20,4]	p = 0,44
18-44 ans	11,9 IC _{95%} = [11,1 ; 12,9]	13,0 IC _{95%} = [11,9 ; 14,2]	
45 ans et plus	23,4 IC _{95%} = [22,1 ; 24,9]	24,2 IC _{95%} = [22,5 ; 26,0]	

Le Tableau 29 et le Tableau 30 présentent les teneurs sériques de l'échantillon par sexe et par âge. Pour les PCB, les hommes sont plus imprégnés que les femmes à l'exception du PCB 138 ($p = 0,47$). A l'inverse, il n'apparaît pas de différence significative pour la somme des PCDD/F + PCB-DL ainsi que pour les PCB-DL. Pour les PCDD/F ($p = 0,03$), les femmes sont au contraire plus imprégnées que les hommes.

6.2.2.2 Sujets présentant des teneurs élevées

Les teneurs sériques des participants sont comparées aux valeurs d'imprégnation critiques proposées par l'Anses, pour les PCB totaux d'une part et pour les PCDD/F+PCB-DL d'autre part (cf. Annexe II). Compte tenu des effets critiques de ces substances sur le jeune enfant exposé pendant la grossesse ou l'allaitement, la population des femmes en âge de procréer (18-44 ans) est distinguée du reste de la population¹⁶. Le paragraphe ci-dessous décrit les caractéristiques sociodémographiques, anthropométriques et de consommation des individus qui dépassent ces valeurs.

Dans la population source (c'est-à-dire après pondération pour représenter les personnes éligibles des 21 180 foyers de la base de sondage), **2,5% des personnes sont au-delà des seuils d'imprégnation critiques et notamment 0,3% de femmes de 18-44 ans.**

Dans l'échantillon, 20 personnes ont des imprégnations supérieures aux seuils critiques (pour les PCB totaux et/ou les PCDD/F+PCB-DL). Parmi ces individus, 19 personnes dépassent la valeur critique d'imprégnation pour les PCB totaux dont 3 également pour les dioxines/furanes et PCB-DL. Un seul participant dépasse uniquement le seuil pour les dioxines/furanes et PCB-DL. Sur les 20 participants, seules deux femmes de la catégorie des 18-44 ans (cf. Tableau 31) dépassent le seuil critique pour

¹⁶ Les seuils proposés par l'Anses sont les suivants : pour les femmes en âge de procréer : 700 ng PCB totaux/g MG et 50 pg TEQ/g MG pour les PCDD/F+PCB-DL ; pour le reste de la population : 1800 ng PCB totaux/g MG et 80 pg TEQ/g MG pour les PCDD/F+PCB-DL.

cette catégorie d'âge, elles sont âgées respectivement de 41 et 43 ans et demeurent dans la zone la plus faiblement contaminée. Elles sont toutes les deux consommatrices des poissons fortement bio-accumulateurs.

Tableau 31 : Effectifs des individus au-delà des seuils d'imprégnation critiques par âge et par sexe

Sexe	Age		
	18-44 ans	45 ans et plus	Total
Homme	0	16	16
Femme	2	2	4
Total	2	18	20

La moyenne d'âge des 20 individus dépassant les seuils d'imprégnation critiques est de 63,2 ans, ce qui est plus élevé que la moyenne d'âge de la population de l'étude (44,8 ans). Ils se répartissent de façon équivalente sur les 3 zones de l'étude (cf. Tableau 32). Ce sont **principalement des consommateurs des poissons fortement bio-accumulateurs** avec une fréquence de consommation annuelle moyenne de ces poissons pêchés dans les zones de l'étude, plus élevée que celle de la population des consommateurs de l'étude (15,1 vs 12,3 fois par an, cf. §. 6.1.4.3.1).

Tableau 32 : Effectifs des individus au-delà des seuils d'imprégnation critiques par zone et par type de consommateurs

Type de consommateurs	Zones			
	Fortement contaminée	Moyennement contaminée	Faiblement contaminée	Total
Non Consommateurs	4	0	1	5
Consommateurs	3	7	5	15
Total	7	7	6	20

Concernant les cinq non consommateurs, il n'y a pas d'explication évidente au dépassement des seuils critiques. Trois individus présentent un faible dépassement du seuil à 1800 ng/g MG, les deux autres étant parmi les plus âgés (69 et 72 ans).

6.2.3 Modélisation de l'imprégnation aux PCB

6.2.3.1 Etude des facteurs de variation relatifs à l'imprégnation aux PCB

Cette partie vise à répondre à l'objectif principal de l'étude, c'est-à-dire de déterminer une relation éventuelle entre la consommation des poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude et l'imprégnation aux PCB des individus participants (effectif = 606). Pour mettre en évidence l'effet propre de ce facteur, il est important de prendre en compte les autres facteurs connus pouvant potentiellement influencer sur l'imprégnation.

6.2.3.1.1 Les caractéristiques personnelles (facteurs sociodémographiques et anthropométriques)

Le questionnaire d'enquête à domicile a permis la collecte de nombreuses variables sociodémographiques, anthropométriques, géographiques et biologiques, telles que : les sites et tronçons d'affiliation (regroupés en « zone »), l'âge, le sexe, la masse et la taille permettant le calcul de l'indice de masse corporelle (IMC), la perte et la prise de poids de 5 kg (minimum) au cours des 5 dernières années, le statut tabagique (fumeur, non-fumeur, ex-fumeur) et la profession du chef de famille.

L'analyse de régression (cf. paragraphe 3.6.3) montre que les caractéristiques personnelles ont un rôle très important sur l'imprégnation aux PCB chez les participants, elles expliquent à elles seules **63%** de la variabilité de l'imprégnation aux PCB entre les individus. Les coefficients du modèle sont présentés en Annexe XXIII.

Les variables (cf. Tableau 33 et Tableau 34) associées significativement à la concentration sérique en PCB totaux ainsi que les pourcentages de variabilité expliquée par ces variables sont les suivants :

- **L'âge** : il est associé à une augmentation de l'imprégnation et explique 61% de la variabilité de l'imprégnation aux PCB ($R^2 = 61\%$) (cf. Figure 15) ;
- **L'IMC** est lié à une diminution de l'imprégnation ($R^2 = 0,7\%$) (cf. Figure 16) ;
- **La prise de poids** est associée à une diminution de l'imprégnation ($R^2 = 0,5\%$) ;
- **Le sexe** : l'imprégnation des hommes est plus élevée ($R^2 = 0,5\%$) ;
- **La zone** est associée à une augmentation de l'imprégnation lorsque l'individu demeure dans une zone fortement et moyennement contaminée ($R^2 = 0,3\%$).

Tableau 33 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCB totaux en ng/g MG basées sur le modèle final (1)

Variables	Imprégnation (ng/g MG)		
	Moyennes géométriques ajustées	IC _{95%}	Comparaison
Sexe			p = 0,004
Homme	511,4	[492,6 ; 531,4]	
Femme	467,2	[442,6 ; 495,1]	
Prise de poids			p = 0,004
Oui	452,1	[429,1 ; 479,0]	
Non	522,6	[501,5 ; 544,4]	
Zones			p = 0,07
Fortement contaminée	539,2	[506,9 ; 571,1]	
Moyennement contaminée	490,7	[455,8 ; 522,9]	
Faiblement contaminée	471,5	[449,7 ; 494,3]	

Ajustées sur tous les autres paramètres du modèle.

Tableau 34 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCB totaux en ng/g MG basées sur le modèle final (2)

Variables	Imprégnation (ng / g MG)		
	Moyennes géométriques ajustées	IC _{95%}	Comparaison
Age			p < 0,0001
Percentile 25 (39 ans)	341,2	[329,1 ; 354,0]	
Percentile 75 (60 ans)	796,0	[764,5 ; 829,0]	
IMC			p = 0,008
Percentile 25 (23,2)	509,4	[488,5 ; 531,5]	
Percentile 75 (29,3)	477,4	[455,5 ; 498,9]	

Ajustées sur tous les autres paramètres du modèle

Entre 18 et 44 ans, l'imprégnation augmente approximativement de **14 ng/g MG par année d'âge**, et lorsque l'individu est plus âgé, son imprégnation augmente d'environ **26 ng/g MG par année d'âge**. Du fait de la non-linéarité de l'effet de l'âge, ces calculs sont des ordres de grandeur moyens.

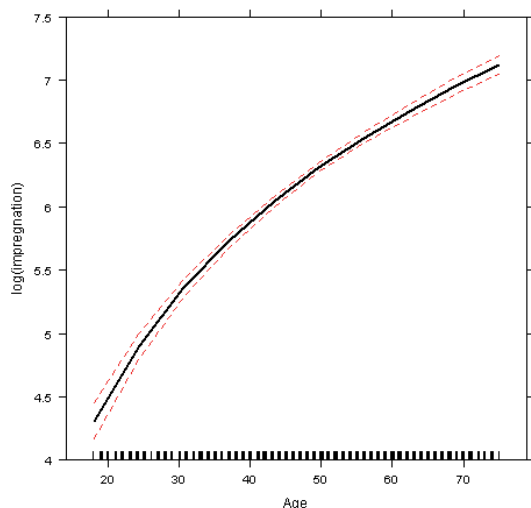


Figure 15 : Association entre l'âge et le log de l'imprégnation aux PCB totaux

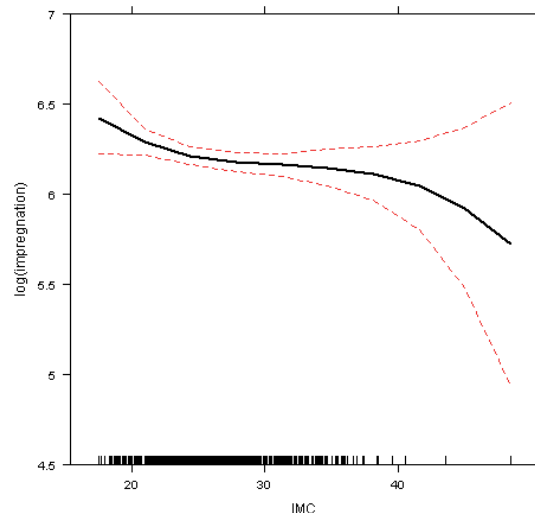


Figure 16 : Association entre l'IMC et le log de l'imprégnation aux PCB totaux

Le statut tabagique, la perte de poids ainsi que la catégorie socioprofessionnelle n'apparaissent pas significativement associés à l'imprégnation aux PCB dans le modèle.

6.2.3.1.2 Les facteurs de consommation alimentaires

Les variables collectées au cours de l'enquête sont les suivantes : la consommation des poissons d'eau douce fortement et faiblement bio-accumulateurs en distinguant la consommation des poissons pêchés sur les zones de l'étude et hors zones, la consommation des produits de la mer, des produits carnés, des œufs, des produits laitiers (en distinguant la consommation de lait, de fromage, et de laits fermentés et desserts lactés¹⁷), la consommation des matières grasses (en distinguant les matières grasses d'origine végétale et animale), des fruits et légumes, des plats préparés, des viennoiseries, biscuits et pâtisseries et enfin des produits issus de l'élevage personnel de volaille (viande et œufs). Le niveau de détail accordé aux produits animaux est plus important car ils sont les principaux contributeurs à l'exposition alimentaire aux PCB.

Les variables de consommation alimentaire jouent un rôle secondaire dans l'étude de l'imprégnation aux PCB car elles expliquent au total moins de 4% de la variabilité de l'imprégnation aux PCB entre individus. Les coefficients du modèle sont présentés en Annexe XXIII. Les variables (cf. Tableau 35) associées significativement à la concentration en PCB totaux ainsi que les pourcentages de variabilité expliquée par ces variables sont les suivants :

- La consommation des **poissons fortement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude**, associée à l'augmentation de l'imprégnation aux PCB ($R^2 = 2\%$) (cf. Figure 17) ;
- La consommation des **poissons faiblement bio-accumulateurs pêchés en dehors des zones de l'étude**, en lien avec une augmentation de l'imprégnation ($R^2 = 0,3\%$) (cf. Figure 18) ;
- La consommation de **fromage**, associée à une diminution de l'imprégnation ($R^2 = 0,5\%$) ;
- La consommation de **lait** explique 0,4% de la variabilité des données de façon non monotone ;
- La consommation des **œufs** est associée à une diminution de l'imprégnation ($R^2 = 0,3\%$).

¹⁷ Compte tenu de la différence de teneurs en matière grasse pour ces trois groupes.

Tableau 35 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCB totaux en ng/g MG en fonction des variables de consommation basées sur le modèle final

Fréquences annuelles de consommation	Imprégnation (ng/g MG)		
	Moyennes géométriques ajustées	IC _{95%}	Comparaison
Consommation des poissons fortement bio-accumulateurs (sur zone)			p < 0,0001
Percentile 25 (0 fois par an)	446,9	[427,8 ; 467,3]	
Percentile 75 (10,3 fois par an)	534,6	[514,3 ; 554,8]	
Consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs (hors zone)			p = 0,02
Percentile 25 (0 fois par an)	474,7	[453,2 ; 494,4]	
Percentile 75 (8 fois par an)	509,8	[490,2 ; 528,8]	
Consommation de fromage			p = 0,002
Percentile 25 (260 fois par an)	509,6	[490,1 ; 529,0]	
Percentile 75 (779,2 fois par an)	490,4	[474,3 ; 507,2]	
Consommation de lait			p = 0,084
Percentile 25 (0 fois par an)	483,2	[459,3 ; 505,3]	
Percentile 75 (365 fois par an)	506,8	[482,4 ; 531,4]	
Consommation des œufs			p = 0,011
Percentile 25 (30 fois par an)	513,7	[493,5 ; 534,8]	
Percentile 75 (156 fois par an)	471,1	[449,4 ; 492,2]	

Ajustées sur tous les autres paramètres

Percentile des fréquences de consommation dans l'échantillon (effectif=606)

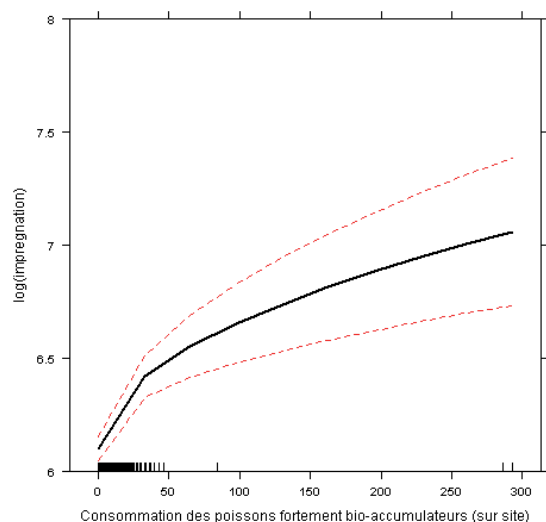


Figure 17 : Association entre la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés sur zone et le log de l'imprégnation aux PCB totaux

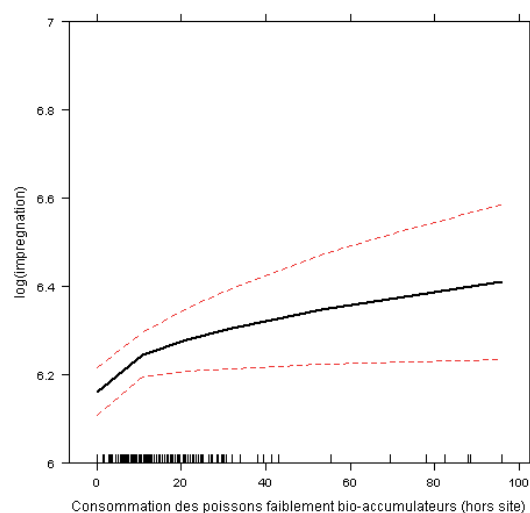


Figure 18 : Association entre la consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs pêchés hors zone et le log de l'imprégnation aux PCB totaux

Un écart interquartile d'imprégnation de 87,7 ng/g MG est constaté pour un écart de consommation de 10,3 fois par an de poissons fortement bio-accumulateurs de PCB (446,9 ng/g MG chez les non consommateurs contre 534,6 ng/g MG chez les consommateurs), ce qui correspond à **8,5 ng/g MG par acte de consommation** de ces poissons. Les estimations ont été réalisées dans la partie linéaire de la courbe où les observations sont les plus nombreuses.

Le risque α observé pour la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs est faible ($p < 0,0001$), par conséquent la non application de méthode corrective liée à la multiplicité des tests effectués n'entraîne pas de risque de surinterprétation.

D'autres variables de consommation ont également été testées mais ne sont pas apparues comme significativement associées à l'imprégnation, entre autres la consommation de poissons de mer, la consommation de viande, la consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude, la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés hors zone et l'autoconsommation.

Pour conclure, le modèle permet d'expliquer près de **67% de la variabilité** de l'imprégnation aux PCB entre les individus. L'âge est le facteur qui est le plus fortement associé à l'imprégnation aux PCB totaux, il explique à lui-seul 61% de la variabilité.

La consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude est associée à une augmentation significative de l'imprégnation même si celle-ci est de faible ampleur (cf. Figure 17 et Tableau 35). Il est important de noter que ce résultat est associé à des niveaux de consommation assez faibles, car il a été difficile de trouver de très forts consommateurs de poissons d'eau douce (consommation moyenne des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés sur zone = 12 fois par an, chez les consommateurs).

6.2.3.2 Simulations à partir du modèle PCB : estimation de fréquences de consommation de poissons fortement bio-accumulateurs

Cette dernière partie doit permettre de répondre à l'un des objectifs de l'étude à savoir d'aider à la définition de fréquences de consommation acceptables de poissons fortement bio-accumulateurs, sans danger pour l'homme. En effet, compte tenu de l'association décrite précédemment entre l'imprégnation aux PCB et la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude, il est possible d'estimer, selon différentes hypothèses et scénarii (cf. §.3.6.3.2), des fréquences annuelles de consommation de ces poissons au-delà desquelles les valeurs d'imprégnation critiques seraient dépassées. Compte tenu des effets critiques des PCB chez le jeune enfant exposé *in utero*, la population des femmes en âge de procréer (18-44 ans) est distinguée du reste de la population¹⁸.

Il n'a pas été réalisé d'analyse de sensibilité dans la mesure où le scénario n°2 du « pire cas » (« Worst Case ») a été considéré comme suffisamment protecteur.

Pour rappel, les fréquences de consommation estimées ne constituent que des exemples fondés sur des hypothèses et scénarii jugés les plus pertinents, en association avec le Comité scientifique de l'étude, au regard de l'objectif fixé.

6.2.3.2.1 *Chez les femmes*

Les facteurs de variation de l'imprégnation identifiés précédemment et présentés dans le tableau ci-dessous (cf. Tableau 36) sont utilisés dans le modèle de simulation pour estimer l'imprégnation aux PCB totaux en fonction de la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs, dans le premier scénario. En effet pour effectuer ce calcul, les valeurs de ces facteurs doivent être fixées.

¹⁸ Les seuils proposés par l'Anses sont les suivants : pour les femmes en âge de procréer : 700 ng PCB totaux/g MG et 50 pg TEQ/g MG pour les PCDD/F+PCB-DL ; pour le reste de la population : 1800 ng PCB totaux/g MG et 80 pg TEQ/g MG pour les PCDD/F+PCB-DL.

Tableau 36: Valeurs utilisées dans le modèle pour simuler l'imprégnation aux PCB totaux en fonction de la consommation annuelle de poissons fortement bio-accumulateurs (femmes, scénario 1)

Variables	Les 18-44 ans	Les 45 ans et +
IMC	24,9	25,8
Consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs (Hors zone) ^a	3,8	7,1
Consommation des œufs ^a	82,8	78,1
Consommation de lait ^a	288,5	180,9
Consommation de fromage ^b	559,9	617,0
Zone	la plus contaminée	la plus contaminée
Prise de poids	non	non

^a : fréquence annuelle de consommation

^b : nombre de portions par an

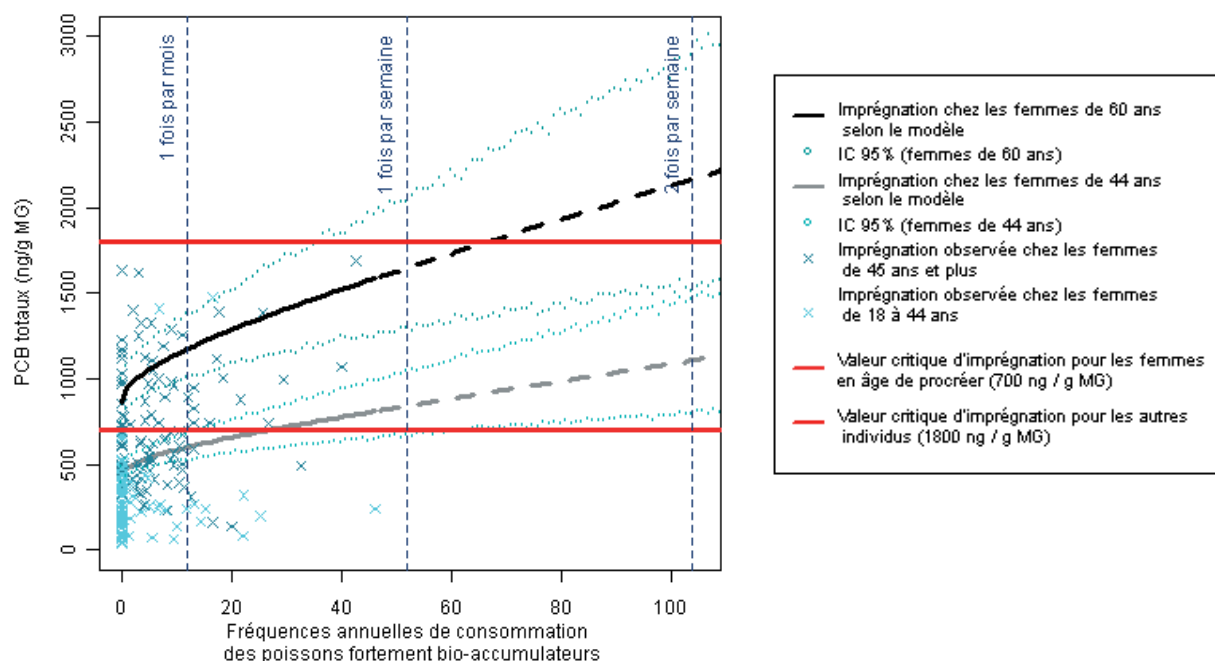


Figure 19 : L'évolution de l'imprégnation aux PCB totaux en fonction de la consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs (femmes, scénario 1)

Une partie des résultats issus des simulations est illustrée par la Figure 19. La courbe grise et la courbe noire représentent l'évolution de l'imprégnation en fonction de la fréquence de consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs, respectivement chez les femmes de 44 ans et chez les femmes de 60 ans. Au-delà des fréquences de consommation observées, ces courbes sont représentées en pointillé, car le modèle ne permet pas une extrapolation directe des résultats. Cependant cette information est conservée à titre indicatif. Les droites rouge et bordeaux correspondent aux seuils d'imprégnation critiques définis par l'Anses, qui s'élèvent à 700 ng/g matière grasse pour les femmes de 18 à 44 ans et à 1800 ng/g matière grasse pour le reste de la population. Les croix décrivent les imprégnations observées dans la population en fonction de la consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs, en bleu clair pour les femmes de 18-44 ans et en bleu plus foncé pour les femmes de 45 ans et plus. Les pointillés bleus qui bordent les courbes noire et grise indiquent les intervalles de confiance à 95% associés à chaque point des deux courbes. L'intersection de la borne haute de ces intervalles avec l'une des deux droites figurant les seuils

permettrait de définir une consommation « critique » qui pourrait entraîner le dépassement des seuils d'imprégnation critiques.

Ainsi, à titre d'exemples, des fréquences annuelles de consommation sont données dans le Tableau 37. Les femmes de 44 ans pourraient consommer, d'après le modèle statistique, des poissons fortement bio-accumulateurs, à hauteur d'une fois par mois environ. Pour les autres femmes, la consommation critique diminuerait quand l'âge augmenterait, en effet une femme de 60 ans pourrait consommer des poissons fortement bio-accumulateurs 3 fois par mois alors qu'à 75 ans, elle ne pourrait le faire que 2 fois par an.

Tableau 37 : Fréquences critiques de consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs chez les femmes à un âge donné selon le scénario 1

Âge	Seuil à 700 ng/g MG	Seuil à 1800 ng/g MG
44	13	
60		35
65		20
70		9
75		2

Les valeurs présentées dans le Tableau 38, permettent d'estimer l'imprégnation aux PCB totaux en fonction de la fréquence de consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs, d'après le scénario 2 décrit précédemment (cf. paragraphe 3.6.3.2).

Tableau 38 : Valeurs utilisées dans le modèle pour simuler l'imprégnation aux PCB totaux en fonction de la consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs (femmes, scénario 2)¹⁹

Variables	moyennes
IMC	23,4
Consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs (Hors zone) ^a	10,6
Consommation des œufs ^a	53,1
Consommation de lait ^a	123,2
Consommation de fromage ^b	664,2
Zone	la plus contaminée
Prise de poids	non

a : fréquence annuelle de consommation

b : nombre de portions par an

Le modèle de simulation, identique à celui appliqué au scénario 1, est cette fois utilisé avec le scénario 2 (de type « pire cas »). L'intersection entre la borne haute de l'intervalle de confiance autour des points d'imprégnation simulés et le seuil d'imprégnation critique donne les résultats présentés dans le Tableau 39. A titre d'exemples, ces simulations sont réalisées à différents âges. Le scénario 2 représente une situation plus extrême que le scénario 1, les fréquences de consommation critiques sont donc plus basses. En effet, les femmes de 44 ans pourraient consommer des poissons fortement bio-accumulateurs une fois tous les deux mois seulement (contre 1 fois par mois pour le scénario 1). Il en est de même pour les femmes de 60 ans qui pourraient consommer des poissons fortement bio-accumulateurs 2,5 fois par mois (contre 3 fois par mois pour le scénario 1) et pour les femmes de 75 ans 1 fois par an contre 2 fois par an (scénario 1).

¹⁹ Pas de distinction selon la catégorie d'âge, car les effectifs sont insuffisants, cf. paragraphe 3.6.3.2

Tableau 39 : Fréquences critiques de consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs chez les femmes à un âge donné selon le scénario 2

Âge	Seuil à 700 ng/g MG	Seuil à 1800 ng/g MG
44	5	
60		30
65		16
70		7
75		1

6.2.3.2.2 Chez les hommes

Le Tableau 40 indique les valeurs utilisées pour estimer l'imprégnation aux PCB totaux en fonction de la fréquence de consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs. Les 2 scénarii sont toujours distingués.

Tableau 40 : Valeurs utilisées dans le modèle pour simuler l'imprégnation aux PCB totaux en fonction de la consommation annuelle de poissons fortement bio-accumulateurs (hommes)

Variables	Scénario 1	Scénario 2
IMC	27	27,2
Consommation de poissons faiblement bio-accumulateurs (Hors zone) ^a	6,8	17
Consommation des œufs ^a	82,0	72,7
Consommation de lait ^a	200,4	256,3
Consommation de fromage ^b	644,2	634,3
Zone	la plus contaminée	la plus contaminée
Prise de poids	non	non

a : fréquence annuelle de consommation

b : nombre de portions par an

A titre d'exemples, des fréquences de consommation critiques sont présentées dans le Tableau 41. Les résultats des scénarii 1 et 2 sont assez proches des simulations faites chez les femmes. Globalement les hommes âgés de 60 ans pourraient consommer des poissons fortement bio-accumulateurs 2,5 fois par mois, puis à 75 ans la valeur limite d'imprégnation (1800 ng/g MG) serait atteinte sans consommation.

Tableau 41 : Fréquences critiques de consommation annuelle des poissons fortement bio-accumulateurs chez les hommes à un âge donné selon les 2 scénarii

Âge	Scénario 1	Scénario 2
44	114	112
60	30	28
65	15	15
70	6	6
75	0	0

Conclusion

Les fréquences de consommation critiques de poissons fortement bio-accumulateurs, chez les femmes de 44 ans, seraient comprises entre 5 et 13 fois par an selon le scénario retenu. Les fréquences de consommation critiques pour les personnes de 60 ans seraient évaluées entre 28 à 35 fois par an.

6.2.4 Modélisation de l'imprégnation aux PCDD/F et PCB-DL

Les caractéristiques personnelles et en particulier l'âge jouent un rôle très important en matière d'imprégnation aux PCDD/F et PCB-DL chez les participants, elles expliquent à elles seules 57,1% de la variabilité de l'imprégnation entre les individus. Les coefficients du modèle sont présentés en Annexe XXIV. Les variables (cf. Tableau 42 et Tableau 43) associées significativement à la concentration sérique en PCDD/F et PCB-DL ainsi que les pourcentages de variabilité des niveaux d'imprégnation expliquée par ces variables sont les suivants :

- **L'âge**, associé à une augmentation de l'imprégnation aux PCDD/F et PCB-DL ($R^2 = 50,2\%$) ;
- **Le statut tabagique** en lien avec une diminution de l'imprégnation si l'on est fumeur ou ex-fumeur ($R^2 = 2,5\%$) ;
- **La prise de poids**, associée à une diminution de l'imprégnation ($R^2 = 1,1\%$) ;
- **La perte de poids**, en lien avec une augmentation de l'imprégnation ($R^2 = 1,2\%$) ;
- **Le sexe**, associé à une augmentation de l'imprégnation si l'individu est une femme ($R^2 = 1,1\%$) ;
- **L'IMC**, en lien avec une augmentation de l'imprégnation ($R^2 = 0,6\%$) ;
- **La zone** (selon le regroupement dioxines cf. Figure 11), associée à une augmentation de l'imprégnation dès lors que l'individu se situe dans la zone fortement contaminée ou faiblement contaminée ($R^2 = 0,4\%$).

Tableau 42 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCDD/F et PCB-DL en pg TEQ₂₀₀₅/g MG en fonction des variables sociodémographiques et anthropométriques basées sur le modèle final (1)

Variables	Imprégnation (pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG)		
	Moyennes géométriques ajustées	IC _{95%}	Comparaison
Sexe			p < 0,0001
Homme	17,9	[17,4 ; 18,5]	
Femme	19,9	[19,1 ; 20,8]	
Prise de poids			p < 0,0001
Oui	16,8	[16,0 ; 17,5]	
Non	19,7	[19,1 ; 20,3]	
Perte de poids			p < 0,0001
Oui	20,8	[19,8 ; 21,9]	
Non	18,0	[17,6 ; 18,5]	
Statut tabagique			p < 0,0001
Fumeur	16,4	[15,7 ; 17,2]	
Ex-fumeur	18,5	[17,7 ; 19,4]	
Non fumeur	20,2	[19,5 ; 20,9]	
Zones			p = 0,04
Fortement contaminée	19,1	[18,2 ; 20,0]	
Moyennement contaminée	18,1	[17,3 ; 18,9]	
Faiblement contaminée	18,6	[18,0 ; 19,4]	

Ajustées sur tous les autres paramètres du modèle

Tableau 43 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCDD/F et PCB-DL en pg TEQ₂₀₀₅/g MG basées sur le modèle final (2)

Variables	Imprégnation (pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG)		
	Moyennes géométriques ajustées	IC _{95%}	Comparaison
Age			p < 0,0001
Percentile 25 (39 ans)	14,2	[13,8 ; 17,4]	
Percentile 75 (60 ans)	24,8	[23,9 ; 25,6]	
IMC			p = 0,002
Percentile 25 (23,2)	17,7	[17,2 ; 18,2]	
Percentile 75 (29,3)	19,5	[18,9 ; 20,1]	

Ajustées sur tous les autres paramètres du modèle

Les variables de consommation alimentaire expliquent au total 4,5% de la variabilité de l'imprégnation aux PCDD/F et PCB-DL entre les participants de l'étude (cf. Tableau 44). Les coefficients du modèle sont présentés en Annexe XXIV. La variabilité de l'imprégnation est principalement associée aux produits animaux d'origine terrestre, comme le lait et les œufs. De plus, dans ce modèle la variable « autoconsommation » est significativement en lien avec l'imprégnation, elle décrit le fait que les individus élèvent de la volaille pour l'autoconsommation de viande ou d'œufs. Par contre, l'épandage des cendres n'apparaît pas de manière significative dans le modèle contrairement à ce qui pouvait être attendu.

La consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude n'est pas associée de manière significative à l'imprégnation. Aussi et contrairement aux PCB, il n'est pas apparu pertinent d'estimer des fréquences de consommation critiques pour ces espèces. La consommation des autres poissons (poissons faiblement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude, poissons de mer) est en limite de significativité dans ce modèle.

Pour conclure, le modèle permet d'expliquer près de 62% de la variabilité de l'imprégnation aux PCDD/F et PCB-DL entre les individus.

Tableau 44 : Moyennes géométriques ajustées des imprégnations aux PCDD/F et PCB-DL en pg TEQ₂₀₀₅/g MG en fonction des variables de consommation basées sur le modèle final

Fréquences de consommation annuelles	Imprégnation (pg TEQ ₂₀₀₅ /g MG)		
	Moyennes géométriques ajustées	IC _{95%}	Comparaison
Consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs (sur zone)			p = 0,09
Percentile 25 (0 fois par an)	18,6	[18,0 ; 19,3]	
Percentile 75 (19,4 fois par an)	18,2	[17,6 ; 18,8]	
Consommation des poissons de mer			p = 0,10
Percentile 25 (37,5 fois par an)	18,0	[17,5 ; 18,6]	
Percentile 75 (105,9 fois par an)	19,2	[18,5 ; 19,9]	
Consommation de matière grasse animale			p = 0,04
Percentile 25 (168 fois par an)	18,0	[17,4 ; 18,6]	
Percentile 75 (677 fois par an)	19,4	[18,8 ; 20,0]	
Consommation de lait			p = 0,001
Percentile 25 (0 fois par an)	18,1	[17,5 ; 18,8]	
Percentile 75 (365 fois par an)	19,3	[18,6 ; 20,1]	
Consommation d'œufs			p = 0,005
Percentile 25 (30 fois par an)	19,2	[18,6 ; 19,7]	
Percentile 75 (156 fois par an)	17,7	[16,9 ; 18,5]	
Autoconsommation			p = 0,0003
Non	18,1	[17,7 ; 18,6]	
Oui	21,1	[19,9 ; 22,4]	

Ajustées sur tous les autres paramètres du modèle

7 Les pêcheurs professionnels

Pour cette partie de la population (pêcheurs professionnels et membres de leur foyer), seule une analyse descriptive est proposée compte tenu des modalités d'inclusion différentes de celles de l'échantillon principal de l'étude (pêcheurs amateurs et membres de leur foyer) et du faible effectif de participants. Seuls les consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs pêchés sur les sites de l'étude (consommation plus de 2 fois par an) sont inclus.

7.1 Description de la population et de sa consommation

7.1.1 Les caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques

L'échantillon des pêcheurs professionnels et membres du foyer est constitué de **16 individus dont 8 hommes et 8 femmes**. L'âge moyen de cet échantillon est de **45,4 ans**. La répartition des hommes et des femmes dans chaque catégorie d'âge est différente (cf. Tableau 45).

L'IMC moyen de l'échantillon est de 24,9. Plus de la moitié de la population a une corpulence maigre ou moyenne (IMC < 25), cf. Tableau 46. Pour compléter ces informations, au cours des 5 dernières années, 13 % de notre population a pris du poids tandis que 19 % en a perdu (résultats non présentés).

Tableau 45 : Répartition des individus par catégorie d'âge selon le sexe

Pourcentage		Sexe	
		Homme	Femme
Age	18-44 ans	75	37,5
	45 ans et plus	25	62,5
	Total	100	100

Tableau 46 : Répartition de l'échantillon par classe d'IMC

Corpulence (IMC)	Pourcentage
Maigre – moyen (IMC < 25)	62,5
Forte (25 < IMC < 30)	25
Obèse (IMC >= 30)	12,5
Total	100

Concernant la répartition des pêcheurs professionnels et des membres de leur foyer sur le territoire, six habitent dans la zone fortement contaminée, deux dans la zone moyennement contaminée et enfin huit dans la zone faiblement contaminée.

7.1.2 La consommation alimentaire

Le Tableau 47 présente la consommation des poissons d'eau douce, qui au global s'élève à près d'une fois par semaine (médiane : 42,1 fois/an).

Tableau 47 : Consommation des poissons d'eau douce chez les pêcheurs professionnels et les membres de leur foyer

Fréquences annuelles de consommation	Médiane	Minimum	Maximum
Des poissons d'eau douce	42,1	6,5	492,7
Des poissons fortement bio-accumulateurs	19,9	5,0	204,7
Sur site	19,9	5,0	110,2
Hors site	0,0	0,0	94,5
Des poissons faiblement bio-accumulateurs	20,3	1,5	288,0
Sur site	17,0	1,5	167,0
Hors site	0,0	0,0	121,0

Il y a peu de différence entre la consommation des poissons fortement et faiblement bio-accumulateurs. De plus, la consommation des poissons pêchés sur les sites de l'étude est plus importante qu'en dehors des sites.

On note également que la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs semble plus forte que celle des pêcheurs amateurs consommateurs (cf. paragraphe 6.1.4.2), résultat très certainement lié à leur activité professionnelle. Les volumes prélevés liés à cette activité (sans doute plus importants que chez les pêcheurs amateurs) pourraient aisément expliquer ce comportement alimentaire spécifique. Cela laisserait supposer l'existence d'une proportion plus forte de consommateurs de ces poissons dans cette population.

Les fréquences médianes annuelles de consommation des denrées alimentaires autres que les poissons d'eau douce sont détaillées dans le Tableau 48. Les niveaux de consommation observés semblent proches de ceux des amateurs.

Au total, 25% de l'échantillon élèvent des poules pour la consommation des œufs et 13% pour la consommation de volailles. Parmi cette population, seuls 13% pratiquent l'épandage des cendres de cheminée ou de feux de jardin, source potentielle d'exposition aux dioxines.

Tableau 48 : Fréquences annuelles de consommation alimentaire générale des pêcheurs professionnels et des membres de leur foyer

Catégorie d'aliments	Médiane	Min	Max
Produits de la pêche	52,3	12,5	386,5
Poissons maigres	11,3	5	108,5
Poissons gras	31,5	1,5	238,5
Crustacés	3	0	36
Mollusques	1,5	0	18
Produits carnés	428,5	226	1439
Bœuf, veau, mouton et agneau	82,0	35	395
Porc et charcuterie	156,0	5	858
Volaille et lapin	156,0	30	156
Abats	5,0	0	52
Œufs	52,0	5	286
Plats composés complets	82,0	30	313
Pizzas, quiches, pâtisseries salées et hamburgers	46,0	5	164
Pâtes fourrées	5,0	0	52
Plats composés	20,0	10	89
Plats composés à base de poissons	5,0	0	30
Produits laitiers	968,5	164	5499
Lait	14,5	0	730
Fromage (affinés et frais)	1124,5	335	4234
Lait fermenté et desserts lactés	366,5	17	2555
Matières grasses	877,0	221	2044
Matière grasse animale	343,5	42	1472
Matière grasse végétale	546,5	60	1251
Fruits	365,0	30	730
Légumes	938,5	272	2604
Pommes de terre et dérivés	156,0	52	286
Viennoiseries, biscuits (sucrés et salés) et pâtisseries	167,5	20	1067

7.2 Les valeurs d'imprégnation

Le Tableau 49 présente les valeurs d'imprégnation sanguine aux PCB et PCDD/F chez les pêcheurs professionnels et les membres de leur foyer. Les indicateurs d'imprégnation rapportés dans les lipides sériques des participants sont ceux décrits au paragraphe 3.5.2. Les facteurs d'équivalence toxique utilisés dans le calcul des TEQ totaux sont les plus récents (OMS 2005) (Van den Berg 2006).

La moyenne géométrique de la concentration sérique des PCB totaux estimée est de **1 166,9 ng/g MG**. Le maximum est de 5 378,3 ng/g MG. Le PCB présent au niveau le plus élevé est le PCB 153 et représente 25,4% des PCB totaux.

La moyenne géométrique de la concentration sérique de PCDD/F et PCB « dioxin-like » (PCDD/F+PCB-DL : TEQ total) dans l'échantillon est de **24,3 pg TEQ₂₀₀₅/g MG**. Le maximum est de 93,5 pg TEQ₂₀₀₅/g MG. Mesurée en TEQ, la contribution des PCB-DL au TEQ total est de 52,3%.

Dépassement des valeurs d'imprégnation critiques

Sept participants issus de l'échantillon des pêcheurs professionnels et des membres de leur foyer sur 16 dépassent les valeurs d'imprégnation critiques pour les PCB. Parmi ces personnes, deux femmes de plus de 45 ans dépassent également le seuil pour les PCDD/F+PCB-DL. Par contre, on n'observe pas de dépassement pour les femmes de 18-44 ans. Tous ces individus consomment des poissons fortement bio-accumulateurs, d'une fois tous les deux mois à deux fois par semaine.

Tableau 49 : Distribution de l'imprégnation aux PCB en ng/g MG, dioxines et PCB-DL en pg TEQ₂₀₀₅/g MG chez les membres de foyers de pêcheurs professionnels dans le sérum

Variables	Moyenne géométrique	médiane	min	max
PCB 138	132,5	141,0	26,5	535,4
PCB 153	296,9	295,6	49,8	1420,8
PCB 180	251,5	250,3	35,5	1207,5
PCB totaux	1166,9	1141,4	190,1	5378,3
PCDD/F	11,9	11,0	3,8	51,0
PCB-DL	11,9	11,1	2,5	64,8
PCDD/F+PCB-DL	24,3	23,3	6,3	93,5

8 Discussion

Cette étude est la première en France et l'une des rares en Europe à avoir analysé les associations entre la consommation de poissons d'eau douce et l'imprégnation aux PCB. Les interrogations sanitaires liées à la présence de PCB dans les poissons d'eau douce se sont développées dans différents pays depuis plusieurs décennies et en particulier aux Etats-Unis et au Canada en raison de la contamination des Grands Lacs américains comme le lac Michigan ou de certains fleuves comme la rivière Hudson et le Saint-Laurent. En Europe, les premières études se sont focalisées sur l'impact sanitaire de la consommation de poissons d'eau de mer en raison de la contamination en PCB de la mer Baltique. Cependant, plusieurs pays ont mis en place récemment des mesures de gestion pour réglementer la consommation de poissons d'eau douce provenant de la pêche professionnelle ou de loisirs notamment aux Pays-Bas, en Belgique, en Allemagne, en Suisse. Ces mesures de gestion reposent plus fréquemment sur le non dépassement des valeurs toxicologiques de référence externes que sur des études d'imprégnation sanguine (données d'exposition interne plus fiables).

Cette discussion se focalisera principalement sur la comparaison des résultats de cette étude à d'autres études d'imprégnation sanguine de consommateurs de poissons d'eau douce, principalement en ce qui concerne l'association entre la consommation de poissons et l'imprégnation. Les résultats relatifs aux variables sociodémographiques et anthropométriques (en particulier l'âge), ainsi que les autres variables de consommation seront également considérés. Cette comparaison sera prioritairement conduite pour les PCB, mais également, dans un deuxième temps, pour les PCDD/F et PCB-DL. Enfin, les recommandations de consommation de poissons d'eau douce établies dans les autres pays européens seront décrites et mises en regard des résultats de l'étude. Préalablement, les valeurs d'imprégnation de l'échantillon de l'étude ainsi que celles de la contamination des poissons seront comparées à celles d'autres études.

8.1 Niveaux de contamination des poissons d'eau douce en PCB : un problème européen

A ce jour, le règlement 1881/2006 fixe des teneurs maximales à ne pas dépasser dans les poissons destinés à la commercialisation pour la somme des PCDD/F et des PCB-DL. Ce règlement distingue les anguilles et les autres poissons (Règlement (CE) 1881/2006). Ces teneurs sont actuellement en cours de révision au niveau européen. En revanche, il n'existe pas encore de teneurs maximales pour les PCB-NDL. Celles-ci sont également en cours de discussion par les instances européennes. Les données de la littérature mettent en évidence que l'existence de points chauds ou « hot spots » caractérisés par des non conformités de contamination des poissons d'eau douce eu égard à la réglementation européenne ne concerne pas uniquement la France mais l'ensemble de l'Europe.

L'Autorité européenne de sécurité sanitaire des aliments (Efsa) a récemment inventorié les données de contamination des aliments en PCB de type dioxine (PCB-DL) et en PCB de type non dioxine (PCB-NDL) (Efsa 2010). Il apparaît que 12% des données de contamination d'anguilles provenant principalement des Pays-Bas, de Belgique, du Danemark et d'Allemagne sont non conformes à la limite maximale de 12 pg TEQ₁₉₉₈/g poids frais (PF) édictée par le règlement 1881/2006 pour la somme PCDD/F+PCB-DL. L'anguille figure parmi les espèces de poissons les plus contaminées avec les poissons de mer issus de la Baltique (harengs, saumons sauvages, sprats). Un autre rapport récent de l'Institut d'évaluation de risque allemand BfR (BfR 2010) indique qu'en Allemagne, 64% des prélèvements d'anguilles analysées sont non conformes et qu'à l'exception du lac de Constance, les contaminations régionales moyennes excèdent la limite réglementaire. En Suisse, l'Office fédéral de l'environnement a mis en évidence des non conformités de poissons d'eau douce dans plusieurs sites après avoir évalué plus de 1300 lots de poissons, en particulier des truites, des carpes et des anguilles. Pour certains cours d'eau, les teneurs mesurées dans toutes les espèces sont, pour la plupart, nettement supérieures à la concentration maximale de 8 pg TEQ₁₉₉₈/g PF édictée par le règlement 1881/2006 pour la somme PCDD/F+PCB-DL dans les espèces de poissons autres que l'anguille. C'est notamment le cas de la Birse, de la Sarine et du Rhin près de Bâle (OFEV 2010). En France, le taux de non conformités des anguilles se situe entre 66% et 94% respectivement dans les zones faiblement et fortement contaminées. Concernant les poissons fortement bio-accumulateurs, le taux de non conformités varie de 7 à 66 % selon la zone (faiblement à fortement contaminée). Enfin pour les espèces faiblement bio-accumulatrices, il n'apparaît pas de

non-conformités dans la zone faiblement contaminée alors que, dans la zone fortement contaminée, 26% des poissons faiblement bio-accumulateurs sont non conformes.

Au niveau européen, un seuil de 200 ng/g PF était en discussion en 2007 pour les principaux PCB-NDL dans les anguilles (Afssa 2007). A titre de comparaison, dans le Rhin supérieur entre les chutes du Rhin et Krems, la contamination des anguilles en PCB-NDL peut dépasser 1 µg/g PF (OFEV 2010), ce qui correspond aux niveaux constatés dans les sites les plus contaminés en France (Seine aval, Somme (Anses 2010a ; b)). Avec ce seuil, les anguilles, les aloses feintes et des ombles chevaliers de grande taille présenteraient des non conformités dans des sites peu ou moyennement contaminés en PCB. **Une étude de l'université d'Exeter réalisée en 2005 pour Greenpeace** (Santillo *et al.* 2005) décrivait les contaminations de 20 échantillons composites d'anguilles issues de 10 pays européens qui s'avèrent très variables selon les lieux de prélèvements. Au total, 5 échantillons sur 20 dépassaient nettement la valeur de 200 ng/g poids frais de PCB-NDL : trois des quatre échantillons allemands, un des deux échantillons italiens et un des trois échantillons hollandais.

Il apparaît donc globalement que les questions soulevées par les teneurs en PCB des poissons d'eau douce concernent la plupart des pays européens. De nombreux pays doivent gérer des poissons d'eau douce non conformes en raison de leur contamination en PCB, en particulier pour les anguilles.

8.2 Comparaison des niveaux actuels d'imprégnation de l'étude avec d'autres études internationales

8.2.1 Cas des PCB

Les données récentes de la littérature sont présentées en Annexe XXI afin de les comparer aux données observées de l'étude. La comparaison des niveaux d'imprégnation entre études présente des limites. En effet, les congénères recherchés varient d'une étude à l'autre et les techniques analytiques mises en œuvre sont également variables et évoluent considérablement au cours du temps. **Le congénère PCB 153 est recherché dans la plupart des cas, c'est donc l'indicateur retenu pour situer les valeurs d'imprégnation des études les unes par rapport aux autres** (médiane). Les comparaisons sont conduites pour trois types de population : la population générale, des populations particulièrement exposées (consommateurs de poissons, régions historiquement contaminées) et la population des femmes en âge de procréer puisqu'il s'agit de la population la plus sensible par rapport aux risques liés aux PCB.

8.2.1.1 Population générale

Les niveaux d'imprégnation de l'échantillon de notre étude (126,1 ng/g MG)²⁰ sont du même ordre de grandeur que **ceux de la population générale française** pendant la période 2006-2007 (130 ng/g MG pour la population de l'étude ENNS : Etude nationale nutrition santé (InVS 2010)) (*cf.* Annexe XXI, Tableau 53). Ils sont également **du même ordre de grandeur que ceux observés dans d'autres populations générales européennes** (entre 41 ng/g MG et 204,4 ng/g MG, selon les pays) (Agudo *et al.* 2009 ; Apostoli *et al.* 2005 ; Becker *et al.* 2002 ; Hagmar *et al.* 2006 ; Thomas *et al.* 2006) et dans l'étude d'imprégnation aux dioxines des populations vivant à proximité d'usines d'incinération d'ordures ménagères de l'InVS (123,4 ng/g MG) (InVS 2009). Pour rappel, cette étude a montré qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre l'imprégnation des personnes exposées et non exposées au panache d'un incinérateur, sauf pour une population particulière (celle des consommateurs de produits animaux élevés sous le panache, notamment de produits laitiers et d'œufs). En revanche, **les niveaux repérés par notre étude sont plus élevés que ceux des populations générales nord-américaines** (Etats-Unis : 24,2 ng/g MG (US CDC 2009), Canada : 19,5 ng/g MG (Health Canada 2010)).

Compte tenu d'une consommation modérée des poissons fortement bio-accumulateurs par les consommateurs de l'échantillon, il n'est pas surprenant que les niveaux observés soient proches de

²⁰ Dans la population de l'étude : 101,5 ng/g MG.

ceux de la population générale française. Les consommateurs ont toutefois un niveau d'imprégnation supérieur à celui de l'échantillon total (157,3 ng/g MG, cf. Annexe XXI, Tableau 54)²¹. Les écarts par rapport aux pays nord-américains peuvent s'expliquer par des comportements alimentaires différents. Ces populations ont une consommation globale de poissons plus faible que les Européens (Tard *et al.* 2007). Or la population de l'étude, même si elle consomme relativement peu de poissons d'eau douce, consomme des produits de la mer de façon identique à la population générale française.

8.2.1.2 Femmes en âge de procréer

Les tendances décrites précédemment sont également observées chez les **femmes en âge de procréer** (cf. Annexe XXI, Tableau 55). Les niveaux observés dans l'échantillon de l'étude (63,1 ng/g MG)²² sont proches de ceux des pays européens voisins (entre 38,9 et 67,2 ng/g MG, selon les pays) (Glynn *et al.* 2007 ; Halldorsson *et al.* 2008 ; Ibarluzea *et al.* 2011). En revanche, ils sont plus élevés que dans les populations nord-américaines (respectivement 14 et 9 ng/g MG aux Etats-Unis et au Canada) (Axelrad *et al.* 2009 ; Takser *et al.* 2005). Globalement, les niveaux plus faibles observés chez les femmes en âge de procréer, par rapport à la population générale et quelle que soit l'étude, traduiraient l'accumulation progressive des PCB dans l'organisme au cours du temps. La population générale, en moyenne plus âgée que ces jeunes femmes, est aussi plus imprégnée.

8.2.1.3 Pêcheurs de loisirs

Dans les populations de **pêcheurs des Grands Lacs américains**, les niveaux d'imprégnation sont aujourd'hui **inférieurs à ceux de la population de notre étude** (environ 80 ng/g MG) (Fitzgerald *et al.* 2007 ; Knobeloch *et al.* 2009). Ce constat peut s'expliquer par l'existence, dans cette région et depuis de nombreuses années, de recommandations de non consommation des espèces les plus fortement bio-accumulatrices. Elles ont permis une diminution progressive des niveaux d'imprégnation chez les consommateurs (déclin annuel de l'imprégnation aux PCB de 3,5%) (He *et al.* 2001 ; Knobeloch *et al.* 2009).

8.2.1.4 Populations les plus exposées

Certaines populations demeurent plus exposées que l'échantillon de l'étude, en population générale comme chez les femmes en âge de procréer (cf. Annexe XXI, Tableau 54 et Tableau 55). C'est notamment le cas de la population en **République tchèque** pourtant jeune (respectivement 438 et 332 ng/g MG dans la population générale et chez les femmes en âge de procréer) (Cerna *et al.* 2008) ainsi que des **populations Inuites** dont l'imprégnation aux polluants organiques persistants est très largement documentée (respectivement 200 et 110 ng/g MG dans la population générale et chez les femmes en âge de procréer) (Jonsson *et al.* 2005).

8.2.1.5 Evolution temporelle de l'imprégnation en France

La comparaison des données de l'étude avec des données plus anciennes est particulièrement délicate compte tenu de l'évolution importante et rapide des techniques analytiques. Toutefois, il est intéressant de constater **une diminution des imprégnations dans la population française**. A la fin des années 1980, la première étude française d'imprégnation aux PCB de la population générale (n=569) mettait en évidence un niveau d'imprégnation moyen de 360 ng/g MG pour le PCB 153. La population observée était pourtant plus jeune que celle de notre étude (âge moyen : 38,1 ans vs 44,8 ans pour la présente population) (Dewailly *et al.* 1988). Ce phénomène est d'ores et déjà rapporté dans la littérature et pourrait s'expliquer par un **effet générationnel** (« birth cohort effect ») (Glynn *et al.* 2007 ; Ibarluzea *et al.* 2011). Avec l'interdiction des PCB depuis la fin des années 1980, les niveaux d'exposition environnementale diminuent progressivement, ce qui se traduit également par une diminution progressive de l'imprégnation de la population. Ainsi, un individu qui naît aujourd'hui, à consommation égale, sera moins exposé qu'un individu né pendant la phase de production et d'utilisation des PCB. Hagmar *et al.* (2006) décrivent ainsi une diminution de 34% de l'imprégnation aux PCB entre 1991 et 2001 dans une cohorte suédoise de consommateurs et non consommateurs

²¹ Chez les consommateurs de la population : 155,9 ng/g MG.

²² Chez les femmes en âge de procréer de la population : 76,0 ng/g MG.

de poissons (Hagmar *et al.* 2006). Knobeloch *et al.* (2009) rapportent une diminution annuelle de 3,5% de l'imprégnation aux PCB dans une cohorte de consommateurs de poissons de la région des Grands Lacs américains entre les périodes 1994-1995 et 2001-2005 (Knobeloch *et al.* 2009).

8.2.2 Cas des PCDD/F et PCB-DL

Les données récentes de la littérature sont présentées en Annexe XXII. Comme pour les PCB, les valeurs d'imprégnation en PCDD/F+PCB-DL de l'échantillon de l'étude (18,6 pg TEQ₂₀₀₅/g MG IC_{95%} = [17,8 ; 19,4])²³ sont du même ordre de grandeur que **celles d'autres études récentes en France** (étude UIOM : 18,5 pg TEQ₂₀₀₅/g MG) (InVS 2009) ou d'autres pays européens (Allemagne : 15,4 pg TEQ₂₀₀₅/g MG) (Fromme *et al.* 2009). En revanche, contrairement aux PCB, les niveaux observés sont **du même ordre de grandeur que ceux de la population générale des Etats-Unis aujourd'hui** (6,2 à 37,5 pg TEQ₂₀₀₅/g MG) (Patterson *et al.* 2008). Toutefois, la contribution des PCDD/F au TEQ₂₀₀₅ total est plus faible dans l'échantillon de l'étude, et d'une manière générale dans les populations européennes, que dans la population nord-américaine (respectivement entre 55,6 et 62,5% en Europe contre 75 à 90% aux Etats-Unis). Ce constat est cohérent avec les comparaisons relatives aux PCB qui mettent en évidence des niveaux d'imprégnation plus élevés en Europe que dans les pays nord-américains. Comme pour les PCB, la différence de régimes alimentaires par rapport aux populations nord-américaines peut expliquer ces résultats.

Contrairement aux PCB et en l'absence de techniques analytiques suffisantes, il n'existe pas, au niveau français, de données plus anciennes d'imprégnation sanguine aux PCDD/F et PCB-DL à comparer aux données de l'étude. Cependant, d'autres études rapportent d'ores et déjà une diminution des imprégnations qui serait due à une réduction progressive des contaminations environnementales (Lorber 2002). Ces observations traduisent vraisemblablement l'efficacité des mesures de réduction des émissions atmosphériques en PCDD/F dans l'environnement, notamment par la mise aux normes européennes des usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM).

8.3 Association entre la consommation de poissons d'eau douce et l'imprégnation aux PCB

Un premier modèle de régression prenant en compte le plan de sondage ainsi que la pondération associée à ce plan a été testé.

L'association entre la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs et l'imprégnation aux PCB était significative (Anses 2011b). Cependant, au vu du très faible nombre de consommateurs dans la population, l'incertitude autour des valeurs d'imprégnation prédites par le modèle, était trop importante pour garantir la fiabilité de cette association. C'est pourquoi ce type de modèle n'a pas été retenu (*cf.* paragraphe 3.6.4).

Compte tenu de l'objectif poursuivi d'aider à définir des fréquences de consommation acceptables pour l'homme, ce choix a été renforcé par la nécessité d'avoir une approche protectrice pour le consommateur, comme c'est généralement le cas en matière d'évaluation du risque. L'utilisation d'un modèle de régression non pondéré, c'est-à-dire conservant la sur-représentation des consommateurs, permettait de se placer dans ce cas de figure.

Le modèle de régression de l'imprégnation aux PCB en fonction des facteurs de variation est satisfaisant car il permet d'expliquer **67%** de la variabilité de l'imprégnation entre les individus de l'étude (valeur importante dans les études de population).

Ce modèle met en évidence une association significative entre la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude et l'imprégnation aux PCB. La consommation de ces poissons est associée à une augmentation de l'imprégnation, même si la part de la variabilité de l'imprégnation expliquée est relativement faible (**2%**). L'objectif de cette partie est de comparer ces résultats avec ceux obtenus dans d'autres études internationales au regard des niveaux de consommation des poissons et de la nature de l'association avec l'imprégnation aux PCB. Il s'agit principalement d'études nord-américaines, les études européennes étant plutôt consacrées à la consommation des poissons d'eau de mer. Ces comparaisons comportent nécessairement des

²³ Dans la population : 16,4 pg TEQ₂₀₀₅/g MG (IC_{95%} = [15,7 ; 17,1])

limites qui seront discutées. En effet, les objectifs de chaque étude sont rarement les mêmes. Dans cette présentation, les femmes enceintes ou en âge de procréer sont distinguées du reste de la population, compte tenu des effets sensibles des PCB chez le jeune enfant exposé pendant la grossesse ou l'allaitement.

8.3.1 Etudes chez des populations de pêcheurs

8.3.1.1 La région des Grands Lacs américains

Le protocole de l'étude s'est principalement appuyé sur la méthodologie et les résultats de **l'étude d'imprégnation des pêcheurs consommateurs de poissons d'eau douce dans les Grands Lacs américains menée par le département d'épidémiologie de l'université de l'Illinois (Turyk et al. 2006)**.

Il convient donc de comparer, en premier lieu, les résultats de notre étude avec celle-ci. Cette étude porte sur la **population des pêcheurs de loisirs de la région des Grands Lacs américains**. Réalisée entre **1993 et 1994**, elle repose sur la comparaison de 95 consommateurs de poissons avec 92 non consommateurs ayant des caractéristiques sociodémographiques proches. Les poissons consommés dans les Grands Lacs sont principalement des poissons bio-accumulateurs (truites, saumons, carpes) mais aussi quelques poissons non bio-accumulateurs comme les perches.

Parmi les consommateurs, les fréquences de consommation étaient nettement plus importantes que dans la population de notre étude (**en moyenne 46 actes de consommation annuelle contre 13 dans notre étude**).

L'imprégnation aux PCB des pêcheurs de loisirs était positivement associée à leur consommation de poissons d'eau douce. Pour la somme des 18 congénères de PCB mesurés, l'imprégnation moyenne était de 588,1 ng/g MG pour les consommateurs de poissons et de 181,4 ng/g MG pour les non consommateurs (soit un écart relatif de plus de 1 à 3 et un écart absolu de 407 ng/g MG). Cet écart correspond à **8,8 ng/g MG par acte de consommation de poissons**. A titre de comparaison, dans notre étude, nous avons constaté un écart interquartile d'imprégnation de 87,7 ng/g MG pour un écart de consommation de 10,3 fois par an de poissons fortement bio-accumulateurs de PCB (446,9 ng/g MG chez les non consommateurs contre 534,6 ng/g MG chez les consommateurs), ce qui correspond à **8,5 ng/g MG par acte de consommation** de ces poissons.

Les deux protocoles d'étude présentent quelques différences. Ainsi, notre échantillon est composé de zones fortement, moyennement et peu polluées en PCB alors que l'étude de Turyk *et al.* (2006) a eu lieu uniquement dans des sites contaminés (Turyk *et al.* 2006). Le gradient d'imprégnation était nettement plus fort pour le lac Michigan, très contaminé, que pour les lacs Erie et Huron. Par ailleurs, les prélèvements ont eu lieu près de 20 ans avant la présente étude. De multiples facteurs peuvent donc intervenir dans des sens parfois opposés pour expliquer la différence de gradients d'imprégnation en fonction de la consommation de poissons entre les deux études. Toutefois, et bien que les niveaux de consommation de poissons d'eau douce d'une part et d'imprégnation aux PCB d'autre part soient différents entre les deux études, **il est possible de conclure que les gradients observés sont du même ordre de grandeur**.

8.3.1.2 La rivière Hudson dans l'état de New York

Deux études aux résultats non concordants ont été réalisées auprès de **pêcheurs de poissons d'eau douce le long de la rivière Hudson**, l'une à proximité de la zone de contamination élevée liée aux émissions d'une usine de transformateurs (**upper Hudson River**) et l'autre dans l'agglomération de New York, où des sources diffuses de pollution ont existé (**lower Hudson River**).

Entre **2000 et 2002**, Fitzgerald *et al.* (2007) ont étudié l'impact de la consommation de poissons issus de la partie amont de la rivière Hudson, historiquement contaminée par les PCB, sur l'imprégnation des résidents (Fitzgerald *et al.* 2007). Cette étude porte sur **253 consommateurs de poissons d'eau douce de deux sites situés en amont et en aval d'une source importante d'émission de PCB dans la rivière Hudson**.

La fréquence de consommation de poissons de la rivière Hudson s'élevait à 13,5 fois par an dans la zone exposée, soit une fréquence plutôt faible par rapport aux études sur volontaires et comparable à celle constatée dans notre étude.

L'étude a mis en évidence une association positive mais en limite de significativité ($p = 0,10$) entre la consommation de poissons et l'imprégnation aux PCB des consommateurs et des non

consommateurs de la zone exposée. **L'écart d'imprégnation était de 11%** (519 ng/g MG contre 470 ng/g MG, soit une augmentation de **3,6 ng/g MG par acte de consommation de poissons**) après ajustement sur l'âge et les autres facteurs d'exposition. **Cet écart est proche de celui que nous avons trouvé entre les non consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs de PCB** (premier quartile : 447 ng/g MG) et le **troisième quartile de consommation** (535 ng/g MG pour une consommation de 10,3 fois par an). Il correspond à une **augmentation de 19%** ou de **8,5 ng/g MG par acte de consommation**. La différence de significativité de l'association entre l'étude de Fitzgerald *et al.* (2007) et la nôtre ($p < 0,10$ contre $p < 0,0001$) pourrait s'expliquer par la différence de la taille de l'échantillon (Fitzgerald *et al.* 2007).

Cette étude a été mise en place dans un site où la contamination des poissons reste encore aujourd'hui particulièrement importante, plusieurs espèces dépassant la limite réglementaire de la Food and Drug Administration (FDA) de 2 µg PCB totaux/g poids frais. Ce niveau est rarement atteint sur les sites de notre étude, ponctuellement sur la Seine et la Somme pour des anguilles (Anses 2010a ; b). Un intérêt de cette étude est le recrutement aléatoire des participants, ce qui lui donne une représentativité supérieure aux études le plus souvent basées sur le recrutement de volontaires. Enfin, une originalité de l'étude est la prise en compte de l'exposition cumulée selon quatre périodes temporelles allant des années 70 à la période d'étude (2000 à 2002) par la création d'un index d'exposition cumulée. Celui-ci a permis de tenir compte de la différence de contamination entre espèces et entre sites de pêche ainsi que de l'évolution des consommations au cours des quatre périodes retenues. Une telle approche permet de considérer l'exposition passée pour expliquer la variabilité des imprégnations. Elle présente toutefois des limites, en particulier s'agissant de la fiabilité des déclarations de consommation passée des participants (biais de mémoire). C'est pourquoi elle n'a pas été retenue pour l'étude.

Entre **2001 et 2004, Morland *et al.* (2008)** ont étudié l'association entre l'imprégnation aux PCB et la consommation de poissons en aval de la rivière Hudson (Morland *et al.* 2008). Cette étude a été réalisée auprès de 191 **pêcheurs issus des associations de Manhattan, Brooklyn et du New Jersey**.

Les fréquences de consommation de poissons étaient plus élevées que dans notre étude (50% des consommateurs mangeaient du poisson de l'Hudson une fois par semaine ou plus).

Pourtant cette étude n'a pas pu mettre en évidence d'association significative entre la consommation de poissons d'eau douce pêchés dans la rivière Hudson et l'imprégnation des consommateurs. Une explication pourrait être l'absence de distinction entre poissons bio-accumulateurs et non bio-accumulateurs de PCB ou bien le niveau de contamination des poissons (non documenté dans l'étude).

D'autres études montrent une association entre la consommation de poissons d'eau douce et l'imprégnation aux PCB mais leurs publications ne permettent pas de caractériser le gradient de l'imprégnation selon la contamination des poissons ou la fréquence de consommation. C'est le cas par exemple d'une **étude multi-sites portant sur 314 américains de la tribu des Ojibwe** dont certains consomment régulièrement des poissons des Grands Lacs américains (**Schaeffer *et al.* 2006**) ou d'une étude portant sur des **immigrants asiatiques dans le Wisconsin** consommant de façon régulière mais modérée (6 à 8 fois par an en moyenne) des poissons d'eau douce issus de la pêche de loisirs (**Schantz *et al.***).

8.3.2 Etudes chez des femmes enceintes

Plusieurs études ont évalué l'association entre la consommation de poissons d'eau douce et l'imprégnation aux PCB pour des populations nord-américaines de femmes enceintes pour lesquelles la consommation de poissons provenant de sites contaminés en PCB est une source alimentaire régulière.

Entre **1994 et 1999, McGraw et Waller (2009)** ont étudié 254 **femmes enceintes afro-américaines de la région de Chicago** dont 156 consommaient des poissons d'eau douce issus de la pêche de loisirs au moins une fois tous les deux mois (McGraw and Waller 2009). Les imprégnations aux PCB n'étaient pas différentes entre les consommatrices intermédiaires de poissons d'eau douce (moins d'une fois par semaine) et les non consommatrices, mais les consommatrices au moins hebdomadaires ($n = 34$) avaient une imprégnation plus élevée que les non consommatrices et les consommatrices intermédiaires (augmentation de **47%**). Dans notre étude, les consommateurs hebdomadaires étaient trop peu nombreux pour réaliser cette comparaison avec les données observées. Cependant, le modèle décrivant l'association entre la consommation de poissons fortement bio-accumulateurs et l'imprégnation permet d'estimer un écart de **49,6%** entre

l'imprégnation d'un consommateur hebdomadaire et d'un non consommateur, soit un écart comparable à celui constaté dans la population de Chicago.

Fitzgerald et al. (2004) ont étudié l'association entre l'exposition aux PCB provenant de la consommation de poissons d'eau douce dans une zone contaminée le long de la rivière Saint-Laurent et l'imprégnation aux PCB de 111 **femmes enceintes Mohawk**, entre **1992 et 1995** (Fitzgerald et al. 2004).

La fréquence moyenne de consommation de poissons locaux s'élevait à 31 fois par an avant le début de la grossesse, soit nettement plus élevée que dans notre étude (13 fois par an pour l'ensemble de la population étudiée).

L'étude a mis en évidence une association positive entre la consommation de poissons d'eau douce et l'imprégnation aux PCB. Toutes choses égales par ailleurs, **une augmentation de 100% de la consommation de poissons était associée à une augmentation de l'imprégnation aux PCB de 4%**. La force de l'association était donc plus faible que dans notre étude, et sa significativité limitée ($p = 0,052$).

Ce résultat pourrait s'expliquer par la prise en compte de l'ensemble des espèces de poissons, sans sur-représenter les poissons fortement bio-accumulateurs de PCB. Rappelons que notre étude n'a pas pu mettre en évidence de sur-imprégnation pour les consommateurs de poissons faiblement bio-accumulateurs. Une autre explication possible serait la taille restreinte de l'échantillon ainsi que l'âge peu élevé de la population de l'étude (25,9 ans en moyenne). Par ailleurs, l'originalité de cette étude canadienne est d'avoir tenté d'expliquer l'imprégnation aux PCB par d'autres sources d'exposition telles que la contamination du sol du lieu de résidence, la consommation de viande ou de canards d'origine locale. Tous ces déterminants potentiels se sont révélés non significatifs.

En conclusion, les associations mises en évidence pour la première fois en France entre la consommation de poissons fortement bio-accumulateurs de PCB et l'imprégnation des consommateurs sont très cohérentes (en gradient et en significativité) avec celles constatées dans les autres études menées en Amérique du Nord. Les imprégnations observées chez les populations de familles de pêcheurs amateurs en France sont pourtant voisines de celles de la population générale en raison des fréquences modérées de consommation de poissons fortement bio-accumulateurs. Ce résultat pourrait s'expliquer par des niveaux de contamination des poissons fortement bio-accumulateurs élevés, en particulier dans certains sites de l'étude.

8.4 Association entre la consommation de poissons de mer et l'imprégnation aux PCB

Des études transversales en population générale ont montré une association positive entre l'imprégnation aux PCB et la consommation de poissons d'eau de mer. Ces espèces sont généralement plus fréquemment consommées que les poissons d'eau douce (dans l'étude : entre 1 et 2 fois par semaine pour les poissons de mer et environ 1 fois par mois pour les poissons d'eau douce).

La présente étude n'a pas permis de mettre en évidence une association entre la consommation des poissons d'eau de mer et l'imprégnation aux PCB car le protocole mis en œuvre n'était pas prévu à cet effet. De fait, les consommateurs et les non consommateurs de poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs consomment des quantités voisines de poissons d'eau de mer.

L'objectif de cette partie est donc simplement de comparer l'augmentation de l'imprégnation aux PCB associée à la consommation des poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs observée dans l'étude et celle rapportée dans les études internationales associée à la consommation de poissons d'eau de mer.

On peut citer par exemple une **étude auprès de 953 adultes dans cinq régions d'Espagne participant à la cohorte EPIC** (European Prospective Investigation into Cancer and nutrition) (Agudo et al. 2009). Dans cette étude, réalisée entre **1992 et 1996**, l'imprégnation aux PCB augmente régulièrement avec la consommation de poissons d'eau de mer : de 419 ng/g MG pour une consommation inférieure à 29 g par jour (c'est-à-dire environ deux fois par semaine) à 526 ng/g MG pour une consommation supérieure à 75 g par jour (c'est-à-dire environ 5 fois par semaine). **Chaque acte de consommation de poissons d'eau de mer est associé à une augmentation de l'imprégnation aux PCB d'environ 0,6 ng/g MG soit nettement moins que pour les poissons d'eau douce dans les foyers de pêcheurs amateurs de l'étude** (augmentation de 8,5 ng/g MG par acte de consommation pour l'échantillon de l'étude).

Il apparaît donc que la consommation des poissons d'eau douce entraîne une augmentation de l'imprégnation par acte de consommation plus importante que celle des poissons d'eau de mer. Ce résultat peut s'expliquer aisément par le fait que les poissons de mer sont en général moins contaminés en PCB que les poissons d'eau douce, en particulier dans les zones contaminées étudiées.

8.5 Associations entre l'âge et d'autres caractéristiques individuelles et l'imprégnation aux PCB

8.5.1 L'âge

Même si ce n'est pas l'objet principal de cette étude, il convient de souligner **l'association positive marquée entre l'âge et l'imprégnation aux PCB. Cette association est observée dans la plupart des études publiées sur les déterminants de l'imprégnation aux PCB** (Agudo *et al.* 2009 ; Dewailly *et al.* 1988 ; Fitzgerald *et al.* 2007 ; Glynn *et al.* 2007 ; Ibarluzea *et al.* 2011 ; Morland *et al.* 2008 ; Nichols *et al.* 2007 ; Turyk *et al.* 2006). Deux raisons principales expliquent ce résultat. Tout d'abord, il est la conséquence d'une **accumulation progressive des PCB** dans l'organisme, tout au long de la vie, compte tenu de la persistance de ces substances. Ainsi, le temps de demi-vie des PCB, c'est-à-dire, le temps mis par l'organisme pour éliminer la moitié des PCB accumulés est extrêmement variable : il s'étend de **0,5 an à 23 ans selon les congénères** (Carrier *et al.* 2006 ; Efsa 2005). Une autre explication possible est un « **effet générationnel** » (« **birth cohort effect** ») sans que l'on puisse déterminer les parts relatives d'un effet « âge », effet « période » ou effet « cohorte ». Compte tenu de l'interdiction de la production et de l'usage des PCB depuis la fin des années 80 en France, la contamination environnementale a progressivement diminué. Par conséquent, l'exposition, et donc l'imprégnation des populations, diminuent également. Ainsi, à consommation égale, un individu né avant l'interdiction des PCB a potentiellement été plus exposé qu'une personne née à partir des années 90. Plusieurs auteurs rapportent ce phénomène (Glynn *et al.* 2007 ; Ibarluzea *et al.* 2011).

L'association positive entre l'imprégnation aux PCB et l'âge est en général bien plus forte que celle constatée entre la consommation de poissons d'eau douce et l'imprégnation (Fitzgerald *et al.* 1999) et surtout, elle concerne toute la population alors que la consommation de poissons d'eau douce n'est associée à une augmentation de l'imprégnation aux PCB que pour de rares consommateurs réguliers. **Par conséquent, la variabilité de l'imprégnation est beaucoup plus fortement expliquée par l'âge que par la consommation actuelle de poissons d'eau douce (respectivement 61% et 2% pour l'échantillon de l'étude).**

Les études internationales sur l'association entre la consommation de poissons d'eau douce et l'imprégnation aux PCB des consommateurs ne décrivent pas précisément les différences d'imprégnation selon l'âge. Aussi, les résultats de l'étude sont comparés avec les associations rapportées en population générale. Il apparaît que **l'augmentation de l'imprégnation aux PCB avec l'âge est extrêmement variable d'une étude à l'autre**, avec une augmentation particulièrement forte dans le cas de notre étude. Par exemple dans l'étude espagnole de **Agudo *et al.* (2009)**, réalisée entre **1992 et 1996**, l'imprégnation aux PCB (PCB 118, 138, 153, 180) augmente de 431,4 ng/g MG à 497,8 ng/g MG entre 40 et 60 ans (augmentation de **16%**) (Agudo *et al.* 2009). A titre de comparaison, dans les pays d'Amérique de Nord, l'augmentation de l'imprégnation avec l'âge en population générale se situe entre **65 et 80%** selon la zone considérée : pour le PCB 153, l'imprégnation augmente de 37,7 à 62,4 ng/g MG entre la catégorie des 40-49 et celle des 60-69 ans dans la population américaine et sur la période 2001-2002 (Nichols *et al.* 2007). Pour la population canadienne, elle augmente de 24 à 44 ng/g MG entre la catégorie des 40-59 et celle des 60-79 ans et sur la période 2007-2009 (Health Canada 2010). Dans notre étude, l'imprégnation aux PCB totaux augmente de 341,2 ng/g MG à 796,0 ng/g MG entre les mêmes âges après ajustement sur les différentes variables associées à l'imprégnation (augmentation de **133%**). Par ailleurs, dans l'Etude française nationale nutrition santé (ENNS) en population générale, l'imprégnation aux PCB augmente de **21%** par tranche de 5 ans d'âge (**Frery 2011, communication personnelle**), pourcentage presque identique à celui de notre étude (**22%**). Ce fort gradient d'imprégnation selon l'âge pourrait s'expliquer par un effet générationnel plus important dans la population française ou dans celle des pêcheurs, les expositions ayant été nettement plus fortes dans les années 80.

8.5.2 Autres caractéristiques individuelles

8.5.2.1 Variables sociodémographiques et anthropométriques

D'autres associations significatives ont été mises en évidence à partir de l'échantillon de l'étude entre l'imprégnation aux PCB et certaines variables sociodémographiques et anthropométriques : **l'IMC et la prise de poids** sont associés à une diminution de l'imprégnation, **les hommes** présentent des niveaux d'imprégnation plus élevés que **les femmes**. Enfin les participants des **zones les plus contaminées** par les PCB sont aussi les plus imprégnés (alors que sans ajustement, le phénomène inverse est observé : il pourrait s'expliquer par le fait que la moyenne d'âge dans la zone faiblement contaminée est plus élevée, cf. §. 6.2.2.1). Toutefois, la contribution de ces variables à l'explication de la variabilité de l'imprégnation est nettement plus faible que celle de l'âge (R^2 compris entre 0,3 et 0,7% contre 61% pour l'âge). D'autres variables sociodémographiques et anthropométriques ne sont pas associées à l'imprégnation. C'est le cas **du statut tabagique, de la perte de poids et de la catégorie socioprofessionnelle**.

L'objectif de ce paragraphe est de comparer ces résultats avec ceux observés dans la littérature. Comme pour l'âge, les travaux en population générale relatifs aux déterminants de l'imprégnation aux PCB apportent davantage d'informations sur ces variables sociodémographiques et anthropométriques que les études spécifiques sur les consommateurs de poissons. Ils seront donc préférés pour ce paragraphe.

Agudo et al. (2009), en population générale espagnole, mettent en évidence une imprégnation significativement plus élevée chez les hommes que chez les femmes. Les personnes obèses ont une imprégnation plus faible (Agudo et al. 2009). En revanche, le niveau d'éducation n'est pas un déterminant de l'imprégnation. Le statut tabagique n'est pas renseigné dans cette étude. Dans une **cohorte de femmes enceintes en Espagne**, **Ibarluzea et al. (2011)** confirment une association négative entre l'imprégnation aux PCB et l'IMC (Ibarluzea et al. 2011). En revanche, et comme d'autres auteurs, ils ne mettent pas en évidence d'association avec la catégorie socioprofessionnelle ni avec le statut tabagique. Pour des populations consommatrices de poissons d'eau douce, dans la région des Grands Lacs américains, d'autres auteurs rapportent des résultats différents concernant l'association entre l'imprégnation aux PCB et l'IMC. **Schaeffer et al. (2006)** dans une population de **natifs américains des Etats du Wisconsin, du Michigan et du Minnesota** (tribu des Ojibwe) d'une part et **McGraw et Waller (2009)** dans une cohorte de **femmes enceintes afro-américaines de la région des Grands Lacs américains** d'autre part ne mettent pas en évidence d'association entre l'imprégnation et l'IMC (Schaeffer et al. 2006). A l'inverse, **Fitzgerald et al. (2007)** mettent en évidence une augmentation de l'imprégnation aux PCB avec l'IMC dans une population de **résidents à proximité de la rivière Hudson (partie amont)** (Fitzgerald et al. 2007).

Les résultats observés dans notre échantillon sont donc plutôt cohérents avec ceux d'autres études. Concernant l'IMC, **Fitzgerald et al. (2007)** indiquent que la relation entre cet indicateur d'adiposité et les niveaux de PCB circulants est complexe car elle dépend de la durée d'exposition, de la pharmacocinétique, de l'âge et du taux de lipides sériques (Wolff et al. 2005), ce qui peut expliquer les effets opposés rapportés selon les études (Fitzgerald et al. 2007). Une autre explication possible serait une association éventuelle entre l'IMC et les consommations alimentaires qui viendrait perturber l'interprétation de l'association entre l'imprégnation aux PCB et l'IMC. L'association négative mise en évidence dans notre échantillon pourrait s'interpréter comme un phénomène de **dilution des PCB dans la masse adipeuse pour les personnes ayant un IMC élevé**.

8.5.2.2 Variables de consommation alimentaire

A l'exception de la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude, les associations entre les consommations alimentaires et l'imprégnation aux PCB sont globalement **peu significatives**. Elles contribuent peu à l'explication de la variabilité de l'imprégnation (entre 0,3 et 0,5% selon les cas) et sont difficiles à interpréter. Une association est mise en évidence pour les variables suivantes : consommation des **poissons faiblement bio-accumulateurs pêchés en dehors des zones de l'étude**, celle de **fromage**, de **lait** et d'**œufs**.

Comme indiqué précédemment, les variables de consommation générale ont été incluses dans le modèle de régression permettant ainsi de tenir compte du bruit de fond en PCB dans l'alimentation, ce qui n'est pas le cas dans d'autres études. La comparaison des fréquences de consommation d'alimentation générale de la population de notre étude avec l'échantillon représentatif de la

population générale INCA2 a mis en évidence des différences modérées. Celles-ci s'expliquent par l'utilisation, dans notre étude, d'un questionnaire de fréquences de consommation et non d'un carnet de consommation tenu pendant 7 jours. Cette différence méthodologique est justifiée par le besoin, dans notre étude, d'estimer une consommation habituelle sur une longue période comme dans les études précitées.

Au niveau international, les travaux relatifs à l'association entre la consommation des poissons d'eau douce et l'imprégnation aux PCB ne mettent pas non plus en évidence d'autres déterminants alimentaires majeurs de l'imprégnation. En population générale espagnole, **Agudo et al (2009)** rapportent une association avec la consommation des produits laitiers même si elle est moins marquée que celle avec la consommation de poissons (Agudo *et al.* 2009). **Ibarluzea et al. (2011)**, dans une population de femmes enceintes en Espagne, identifient également une relation entre la consommation des poissons et l'imprégnation aux PCB mais indiquent que l'alimentation est un déterminant minoritaire de l'imprégnation aux PCB (Ibarluzea *et al.* 2011). Il est donc tout à fait cohérent, compte tenu du protocole de notre étude d'une part et des résultats des autres études d'autre part, que notre échantillon ne permette pas d'identifier d'autres déterminants alimentaires de l'imprégnation. Le protocole de l'étude a en effet été conçu pour disposer d'une population contrastée en matière de consommation de poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs pêchés dans les zones de l'étude et non en matière de consommation alimentaire générale. La population des familles de pêcheurs amateurs de poissons d'eau douce est probablement trop homogène du point de vue des habitudes alimentaires générales pour mettre en évidence des associations entre ces habitudes et l'imprégnation aux PCB, ce qui n'exclut pas que certaines de ces variables puissent contribuer à augmenter l'imprégnation. L'**autoconsommation** des œufs ou des volailles n'apparaît pas non plus comme un facteur déterminant de l'imprégnation. Ce résultat n'est pas surprenant : pour ces denrées d'origine terrestre, la contribution des PCB à la contamination est plus faible que pour les poissons. Ces denrées sont davantage contaminées par les dioxines et furanes par l'intermédiaire des émissions aériennes et des retombées terrestres.

8.6 Recommandations de limitation de consommation de poissons d'eau douce en Europe

8.6.1 Cas des pays européens

Cette étude a été conçue pour aider à définir des fréquences de consommation de poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs sans danger sur l'homme sur le long terme.

Un grand nombre de pays européens a mis en place des **recommandations relatives à la pêche de loisirs** pour limiter la consommation de certaines espèces de poissons d'eau douce en raison de leur contamination en PCB ou autres contaminants (méthylmercure principalement)²⁴. Elles complètent les recommandations générales de consommation de poissons. Elles peuvent concerner des sous-populations et/ou des zones géographiques particulières et visent à éviter ou limiter la consommation de certains poissons d'eau douce.

En **Belgique**, il est déconseillé de consommer les anguilles ainsi que des poissons prédateurs pêchés dans les rivières (ANB 2011). Au **Luxembourg**, il est déconseillé de consommer les anguilles (OSQCA 2010). Il est également conseillé de limiter sa consommation de poissons blancs issus de la pêche de loisirs à une fois par mois. Enfin, il est déconseillé aux enfants de consommer ces deux types de poissons. Aux **Pays-Bas**, il est recommandé de ne pas consommer les anguilles issues de la pêche de loisirs. Plus généralement, il est recommandé à la population générale de ne pas consommer plus de quatre fois par semaine des poissons gras et pour les femmes enceintes, pas plus de deux fois par semaine, compte tenu de leur contamination en dioxines et PCB.

Au **Royaume-Uni**, des évaluations de risque locales sont conduites dans les zones en eau douce fortement contaminées et des recommandations de non consommation d'espèces de poissons contaminées sont émises si nécessaire (SACN 2004). De telles approches sont également mises en œuvre en Belgique, en Norvège et en Slovaquie. Plus généralement, au Royaume-Uni, il est conseillé

²⁴ Pour la pêche professionnelle, les Etats membres appliquent le règlement 1881/2006 du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

de ne pas consommer plus de quatre portions par semaine de poissons gras et pour les filles et femmes en âge de procréer pas plus de deux fois par semaine.

En **Allemagne**, l'Institut fédéral d'évaluation de risques recommande la mise en œuvre de conseils de limitation de la consommation de poissons gras d'eau douce pouvant contenir des quantités importantes de PCB, en particulier les anguilles (BfR 2010). Ces recommandations sont édictées au niveau régional.

En **Suisse**, à la suite de la mise en évidence de niveaux de contamination élevés de poissons d'eau douce dans plusieurs rivières (Birse, Sarine), l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a recommandé aux enfants, adolescents jusqu'à 18 ans et aux femmes en âge de procréer de ne jamais consommer les poissons dans les sites où leur contamination moyenne excède 8 pg TEQ₁₉₉₈/g PF (OFEV 2010). Pour le reste de la population, une fréquence maximale de 0,5 à 1,5 portions par semaine est recommandée, à condition que la contamination n'excède pas 25 pg TEQ₁₉₉₈/g poids frais. Au-delà de cette valeur, la consommation de poissons d'eau douce est déconseillée pour toute la population.

En **Norvège**, il est recommandé de ne pas consommer plus d'une fois par mois en moyenne tous les brochets, perches de plus de 25 cm, truites sauvages et ombles chevaliers de plus d'un kilo (VKM 2006). La consommation de foie de poisson et de produits dérivés doit être limitée. La consommation de foies de poisson provenant de certaines zones polluées est déconseillée. Les femmes enceintes ou allaitantes ne doivent pas consommer les brochets, perches de plus de 25 centimètres, truites et ombles chevaliers de plus d'un kilo et les foies de poissons et produits dérivés.

Le cas des poissons de la Baltique et de certains lacs scandinaves

En **Suède** et en **Finlande**, il est autorisé par la Commission européenne, jusqu'à fin 2011, de commercialiser les harengs, saumons et truites sauvages contaminés au-dessus des limites réglementaires fixées par le règlement 1881/2006 à condition de diffuser des recommandations de limitation des fréquences de consommation auprès notamment des filles et jeunes femmes (NFA 2007). Il est donc recommandé à celles-ci de ne pas consommer ces espèces provenant de la mer Baltique ou d'autres zones contaminées plus d'une fois par mois. Ces recommandations s'appliquent également aux harengs de plus de 17 cm et aux brochets pêchés en mer ou en eau douce. Le reste de la population ne doit pas consommer ces espèces plus d'une fois par semaine. Ces recommandations s'appliquent également à la pêche de loisirs.

En **conclusion**, la plupart des pays ont émis des recommandations de limitation de consommation plus strictes pour les filles et les femmes en âge de procréer ou seulement pour les femmes enceintes ou allaitantes par rapport au reste de la population. Souvent, la recommandation pour cette population est d'éviter la consommation de poissons d'eau douce potentiellement contaminés par les PCB. En mer Baltique et dans certains lacs de Finlande ou de Suède, la fréquence maximale recommandée est une fois par mois. Pour le reste de la population, les fréquences de consommation recommandées varient entre une fois par semaine dans des zones moyennement contaminées en Suisse ou dans la Baltique et une fois par mois en Norvège et au Luxembourg. Ces recommandations s'appliquent parfois aux seuls poissons d'eau douce, parfois à l'ensemble des poissons gras. L'anguille est souvent traitée comme un cas à part. Des recommandations plus strictes sont parfois émises pour la consommation des foies des poissons.

8.6.2 Cas de la France

En **France**, l'Anses recommande à l'ensemble de la population, dans le cadre d'une alimentation diversifiée, la consommation de deux portions de poissons par semaine, dont une à forte teneur en oméga 3, en variant les espèces et les lieux d'approvisionnement (*cf.* Annexe III, (Afssa 2010b)). S'agissant du risque lié aux PCB, il est conseillé aux femmes en âge de procréer, enceintes ou allaitantes d'éviter, à titre de précaution, la consommation de poissons dits bio-accumulateurs de PCB, notamment anguille, barbeau, brème, carpe ou silure. Pour le reste de la population, il est recommandé de limiter la consommation de ces espèces (*cf.* Annexe XVII).

Les résultats des simulations (*cf.* §. 6.2.3.2), réalisées à partir du modèle relatif aux PCB et proposées dans ce rapport, pourraient permettre de préciser ces recommandations qualitatives concernant les poissons fortement bio-accumulateurs afin d'éviter une sur-exposition des consommateurs. Pour rappel, ces résultats ne constituent que des exemples fondés sur des hypothèses et scénarii jugés les plus pertinents, en association avec le Comité scientifique de l'étude, au regard des objectifs fixés d'une part et des limites de l'étude d'autre part (*cf.* ci-dessous). Selon les hypothèses ou scénarii

retenus, les fréquences de consommation proposées pourraient être inférieures à la recommandation générale de consommation (deux portions de poissons par semaine). Ce résultat justifierait donc de conforter et/ou préciser les recommandations qualitatives précitées et relatives aux espèces fortement bio-accumulatrices de PCB, dans le cadre des travaux d'expertise des comités de l'Anses. Les fréquences recommandées seraient alors du même ordre de grandeur que celles d'ores et déjà établies dans d'autres pays.

Toutefois, il conviendrait de tenir compte, lors de la définition de futures recommandations, des limites de l'étude ci-dessous :

- La population de l'étude n'est pas représentative de la population des pêcheurs amateurs en France. Toutefois, un effort particulier a été apporté pour représenter au mieux les consommateurs de poissons d'eau douce (puisque la base de données a été exploitée dans son intégralité) et la diversité des situations de contamination environnementale (choix des sites entraînant une sur-représentation des zones les plus contaminées et les plus denses sur le territoire). Dans une approche protectrice d'évaluation des risques, ces choix ont permis de couvrir les situations défavorables de façon la plus prudente possible.
- Le protocole de l'étude repose sur une approche transversale (observation d'une population sur un laps de temps donné) et ne permet pas de tenir compte de :
 - l'évolution de l'imprégnation d'un individu au cours de sa vie,
 - l'évolution des consommations : consommations passées, effet des interdictions récentes de consommation de certains poissons (la période considérée ici étant celle juste avant ces interdictions) ;
- Le protocole ne tient pas compte de l'effet générationnel.

La prise en compte de ces paramètres nécessiterait une approche longitudinale (suivi dans le temps d'une cohorte). Compte tenu de la logistique et des coûts associés à ce type de recherche, les études relatives à l'association entre l'imprégnation et la consommation sont rarement de ce type.

Comme énoncé, s'agissant d'une étude fondée sur une approche transversale, il n'est pas possible de distinguer, dans la variable « âge », l'effet générationnel du cumul des PCB avec le temps. Toutefois plusieurs études au niveau international rapportent des diminutions de l'exposition environnementale et des imprégnations (Hagmar *et al.* 2006) pour une même cohorte. Par conséquent, et conformément au principe protecteur d'évaluation des risques, les recommandations de consommation qui pourraient être émises à partir du cliché actuel assureraient nécessairement une protection suffisante du consommateur.

8.7 Facteurs associés à l'imprégnation aux dioxines (PCDD/F) et PCB de type dioxine (PCB-DL)

Comme pour les PCB, les **facteurs sociodémographiques et anthropométriques** sont les **déterminants majeurs** de l'imprégnation aux PCDD/F et PCB-DL de l'échantillon. Ils expliquent à eux seuls 57,1% de la variabilité, dont 50,2% expliqués uniquement par l'âge. Dans une moindre mesure, le **fait de fumer** et de **prendre du poids** sont associés à une diminution de l'imprégnation. La **perte de poids** et l'**augmentation de l'IMC** entraînent un accroissement de l'imprégnation, de même que le fait de **résider dans la zone la plus contaminée**. Les associations de l'imprégnation positive avec l'IMC et négative avec la prise de poids sont également observées dans l'étude UIOM de l'InVS (InVS 2009). En effet, la corpulence serait associée à un apport alimentaire plus important et par conséquent à un apport de dioxines. Par ailleurs, les personnes avec une forte corpulence élimineraient les dioxines plus lentement. En revanche, un gain de poids s'accompagnerait d'une dilution des dioxines stockées dans les graisses alors qu'une perte de poids serait associée à une remobilisation des dioxines qui se retrouveraient dans la circulation sanguine. De plus, **les femmes sont plus imprégnées que les hommes**, et la catégorie socioprofessionnelle n'apparaît pas comme un contributeur de l'imprégnation aux dioxines et PCB-DL.

S'agissant des **facteurs alimentaires**, ils ont un **rôle mineur** dans l'explication de la variabilité de l'imprégnation (4,5%). Les **consommations de matières grasses animales**, du **lait** et d'**œufs** sont les principaux contributeurs comparés aux consommations de poissons. **L'autoconsommation des œufs et des volailles** est également associée à une augmentation de l'imprégnation aux PCDD/F et PCB-DL. La consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés sur les sites de l'étude n'est pas associée à l'imprégnation.

Garabrant et al (2009) mettent en évidence des résultats tout à fait semblables dans une **population de résidents des comtés de Midland et de Saginaw, dans l'état du Michigan aux Etats-Unis** (Garabrant *et al.* 2009). Ces régions sont historiquement contaminées par les produits de type dioxines compte tenu des rejets industriels connus, à la fois dans l'eau et dans l'air (University of Michigan Dioxin Exposure Study (UMDES)). Dans cette population, les femmes sont plus imprégnées que les hommes, l'imprégnation augmente avec l'IMC et les fumeurs sont moins imprégnés que les non fumeurs. Ces résultats sont aussi ceux observés dans **l'étude UIOM de l'InVS (InVS 2009)**. La consommation de tabac favoriserait un métabolisme particulier des dioxines et donc leur excrétion. Les autres paramètres sociodémographiques et anthropométriques ne sont pas rapportés. La consommation actuelle des poissons pêchés dans la zone contaminée n'est pas un déterminant de l'imprégnation. Une des explications possibles serait une trop faible consommation des poissons les plus fortement bio-accumulateurs de produits de type dioxines. Il n'apparaît pas d'autres contributeurs alimentaires à l'imprégnation. Les auteurs concluent sur l'importance du contrôle des variables sociodémographiques et anthropométriques dans ce type d'études puisqu'elles expliquent à elles seules une part majeure de la variabilité des imprégnations.

Dans la **région des Grands Lacs américains**, Turyk *et al.* (2006) montrent une sur-imprégnation aux dioxines et aux PCB-DL chez les consommateurs réguliers de poissons par rapport aux non consommateurs (Turyk *et al.* 2006). L'écart d'imprégnation entre consommateurs et non consommateurs est cependant faible pour les PCB-DL comme pour les PCDD/F (pour les PCB-DL : 14 pg TEQ₁₉₉₈/g MG chez les consommateurs contre 4 pg TEQ₁₉₉₈/g MG chez les non-consommateurs, pour les PCDD/F : 24 pg TEQ₁₉₉₈/g MG chez les consommateurs contre 18 pg TEQ₁₉₉₈/g MG chez les non-consommateurs).

Globalement, ces conclusions sont cohérentes avec celles de notre étude. Il convient toutefois de noter que les études portant sur l'association entre la consommation de poissons d'eau douce et l'imprégnation aux dioxines et PCB-DL sont beaucoup plus rares que celles portant sur les seuls PCB. Une des explications possibles serait des sources d'émissions différentes pour ces deux familles de substances. La contamination en dioxines ou produits de type dioxines est plutôt aérienne, par émission lors des processus de combustion (usines d'incinération par exemple). **Cette contamination va donc impacter en premier lieu les produits animaux d'origine terrestre (graisses animales, œufs)**. Il apparaît donc cohérent que la consommation des poissons, moins contaminés par ces substances, ne soit pas le premier contributeur alimentaire de l'imprégnation. En revanche, les produits d'autoconsommation (œufs, volailles) et plus généralement les denrées d'origine terrestre y contribuent davantage.

9 Conclusion

Alors que les études sur les associations entre la consommation de poissons d'eau douce et l'imprégnation aux PCB sont nombreuses en Amérique du Nord (régions des Grands Lacs, Saint-Laurent, rivière Hudson), elles sont rares en Europe où les recherches ont été plutôt focalisées sur la consommation de poissons de mer, en particulier pour la mer Baltique, fortement contaminée en PCB. Cette première étude française apporte des informations complémentaires aux études nord-américaines en intégrant le type d'espèces consommées dans la modélisation ainsi qu'une information originale et représentative sur les fréquences de consommation par espèce et par site.

Les fréquences de consommation observées dans notre étude restent modérées, en particulier pour les poissons fortement bio-accumulateurs de PCB (anguilles, barbeaux, brèmes, carpes, silures). Rares sont les consommateurs qui atteignent un niveau de consommation hebdomadaire de ces espèces sur les sites de l'étude. Ce résultat peut s'expliquer par la rareté ou la moindre valorisation de ces espèces par les pêcheurs consommateurs, par rapport à d'autres espèces comme les sandres, les perches, les truites et les brochets qui sont nettement moins contaminées et davantage consommées.

En ce qui concerne **l'association entre la consommation de poissons fortement bio-accumulateurs de PCB et l'imprégnation, notre étude fait partie de celles qui montrent l'association la plus nette et la plus significative**. Le gradient d'imprégnation en fonction de la consommation de ces poissons est remarquablement similaire à celui mis en évidence dans les études de Turyk *et al.* (2006), Fitzgerald *et al.* (2007) et McGraw et Waller (2009) (Turyk *et al.* 2006), (Fitzgerald *et al.* 2007) et (McGraw and Waller 2009). **La force de l'association reste cependant modérée. La significativité de cette association s'explique par la forte sur-représentation volontaire et contrôlée des consommateurs réguliers de poissons fortement bio-accumulateurs** qui a nécessité une lourde phase préalable d'inclusion de ces consommateurs de façon exhaustive dans la population d'étude. La taille de l'échantillon a pu être justifiée *a priori* par les résultats des études nord-américaines.

Par rapport à **l'effet d'âge ou de génération**, la consommation de poissons fortement bio-accumulateurs explique une faible variabilité de l'imprégnation aux PCB de la population (2% contre 61% pour l'âge). **La contribution de la consommation de poissons faiblement bio-accumulateurs pêchés sur les sites étudiés n'est pas significative**.

Les fréquences relativement faibles de consommation des poissons fortement bio-accumulateurs de PCB combinées à une relation significative mais modérée entre la consommation et l'imprégnation expliquent que les imprégnations de l'échantillon de pêcheurs amateurs ne diffèrent pas globalement de celles de la population générale française à âge égal. En revanche, les pêcheurs professionnels ayant participé à l'étude ont des imprégnations plus élevées que la population générale à âge égal, ce qui pourrait s'expliquer par des fréquences de consommation plus élevées de poissons fortement bio-accumulateurs.

D'un point de vue sanitaire, **les participants de l'étude ayant dépassé les valeurs d'imprégnation critiques en dessous desquelles les risques sont considérés comme négligeables sont très peu nombreux (27 sur 622)** et leur proportion est du même ordre de grandeur qu'en population générale. L'effet d'âge ou de génération étant le principal facteur explicatif de l'imprégnation aux PCB, les dépassements des valeurs d'imprégnation critiques sont observés aux âges les plus élevés des deux populations de référence : femmes en âge de procréer, autres adultes. Même si leur nombre limité rend l'estimation peu précise, les pêcheurs professionnels sont proportionnellement plus nombreux à dépasser les valeurs d'imprégnation critiques.

Les résultats de cette étude pourront être examinés par les comités d'experts de l'Anses, dans le but de formuler, si nécessaire, **un avis de l'Anses précisant les recommandations existantes de consommation de poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs**.

Ce rapport général invite à poursuivre les travaux et recherches en élargissant **l'investigation aux associations éventuelles entre la consommation de poissons d'eau douce et l'imprégnation à d'autres polluants organiques persistants** présents dans ces poissons comme les composés bromés et composés fluorés. Par ailleurs, une analyse plus fine, par profil de congénères de PCB, pourrait être réalisée, en particulier pour les congénères les plus chlorés et les plus rémanents.

L'analyse pourrait également être approfondie par l'étude de la relation entre l'exposition externe aux PCB et l'imprégnation interne. Une analyse bénéfices/risques à partir de la composition nutritionnelle des poissons pourrait également être conduite.

10 Bibliographie

Afssa (2006) Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation de l'exposition de la population française aux dioxines, furanes et PCB de type dioxine. Afssa, Maisons-Alfort, France.

Afssa (2007) Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'établissement de teneurs maximales pertinentes en polychlorobiphényles qui ne sont pas de type dioxine (PCB "non dioxin-like", PCB-NDL) dans divers aliments. Afssa, Maisons-Alfort, France.

Afssa (2008a) Appui scientifique et technique de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif au plan d'échantillonnage national des PCB dans les poissons de rivière : proposition de méthodologie. Maisons-Alfort, France.

Afssa (2008b) Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'imprégnation corporelle en dioxines des forts consommateurs de produits animaux d'origine locale dans le cadre de l'étude InVS-Afssa de novembre 2006. Afssa, Maisons-Alfort, France.

Afssa (2009a) Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'interprétation des données du plan national PCB 2008 dans les poissons de rivière et à la proposition du plan d'échantillonnage 2009. Maisons-Alfort, France.

Afssa (2009b) Etude individuelle nationale des consommations alimentaires 2 (INCA 2) (2006-2007). Maisons-Alfort, France.

Afssa (2010a) Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'interprétation sanitaire des niveaux d'imprégnation de la population française en PCB. Afssa, Maisons-Alfort, France.

Afssa (2010b) Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif aux bénéfices/risques liés à la consommation de poissons. Afssa, Maisons-Alfort, France.

Agudo A, Goni F, *et al.* (2009) Polychlorinated biphenyls in Spanish adults: determinants of serum concentrations. *Environ Res* **109**, 620-628.

Akins JR, Waldrep K, Bernert JT, Jr. (1989) The estimation of total serum lipids by a completely enzymatic 'summation' method. *Clin Chim Acta* **184**, 219-226.

ANB (2011) Règlement de la pêche fluviale. Agence de la nature et des forêts, Bruxelles, Belgique.

Anses (2010a) Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'interprétation sanitaire des résultats d'analyses en dioxines et PCB et mercure des poissons pêchés dans les cours d'eau du bassin Artois-Picardie dans le cadre du plan national d'actions sur les PCB. Anses, Maisons-Alfort, France.

Anses (2010b) Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'interprétation sanitaire des résultats d'analyses en dioxines et PCB et mercure des poissons pêchés dans les cours d'eau du bassin Seine-Normandie dans le cadre du plan national d'actions sur les PCB. Anses, Maisons-Alfort, France.

Anses (2011a) Etude alimentation totale française 2 (EAT 2) - Contaminants inorganiques, minéraux, polluants organiques persistants, mycotoxines, phyto-estrogènes. Maisons-Alfort, France.

Anses (2011b) Etude nationale d'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce - Comparaison des simulations issues du modèle pondéré et du modèle non pondéré. Note technique MO/AME/AERS/VD/2011-174. Maisons-Alfort, France.

Apostoli P, Magoni M, Bergonzi R, Carasi S, Indelicato A, Scarcella C, Donato F (2005) Assessment of reference values for polychlorinated biphenyl concentration in human blood. *Chemosphere* **61**, 413-421.

Arnich N, Tard A, Leblanc JC, Le Bizec B, Narbonne JF, Maximilien R (2009) Dietary intake of non-dioxin-like PCBs (NDL-PCBs) in France, impact of maximum levels in some foodstuffs. *Regul Toxicol Pharmacol* **54**, 287-293.

Axelrad DA, Goodman S, Woodruff TJ (2009) PCB body burdens in US women of childbearing age 2001-2002: An evaluation of alternate summary metrics of NHANES data. *Environ Res* **109**, 368-378.

Becker K, Kaus S, Krause C, Lepom P, Schulz C, Seiwert M, Seifert B (2002) German Environmental Survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in blood of the German population. *Int J Hyg Environ Health* **205**, 297-308.

Bezdek JC (1981) 'Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms.' (Plenum Press: New-York, United-States).

BfR (2010) Contamination of wild freshwater fish with dioxins and PCBs. Federal Institute for Risk Assessment.

Bouvenot G, Vray M (1996) 'Essais cliniques : théorie, pratique et critique.' (Flammarion Médecine-Sciences: Paris, France).

Carrier G, Bouchard M, Gosselin NH, El Majidi N (2006) Réévaluation des risques toxicologiques des biphenyls polychlorés. Institut national de santé publique du Québec.

CART (2006) Certificate for Interlaboratory study on dioxins, PCBs and PBDEs in human blood plasma. Université de Liège, Belgique.

Cerna M, Maly M, Grabic R, Batariova A, Smid J, Benes B (2008) Serum concentrations of indicator PCB congeners in the Czech adult population. *Chemosphere* **72**, 1124-1131.

Communication 2001/0593 final de la Commission au Conseil, au Parlement européen et Comité Économique et Social - Stratégie communautaire concernant les dioxines, les furannes et les polychlorobiphényles.

Cravedi JP, Narbonne JF (2002) Données récentes sur l'évaluation des dangers liés à la présence de PCB dans l'alimentation. Afssa, France.

Décret n°87-59 du 2 février 1987 relatif à la mise sur le marché, à l'utilisation et à l'élimination des polychlorobiphényles et polychloroterphényles.

Deschamps V, de Lauzon-Guillain B, Lafay L, Borys JM, Charles MA, Romon M (2009) Reproducibility and relative validity of a food-frequency questionnaire among French adults and adolescents. *Eur J Clin Nutr* **63**, 282-291.

Dewailly E, Flaugnatti R, Haguenoer JM, Cordier S, Dubois G, Hemon D (1988) National study of polychlorinated biphenyls (PCBs) residues in human plasma, France. *Hazardous Waste : Detection, control, treatment*.

Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau, modifiant et abrogeant les directives du Conseil 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE et modifiant la directive 2000/60/CE.

Domingo JL, Bocio A (2007) Levels of PCDD/PCDFs and PCBs in edible marine species and human intake: a literature review. *Environ Int* **33**, 397-405.

Efsa (2005) 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 (question n°Efsa-Q-2003-114) *The EFSA Journal* **284**, 1 - 137.

Efsa (2010) Results of the monitoring of the non dioxin-like PCBs in food and feed. *Efsa Journal* **8(7):1701**.

Fitzgerald EF, Belanger EE, Gomez MI, Hwang SA, Jansing RL, Hicks HE (2007) Environmental exposures to polychlorinated biphenyls (PCBs) among older residents of upper Hudson River communities. *Environ Res* **104**, 352-360.

Fitzgerald EF, Deres DA, Hwang SA, Bush B, Yang BZ, Tarbell A, Jacobs A (1999) Local fish consumption and serum PCB concentrations among Mohawk men at Akwesasne. *Environ Res* **80**, S97-S103.

Fromme H, Albrecht M, Boehmer S, Buchner K, Mayer R, Liebl B, Wittsiepe J, Bolte G (2009) Intake and body burden of dioxin-like compounds in Germany: the INES study. *Chemosphere* **76**, 1457-1463.

Garabrant DH, Franzblau A, *et al.* (2009) The University of Michigan Dioxin Exposure Study: predictors of human serum dioxin concentrations in Midland and Saginaw, Michigan. *Environ Health Perspect* **117**, 818-824.

GEMS-Food Euro (1995) Second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food - Report on a workshop in the frame of GEMS-Food Euro. Kulmbach, Federal Republic of Germany.

Glynn A, Aune M, Darnerud PO, Cnattingius S, Bjerselius R, Becker W, Lignell S (2007) Determinants of serum concentrations of organochlorine compounds in Swedish pregnant women: a cross-sectional study. *Environ Health* **6**, 2.

Hagmar L, Wallin E, Vessby B, Jonsson BA, Bergman A, Rylander L (2006) Intra-individual variations and time trends 1991-2001 in human serum levels of PCB, DDE and hexachlorobenzene. *Chemosphere* **64**, 1507-1513.

Halldorsson TI, Thorsdottir I, Meltzer HM, Nielsen F, Olsen SF (2008) Linking exposure to polychlorinated biphenyls with fatty fish consumption and reduced fetal growth among Danish pregnant women: a cause for concern? *Am J Epidemiol* **168**, 958-965.

He JP, Stein AD, Humphrey HE, Paneth N, Courval JM (2001) Time trends in sport-caught Great Lakes fish consumption and serum polychlorinated biphenyl levels among Michigan Anglers, 1973-1993. *Environ Sci Technol* **35**, 435-440.

Health Canada (2010) Report on Human Biomonitoring of Environmental Chemicals in Canada - Results of the Canadian Health Measures Survey Cycle 1 (2007-2009). Ottawa, Canada.

Ibarluzea J, Alvarez-Pedrerol M, *et al.* (2011) Sociodemographic, reproductive and dietary predictors of organochlorine compounds levels in pregnant women in Spain. *Chemosphere* **82**, 114-120.

InVS (2009) Etude d'imprégnation par les dioxines des populations vivant à proximité d'usines d'incinération d'ordures ménagères - rapport d'étude. Saint-Maurice, France.

InVS (2010) Exposition de la population française aux polluants de l'environnement - Volet environnemental de l'Etude nationale nutrition santé - Premiers résultats. Saint-Maurice, France.

Jensen S (1966) Report of a New Chemical Hazard. *New Scientist* **32**, 612.

Jonsson BA, Rylander L, *et al.* (2005) Inter-population variations in concentrations, determinants of and correlations between 2,2',4,4',5,5'-hexachlorobiphenyl (CB-153) and 1,1-dichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl)-ethylene (p,p'-DDE): a cross-sectional study of 3161 men and women from Inuit and European populations. *Environ Health* **4**, 27.

Knobeloch L, Turyk M, Imm P, Schrank C, Anderson H (2009) Temporal changes in PCB and DDE levels among a cohort of frequent and infrequent consumers of Great Lakes sportfish. *Environ Res* **109**, 66-72.

Lafay L, Basdevant A, Charles MA, Vray M, Balkau B, Borys JM, Eschwege E, Romon M (1997) Determinants and nature of dietary underreporting in a free-living population: the Fleurbaix Laventie Ville Sante (FLVS) Study. *Int J Obes Relat Metab Disord* **21**, 567-573.

Leblanc JC (2006) Etude CALIPSO - Etude des Consommations ALimentaires de produits de la mer et Imprégnation aux éléments traces, Polluants et Oméga 3. Afssa, DGAL, INRA.

Lorber M (2002) A pharmacokinetic model for estimating exposure of Americans to dioxin-like compounds in the past, present, and future. *Sci Total Environ* **288**, 81-95.

McGraw JE, Waller DP (2009) Fish ingestion and congener specific polychlorinated biphenyl and p,p'-dichlorodiphenyldichloroethylene serum concentrations in a great lakes cohort of pregnant African American women. *Environ Int* **35**, 557-565.

Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement. Rapport PCB - état des lieux et plan national d'actions. (octobre 2007) Paris, France.

Morland K, Wolff M, Bopp R, Godbold J, Landrigan P (2008) Fish consumption and body burden of organochlorines among lower Hudson urban anglers. *Am J Ind Med* **51**, 587-594.

NFA (2007) Risk assessment of non-developmental health effects of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls in food. Uppsala, Sweden.

Nichols BR, Hentz KL, Aylward L, Hays SM, Lamb JC (2007) Age-specific reference ranges for polychlorinated biphenyls (PCB) based on the NHANES 2001-2002 survey. *J Toxicol Environ Health A* **70**, 1873-1877.

OFEV (2010) Polychlorobiphényles (PCB) dans les eaux en Suisse. Berne, Suisse.

OSQCA (2010) Recommandations de consommation des poissons originaires des rivières luxembourgeoises. Luxembourg.

Patterson DG, Jr., Turner WE, Caudill SP, Needham LL (2008) Total TEQ reference range (PCDDs, PCDFs, cPCBs, mono-PCBs) for the US population 2001-2002. *Chemosphere* **73**, S261-277.

PCB Risk Fifth Framework Programme (2004) Evaluating human health risk from low-dose and long-term PCB exposure - Final report. Commission européenne.

Règlement (CE) 1881/2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

Règlement (CE) 1883/2006 portant fixation des méthodes de prélèvement et d'analyse d'échantillons utilisées pour le contrôle officiel des teneurs en dioxines et en PCB de type dioxine de certaines denrées alimentaires.

SACN (2004) Advice on fish consumption: benefits and risks. Committee on toxicity, London, United Kingdom.

Santillo D, Johnston P, Labunska I, Brigden K (2005) Swimming in Chemicals - Widespread presence of brominated flame retardants and PCBs in eels (*Anguilla anguilla*) from rivers and lakes in 10 European countries. Greenpeace Research Laboratories, Department of Biological Sciences, University of Exeter.

Schaeffer DJ, Dellinger JA, Needham LL, Hansen LG (2006) Serum PCB profiles in Native Americans from Wisconsin based on region, diet, age, and gender: Implications for epidemiology studies. *Sci Total Environ* **357**, 74-87.

Schantz SL, Gardiner JC, Aguiar A, Tang X, Gasior DM, Sweeney AM, Peck JD, Gillard D, Kostyniak PJ Contaminant profiles in Southeast Asian immigrants consuming fish from polluted waters in northeastern Wisconsin. *Environ Res* **110**, 33-39.

Takser L, Mergler D, Baldwin M, de Grosbois S, Smargiassi A, Lafond J (2005) Thyroid hormones in pregnancy in relation to environmental exposure to organochlorine compounds and mercury. *Environ Health Perspect* **113**, 1039-1045.

Tard A, Gallotti S, Leblanc JC, Volatier JL (2007) Dioxins, furans and dioxin-like PCBs: occurrence in food and dietary intake in France. *Food Addit Contam* **24**, 1007-1017.

Thomas GO, Wilkinson M, Hodson S, Jones KC (2006) Organohalogen chemicals in human blood from the United Kingdom. *Environ Pollut* **141**, 30-41.

Turyk M, Anderson HA, Hanrahan LP, Falk C, Steenport DN, Needham LL, Patterson DG, Jr., Freels S, Persky V (2006) Relationship of serum levels of individual PCB, dioxin, and furan congeners and DDE with Great Lakes sport-caught fish consumption. *Environ Res* **100**, 173-183.

US ATSDR (2000) Public Health Statement Polychlorinated Biphenyls. Atlanta, United States.

US CDC (2009) Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Atlanta, United States.

Van den Berg M (2006) The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. *ToxSci Advance Access*.

VKM (2006) A comprehensive assessment of fish and other seafood in the Norwegian diet. Norwegian Scientific Committee for Food Safety, Oslo, Norway.

Ward JH (1963) Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association* **58**, 236-244.

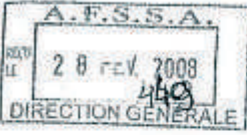
WHO (1997) Obesity : preventing and managing the global epidemic - Report of a WHO Consultation on obesity. Geneva (Switzerland).

WHO/IPCS (2003) Polychlorinated biphenyls : Human health aspects. WHO/IPCS, Genève, Suisse.


Wolff MS, Deych E, Ojo F, Berkowitz GS (2005) Predictors of organochlorines in New York City pregnant women, 1998-2001. *Environ Res* **97**, 170-177.

ANNEXES

Annexe I : : Lettre du Ministère chargé de la santé



A.F.S.S.A.
RECEU
28 FEV. 2008
440
DIRECTION GÉNÉRALE




LIBERTÉ - ÉGALITÉ - FRATERNITÉ
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE LA SANTÉ,
DE LA BIEN-ÊTRE
ET DES SPORTS

2008-SA-0053

Direction générale de la santé
Sous direction de la prévention des risques
liés à l'environnement et à l'alimentation
Bureau de l'alimentation et de la nutrition
DGS/EA3/N°

20 FEV 2008

DGS- EA3/ 130



A.F.S.S.A. Recu le
03 MAR. 2008
08 254
D.E.R.N.S.

NOTE

**Pour Madame la Directrice générale
de l'AFSSA**

Objet : Etude nationale Afssa / InVS d'imprégnation aux PCB des forts consommateurs des produits de rivière.

Copie : InVS


Le 7 décembre 2007, vous m'avez indiqué avoir analysé la pertinence des études sanitaires relatives à l'exposition de la population française aux PCB et proposé la mise en œuvre d'une étude d'imprégnation aux PCB auprès des forts consommateurs de produits de rivière et de témoins. Dans une note du 17 janvier 2008, vous avez détaillé cette étude et proposé les grandes lignes d'un protocole de mise en œuvre. Afin de répondre aux interrogations sur les éventuelles sur-imprégnations aux PCB des pêcheurs consommateurs de poissons de rivière et de leurs familles des zones contaminées et d'aider à l'orientation des mesures de gestion, vous proposez de réaliser une étude d'imprégnation aux PCB-DL et aux PCB-NDL auprès de populations fortement consommatrices de poissons de rivière pour 4 sites plus ou moins pollués aux PCB en comparant leur imprégnation à celles des non-consommateurs de poissons de rivière pour les mêmes sites ainsi qu'à celle de consommateurs de poissons de rivière sur deux sites témoins non pollués. La durée de cette étude est estimée à 3 ans et son coût à 3 244 500 euros HT.

Compte tenu du contexte et de la forte demande liée à cette étude, je souhaite qu'elle soit mise en œuvre au plus tôt et que vous m'indiquiez à quelle échéance vous estimez pouvoir me transmettre des premiers résultats.

Je vous indique par ailleurs que certaines associations, dans l'attente de ces résultats, proposent aux habitants des sites concernés par cette pollution un prélèvement sanguin pour analyse des PCB. Aussi, afin d'être en capacité de répondre aux demandes qui pourraient nous être adressées pour l'interprétation sanitaire de ces résultats, je souhaiterais disposer dans les meilleurs délais :

- d'un bilan des données disponibles sur l'imprégnation de la population française aux PCB ;
- d'une synthèse sur les effets sur la santé de l'imprégnation aux PCB.

Concernant le financement de l'étude d'imprégnation, je vous remercie de bien vouloir me communiquer au plus tôt une lettre de demande ainsi qu'une annexe financière détaillée.


 Dr D. L. ...

Annexe II : Valeurs d'imprégnation critiques relatives aux PCB et PCDD/F+PCB-DL : définition, limites et usages

Chez l'homme, l'exposition aux PCB s'effectue principalement par la consommation alimentaire en particulier celle des poissons. Il est possible d'évaluer l'**exposition externe** d'un individu à partir de la connaissance de la consommation et du niveau de contamination des aliments.

Cependant, 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 et PCDD/F s'accumulent préférentiellement au niveau du foie (surtout pour les PCDD/F) et dans les tissus adipeux (notamment dans la fraction lipidique du sang). On parle alors d'une **imprégnation sanguine**, c'est-à-dire les teneurs dans le sang en PCB ou PCDD/F. 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 collective indépendante, l'Anses a proposé des valeurs d'imprégnation critiques en PCB et PCDD/F correspondant à des niveaux de charge corporelle en dessous desquels la probabilité d'effets sur la santé est considérée comme négligeable.

Sur la base des connaissances actuelles, l'Anses a proposé en mars 2010 de retenir (Afssa 2010a) :

- la valeur de 700 ng de PCB totaux /g de lipides plasmatiques comme seuil d'imprégnation critique pour les femmes enceintes ou en âge de procréer et les femmes allaitantes (par rapport à un effet sur le fœtus et non sur la mère) ;
- à titre indicatif, la valeur de 1800 ng de PCB totaux /g de lipides plasmatiques comme valeur d'imprégnation critique pour le reste de la population (la femme ayant dépassé l'âge habituel de la procréation et l'homme adulte).

En 2008, l'Anses a proposé des valeurs d'imprégnation critiques pour les PCDD/F et PCB-DL. Ces valeurs sont les suivantes (Afssa 2008b; 2010a) :

- un seuil de 50 pg TEQ/g de lipides plasmatiques pour les femmes enceintes ou en âge de procréer et les femmes allaitantes (sur la base d'effets de type neurotoxiques, immunotoxiques et reprotoxiques pour ce qui concerne l'exposition fœtale) ;
- un seuil de 80 pg TEQ/g de lipides plasmatiques pour la femme ayant dépassé l'âge habituel de la procréation et l'homme adulte (sur la base d'effets de type immunotoxique et métabolique).

Cependant, plusieurs incertitudes entourent ces valeurs :

- les connaissances scientifiques sont incomplètes ;
- les effets sanitaires retenus pour fixer ces valeurs ne sont pas spécifiques d'une exposition aux PCB et/ou aux PCDD/F. L'observation de tels effets peut avoir une cause autre que l'exposition aux PCB et/ou PCDD/F.

La comparaison de ces valeurs seuils avec les teneurs individuelles en PCB et/ou PCDD/F ne permet pas de prévoir si des troubles de santé vont apparaître chez l'enfant ou l'adulte en lien avec des teneurs sanguines individuelles élevées. **Il ne s'agit donc pas de seuils de dépistage.** D'ailleurs, il n'existe pas, en France, de protocole reconnu de suivi médical pour des personnes avec des teneurs sanguines élevées en PCB et/ou PCDD/F. De plus, très peu de pays ont proposé, à l'instar de la France, de valeurs d'imprégnation critiques (Canada : valeur unique de 900 ng de PCB totaux /g de matières grasses (Carrier *et al.* 2006), Autorité européenne de sécurité alimentaire : 1000 ng de PCB totaux /g de matières grasses (Efsa 2005)).

En cas de dépassement, il semble donc plus pertinent à ce jour d'adapter les **recommandations de consommation**.

Annexe III : Recommandations de consommation de poissons

Lancé en 2001, le PNNS (Programme national nutrition santé) est un plan de santé publique visant à améliorer l'état de santé de la population en agissant sur l'un de ses déterminants majeurs : la nutrition. Ce programme recommande la consommation de poissons au moins deux fois par semaine. Pour les femmes enceintes, il est recommandé de diversifier les espèces consommées et de consommer au moins une fois par semaine du poisson gras (saumon, maquereau, sardine, etc.).

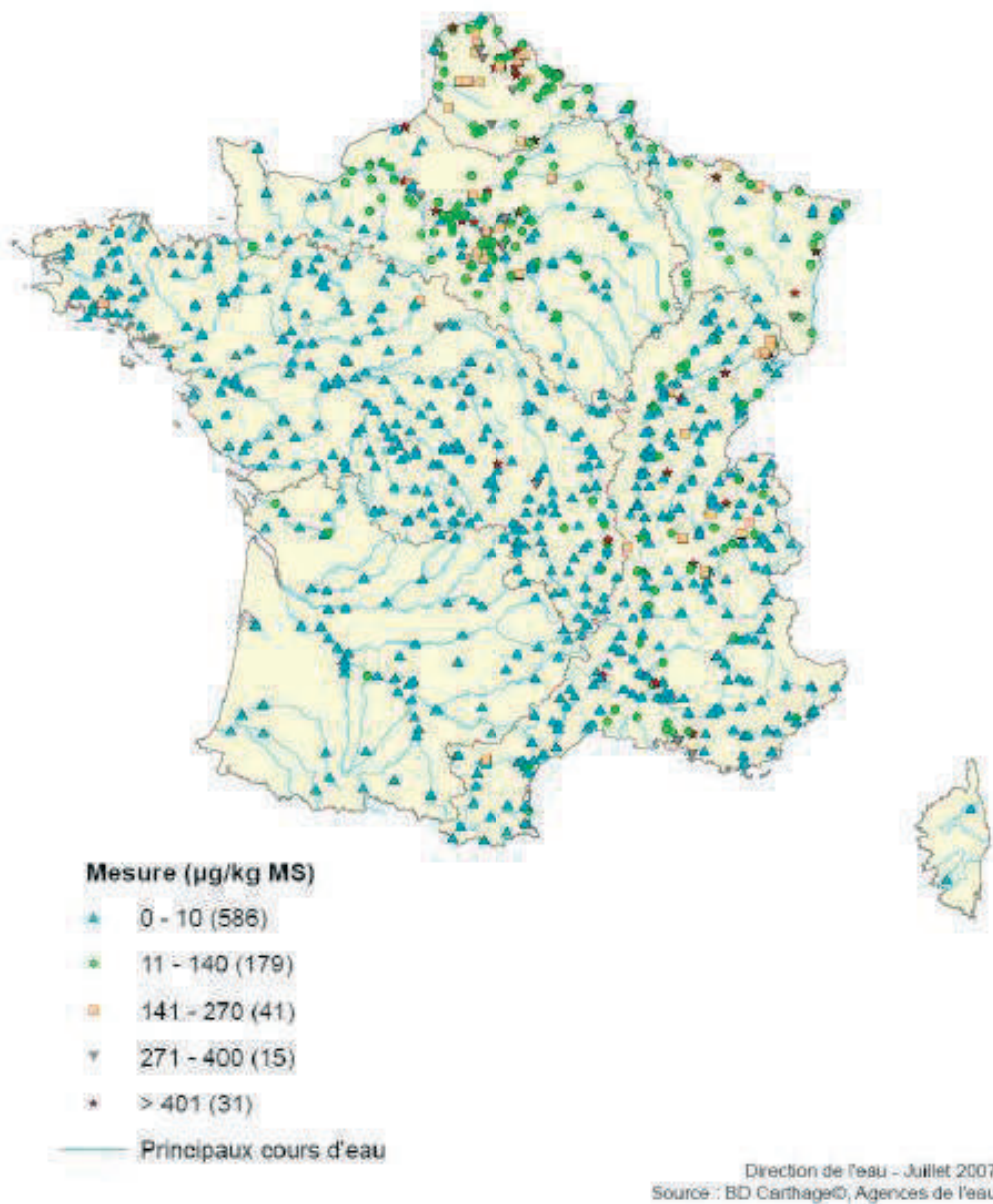
L'Anses a précisé ces recommandations en 2010 (Afssa 2010b). L'Agence se fonde sur l'approche traditionnelle utilisée en évaluation des risques sanitaires et basée sur l'exposition externe et sa comparaison avec des valeurs repères telles que les apports nutritionnels conseillés (ANC) pour le bénéfice lié aux nutriments et les valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour le risque lié aux contaminants chimiques. Afin de permettre une couverture optimale des besoins en nutriments tout en limitant le risque de surexposition aux contaminants, l'Anses recommande à l'ensemble de la population, dans le cadre d'une alimentation diversifiée, la consommation de deux portions de poissons par semaine, dont une à forte teneur en oméga 3 (poissons gras), en variant les espèces et les lieux d'approvisionnement.

S'agissant du risque lié aux PCB, il est conseillé aux femmes en âge de procréer, enceintes ou allaitantes ainsi qu'aux enfants de moins de 3 ans, aux fillettes et aux adolescentes d'éviter, à titre de précaution, la consommation de poissons dits bio-accumulateurs de PCB, notamment anguille, barbeau, brème, carpe ou silure. Pour le reste de la population, il est recommandé d'en limiter la consommation (cf. Annexe XVII).

Pour ce qui concerne le risque lié au méthylmercure, l'Anses recommande aux femmes enceintes ou allaitantes et aux enfants de moins de 3 ans, de limiter la consommation de poissons prédateurs sauvages et d'éviter, à titre de précaution, celle d'espadon, marlin, siki, requin et lamproie.

Annexe IV : Contamination des sédiments fluviaux et estuariens par les PCB - Données BNDE 2000-2005

Figure 20 : Données de contamination des sédiments en microgrammes par kilogramme de matières sèches (MS) (Ministère de l'écologie)



Annexe V : Description des sites et tronçons de l'étude

Tableau 50 : Sites et tronçons de l'étude

site	tronçon 1	tronçon 2	tronçon 3	tronçon 4
Seine	Département des Yvelines (78), des Hauts-de-Seine (92) La Seine entre Paris et Vernon	Département de l'Eure (27) La Seine entre Vernon et Rouen		Département de Seine-Maritime (76) La Seine entre Rouen et Lillebonne
Somme	Département de l'Aisne (02) La Somme entre Saint-Quentin et Ham (et le canal)	Département de la Somme (80) La Somme entre Ham et Péronne (et le canal)	Département de la Somme (80) La Somme entre Amiens et Abbeville (et le canal)	Département de la Somme (80) L'Ancre entre Albert et Amiens
Rhône	Département du Rhône (69) Le Rhône depuis Charvieu-Chavagneux jusqu'à Condrieu incluant Lyon	Département de l'Ain (01) La Reyssouze entre Bourg-en-Bresse et Pont-de-Vaux	Département de l'Isère (38) La Bourbre entre La Tour-du-Pin et Charvieu-Chavagneux	Départements de la Loire (42) et du Rhône (69) Le Gier entre Saint-Chamond et Givors
Rhin/Moselle	Département du Haut-Rhin (68) Le Grand Canal d'Alsace et le Rhin entre Saint-Louis et Neuf-Brisach	Département du Haut-Rhin (68) La Thur entre Thann et Ensisheim	Département du Bas-Rhin (67) L'Andlau et l'Ill entre Erstein et La Wantzenau	Département de la Moselle (57) La Moselle entre Metz et Sierck-les-Bains
Loire	Département de la Nièvre (58) et du Cher (18) La Loire depuis Decize jusqu'à la Charité-sur-Loire incluant Nevers (y compris le canal latéral à la Loire)	Département du Maine-et-Loire (49) La Loire entre Saumur et Angers	Département du Cher (18) Le Cher entre Saint-Amand-Montrond et Saint-Florent-sur-Cher	Département du Maine-et-Loire (49) Le Loir entre La Flèche et Angers
Garonne	Département du Lot-et-Garonne (47) La Garonne entre Aiguillon et Marmande (et le canal du Midi)	Département du Lot-et-Garonne (47) Le Lot entre Fumel et Aiguillon	Département de l'Ariège (09) L'Ariège entre Foix et Saverdun	Département de l'Ariège (09) L'Hers entre Lavelanet et Mazères

Annexe VI : Définition de la notion de consommateurs et de non consommateurs de poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs

Cette notion a été définie à partir d'une **étude dans les Grands Lacs américains** (Turyk *et al.* 2006). Dans cette région, les niveaux de contamination en PCB des poissons (saumon, truite, perche, carpe) étaient proches de ceux constatés dans les secteurs les plus contaminés en France²⁵. Cette étude mettait en évidence une différence d'imprégnation aux PCB entre consommateurs et non consommateurs de poissons d'environ 400 ng/g de matières grasses pour une consommation maximale de 40 fois par an. En faisant l'hypothèse d'une relation linéaire entre la consommation et l'imprégnation et pour mettre en évidence une différence d'imprégnation de 100 ng/g de matières grasses entre consommateurs et non consommateurs, **une fréquence minimale de consommation de 10 fois par an des poissons a été retenue pour la définition d'un consommateur régulier.**

Les poissons ont une capacité de bio-accumulation des PCB variable notamment selon leur teneur en matières grasses, leur positionnement dans la chaîne alimentaire, leur âge. Les poissons les plus gras et/ou vivant au contact des sédiments (poissons benthiques) sont ceux qui bio-accumulent le plus les PCB. **L'Anses a proposé de retenir comme poissons fortement bio-accumulateurs de PCB : l'anguille, le barbeau, la brème, la carpe, le silure** (Afssa 2009a). Aussi, c'est la consommation de ces espèces qui a permis de sélectionner les consommateurs de l'étude. Le **gardon** a également été intégré à cette liste pour la phase d'inclusion. En effet, il faisait partie des poissons faiblement bio-accumulateurs les plus contaminés et par ailleurs, au regard des informations disponibles, il était particulièrement consommé. Pour tenir compte de sa contamination plus faible, sa consommation a été pondérée par un facteur 3 dans l'estimation de la consommation des participants.

Enfin, afin de tenir compte de l'accumulation progressive des PCB dans l'organisme et des effets sur le long terme de ces substances, c'est la **consommation annuelle moyenne au cours des cinq dernières années** qui a été recherchée. Cette approche était aussi celle utilisée par Lee *et al.* (2007) et McGraw and Waller (2009).

Les cinq dernières années à prendre en compte pour l'estimation de la consommation étaient :

- **pour les pêcheurs amateurs** : les cinq années avant 2007 ou 2008 (en retenant l'année la plus ancienne d'adhésion comme point de départ) ;
- **pour les pêcheurs professionnels** : les cinq années avant la dernière année d'activité (2005 ou après).

Pour certains sites ou tronçons de l'étude, la mise en évidence de niveaux de contamination élevés dans les poissons d'eau douce a pu entraîner, dès 2006, des interdictions locales de pêche en vue de la commercialisation et de la consommation. C'était en particulier le cas des fleuves Rhône, Somme et Rhin ainsi que de leurs affluents dont une partie du linéaire a été sélectionnée pour l'étude. Ces interdictions locales ont pu modifier le comportement des consommateurs, entraînant une réduction de la consommation de toute ou partie des poissons d'eau douce. Toutefois, compte tenu de l'accumulation progressive des PCB dans l'organisme et de la lente élimination de ces substances, une diminution récente de la consommation ne pouvait s'accompagner d'une réduction simultanée des teneurs sanguines en PCB. Aussi, dans ces cas, pour la sélection des consommateurs et des non consommateurs, **les cinq années précédant l'interdiction éventuelle** ont servi de référence pour déterminer la consommation annuelle moyenne des poissons fortement bio-accumulateurs.

A titre d'exemple, pour le tronçon de la Somme situé entre Saint-Quentin et Ham, la pêche en vue de la commercialisation et de la consommation a été interdite en 2006. Pour ce tronçon, chaque participant était donc interrogé sur sa consommation annuelle moyenne de poissons fortement bio-accumulateurs au cours des cinq dernières années ayant précédé 2006.

²⁵ http://www.epa.gov/glnpo/monitoring/fish/contaminant_concentrations.html

La notion de consommateurs et de non consommateurs reposait sur la fréquence moyenne annuelle de consommation, au cours des cinq dernières années, des poissons fortement bio-accumulateurs de PCB pêchés par le pêcheur ou quelqu'un d'autre sur les sites de l'étude.

On distinguait les catégories suivantes :

- un **consommateur régulier** a consommé au moins 10 fois par an des poissons fortement bio-accumulateurs ;
- un **consommateur intermédiaire** a consommé entre 7 et moins de 10 fois par an des poissons fortement bio-accumulateurs ;
- un **consommateur occasionnel** a consommé entre plus de 2 et moins de 7 fois par an des poissons fortement bio-accumulateurs ;
- un **non consommateur** a consommé au plus 2 fois par an des poissons fortement bio-accumulateurs.

Annexe VII : Professions considérées comme exposant ou ayant pu exposer aux PCB

Activités professionnelles :

- production et destruction des PCB ;
- dragage de sédiments contaminés par des PCB ;
- fabrication, entretien et destruction de transformateurs ou de condensateurs électriques ;
- démolition de bâtiments, en particulier d'installations industrielles ;
- fabrication, entretien et destruction de systèmes d'échange de chaleur utilisant des PCB comme fluides caloporteurs ou comme fluides hydrauliques ;
- fabrication, entretien et destruction de pompes à vide utilisant des PCB ;
- production, utilisation de lubrifiants, de peintures, d'encres, de colles, de revêtements de surface, etc., contenant des PCB ;
- travail dans une unité d'incinération de déchets ménagers, hospitaliers ou industriels ;
- travail dans une décharge de déchets industriels ou ménagers ;
- lutte contre les incendies ;
- exposition accidentelle aux PCB du fait de la fuite, de l'explosion ou de l'incendie de systèmes clos en contenant.

Annexe VIII : Courriers d'information des participants



NOM PRENOM
ADRESSE
ADRESSE2
CP COMMUNE

Paris, le XX/XX 2009

A la demande du Ministère chargé de la santé, l'AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments) et l'InVS (Institut de veille sanitaire) lancent une étude nationale pour mesurer l'exposition aux polychlorobiphényles (PCB) des foyers de pêcheurs consommateurs ou non consommateurs de poissons de rivière.

Pour faciliter la réalisation de cette étude, confiée à l'Institut de Sondages Lavalie (ISL), l'AFSSA a fait appel à la Fédération nationale de la pêche en France (FNPF). La FNPF a répondu favorablement à cette demande, par souci de bonne information de ses adhérents et pour contribuer aux progrès de la connaissance scientifique.

Plusieurs cours d'eau français sont aujourd'hui pollués par les PCB (le Rhône, la Somme, la Seine). Les poissons peuvent également être contaminés. Cette étude nationale permettra de mesurer l'exposition éventuelle des consommateurs de poissons de rivière aux PCB par la mesure des teneurs sanguines en PCB et de la comparer à celle de non consommateurs.

En tant que détenteur(trice) d'une carte de pêche et adhérent(e) à une Association Agréée de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA), vous êtes éligible pour participer à cette étude. Bien entendu, votre participation n'est pas obligatoire. Toutefois, elle est extrêmement précieuse car elle contribuera à l'effort de recherche en santé publique.

Aussi, l'AAPPMA dont vous dépendez mettra vos coordonnées personnelles¹ à disposition de l'ISL. Celles-ci seront utilisées dans le strict cadre de l'étude. Si vous ne souhaitez pas participer à cette étude et si vous ne souhaitez pas que vos coordonnées soient transmises, vous pouvez le faire savoir en appelant au numéro vert suivant :

Ensuite et sauf avis contraire de votre part sous huit jours après réception de ce courrier, un enquêteur de l'ISL vous contactera par téléphone, pendant un quart d'heure environ, afin de s'assurer que vous, ou l'un des membres de votre foyer, pouvez participer à l'étude. Il recueillera votre (ou son) accord de participation.

Cet appel téléphonique sera suivi d'un entretien d'une heure environ à votre domicile sur vos (ou ses) habitudes de consommation alimentaire, en particulier de poissons d'eau douce. Enfin, vous, ou la personne de votre foyer retenue, serez convié à réaliser un prélèvement sanguin dans un laboratoire d'analyses médicales à proximité de chez vous ou à votre domicile.

Pour de plus amples informations sur cette étude, je vous invite à consulter le site de l'AFSSA : <http://www.afssa.fr> ou de l'InVS : <http://www.invs.sante.fr> ou, si besoin, à poser toutes les questions souhaitées en contactant le numéro vert précité. Vous trouverez également les principaux renseignements relatifs à cette étude dans la plaquette jointe.

Je vous remercie par avance du temps que vous voudrez bien consacrer à cette étude nationale de santé publique et vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes meilleures salutations.

Le Président de la Fédération Nationale de Pêche en France,



Claude ROUSTAN

¹ nom, prénom, âge, coordonnées postales et téléphoniques, type de carte d'adhésion.

Conformément à la loi «Informatique et libertés» du 6 janvier 1978, vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification à vos informations personnelles. Pour exercer ce droit et obtenir communication des informations vous concernant, vous pouvez vous adresser à l'ISL au numéro vert suivant. Vous pouvez également vous opposer à la transmission et au traitement de vos données par signalement au même numéro vert.



NOM PRENOM
ADRESSE
ADRESSE2
CP COMMUNE

Paris, le XX/XX 2009

Madame, Monsieur,

A la demande du Ministère chargé de la santé, l'Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments) et l'InVS (Institut de veille sanitaire) conduisent une étude nationale pour mesurer l'exposition aux polychlorobiphényles (PCB) des foyers de pêcheurs de poissons de rivière.

Pour faciliter la réalisation de cette étude, confiée à l'Institut de Sondages Lavielle (ISL), l'Afssa a fait appel au Comité national de la pêche professionnelle en eau douce (CONAPPED). Le CONAPPED a répondu favorablement à cette demande, par souci de bonne information de ses adhérents et pour contribuer aux progrès de la connaissance scientifique.

Plusieurs cours d'eau français sont aujourd'hui pollués par les PCB (le Rhône, la Somme, la Seine). Les poissons peuvent également être contaminés. Cette étude nationale permettra de mesurer l'exposition éventuelle des consommateurs de poissons d'eau douce aux PCB par la mesure des teneurs sanguines en PCB et de la comparer à celle de non consommateurs.

En tant qu'adhérent(e) à une association agréée de pêche professionnelle, vous êtes éligible pour participer à cette étude. Bien entendu, votre participation n'est pas obligatoire. Toutefois, elle est extrêmement précieuse car elle contribuera à l'effort de recherche en santé publique.

Aussi, le CONAPPED dont vous dépendez mettra vos coordonnées personnelles¹ à disposition de l'ISL. Celles-ci seront utilisées dans le strict cadre de l'étude. Si vous ne souhaitez pas participer à cette étude et si vous ne souhaitez pas que vos coordonnées soient transmises, vous pouvez le faire savoir en appelant au numéro vert suivant :

Ensuite et sauf avis contraire de votre part sous huit jours après réception de ce courrier, un enquêteur de l'ISL vous contactera par téléphone, pendant un quart d'heure environ, afin de s'assurer que vous, ou l'un des membres de votre foyer, pouvez participer à l'étude. Il recueillera votre (ou son) accord de participation.

Cet appel téléphonique sera suivi d'un entretien d'une heure environ à votre domicile sur vos (ou ses) habitudes de consommation alimentaire, en particulier de poissons d'eau douce. Enfin, vous, ou la personne de votre foyer retenue, serez convié à réaliser un prélèvement sanguin dans un laboratoire d'analyses médicales à proximité de chez vous ou à votre domicile.

Pour de plus amples informations sur cette étude, je vous invite à consulter le site de l'Afssa : <http://www.afssa.fr> ou de l'InVS : <http://www.invs.sante.fr> ou, si besoin, à poser toutes les questions souhaitées en contactant le numéro vert précité. Vous trouverez également les principaux renseignements relatifs à cette étude dans le document joint.

Je vous remercie par avance du temps que vous voudrez bien consacrer à cette étude nationale de santé publique et vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes meilleures salutations.

Le Président du Comité national
de la pêche professionnelle en eau douce,

Philippe BOISNEAU

¹ nom, prénom, âge, coordonnées postales et téléphoniques.

Conformément à la loi «Informatique et libertés» du 6 janvier 1978, vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification à vos informations personnelles. Pour exercer ce droit et obtenir communication des informations vous concernant, vous pouvez vous adresser à l'ISL au numéro vert suivant. Vous pouvez également vous opposer à la transmission et au traitement de vos données par signalement au même numéro vert.

Annexe IX : Plaquette d'information de l'étude





afssa

AGENCE FRANÇAISE
DE SÉCURITÉ SANITAIRE
DES ALIMENTS



INSTITUT
DE VEILLE SANITAIRE

CONSOMMATION DE POISSONS D'EAU DOUCE ET IMPRÉGNATION AUX PCB

LANCEMENT D'UNE ÉTUDE NATIONALE

- > Les polychlorobiphényles ou PCB sont des composés chimiques potentiellement dangereux pour l'Homme sur le long terme. Ils sont interdits en France depuis 1987.
- > Cette étude permettra de définir, selon les espèces de poisson et par population cible, des fréquences de consommation sans danger pour l'Homme.

- > Ces dérivés chlorés sont persistants dans l'environnement et peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire en particulier dans certains poissons de plusieurs cours d'eau français.

Les consommateurs de poissons de rivière ont-ils été plus exposés aux PCB que la population générale?

- > Pour répondre à cette question, le **ministère chargé de la Santé** finance une étude nationale dite « d'imprégnation » coordonnée par l'**Agence française de sécurité sanitaire des aliments**, en collaboration avec l'**Institut de veille sanitaire**.

- > L'étude a débuté en **mars 2009**. Elle concerne les foyers de **pêcheurs amateurs** sur six zones de pêche ainsi que, depuis novembre, les foyers de **pêcheurs professionnels** sur ces sites. Plusieurs mois de collecte et d'analyse des données sont nécessaires. Les recommandations détaillées seront disponibles en février 2011.

- > Cette étude s'intègre plus largement dans le **plan national d'actions sur les PCB** lancé en février 2008 par les ministères chargés de l'Écologie, de l'Agriculture et de la Santé pour une meilleure gestion des risques liés aux PCB.



REPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
ET DES SOLIDES



FÉDÉRATION NATIONALE
PÊCHE





ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques



LES PCB EN BREF

Les PCB, également connus sous le nom de pyralène, ont été produits par l'Homme pour la première fois en 1929. Ils ont été largement utilisés dans l'industrie jusqu'aux années 80, notamment comme isolants électriques. Leur utilisation est aujourd'hui complètement interdite en France et dans de nombreux pays.

- > Les PCB sont **persistants et s'accumulent dans l'environnement** (dans les sols, les sédiments et les animaux).
- > L'homme est exposé aux PCB essentiellement par la consommation de produits gras d'origine animale : poissons, viandes et produits laitiers. Toute la population française est exposée à d'infimes quantités de PCB par

l'alimentation générale. L'exposition d'une partie de la population dépasse les doses journalières tolérables actuelles⁽¹⁾.

> Les connaissances scientifiques actuelles sur l'effet sanitaire des PCB sur l'homme sont encore incomplètes. Aujourd'hui, il est avéré que la toxicité des PCB est essentiellement liée à leur accumulation dans l'organisme **sur le long terme. Ainsi, l'exposition ponctuelle aux PCB par l'intermédiaire d'un aliment très contaminé n'aura pas d'impact sur la santé.**

En revanche, pour des niveaux d'exposition faibles mais sur le long terme, les principaux effets critiques mis en évidence sont des effets sur le développement mental et moteur chez le jeune enfant exposé pendant la grossesse et l'allaitement. Des effets ont également été mis en évidence sur le foie chez l'adulte. Les PCB sont reconnus comme probablement cancérigènes pour l'homme⁽²⁾. Par ailleurs, des

effets toxiques ont été identifiés chez des populations fortement exposées professionnellement ou à l'occasion d'un accident (effets sur la peau, le système nerveux, le foie, le système immunitaire, le système endocrinien, la reproduction et le développement).

> Les teneurs sanguines en PCB sont le reflet des **expositions cumulées et passées** des individus. Elles dépendent principalement de l'âge, de la corpulence et du régime alimentaire.

Aujourd'hui, les connaissances scientifiques sont encore insuffisantes pour définir précisément des teneurs sanguines à partir desquelles des risques pour la santé pourraient exister.



⁽¹⁾ La dose journalière tolérable est la quantité de substance qui peut être quotidiennement ingérée par le consommateur, tout au long de sa vie, sans effets néfastes pour sa santé.

⁽²⁾ Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé les PCB comme cancérigènes probables (groupe 2A) chez l'homme (niveau de preuves limité chez l'homme mais niveau de preuves suffisant chez l'animal).



POURQUOI CETTE ÉTUDE ET OÙ VA-T-ELLE SE DÉROULER ?

LES PRINCIPAUX OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

- > Mesurer et comparer l'imprégnation, c'est-à-dire les teneurs sanguines en PCB chez des **consommateurs** et des **non consommateurs de poissons de rivière dans des zones de pêche contaminées et des zones de pêche non contaminées par les PCB**. Les dioxines, proches des PCB par leur structure chimique et leurs effets sur la santé, sont également mesurées dans le cadre de cette étude.
- > Identifier la contribution des poissons d'eau douce à l'imprégnation (par rapport aux autres aliments susceptibles de contenir aussi des PCB) et définir, selon les espèces de poisson et par population cible, des **fréquences de consommation sans danger** pour l'homme, comme au Canada ou aux États-Unis.



LES ZONES D'ÉTUDES

L'étude concerne au total 900 km de cours d'eau de niveaux de contamination en PCB variables et représentatifs de la situation générale des cours d'eau en France.

Elle se déroule sur six zones de pêche différentes :



4 zones contaminées par les PCB : sur des secteurs de la Seine, la Somme, le Rhône, le Rhin et leurs affluents ;

2 zones non contaminées par les PCB : sur des secteurs de la Loire, la Garonne et leurs affluents.

Source : BD Carthage, Afssa

QUI EST CONCERNÉ ET EN QUOI CONSISTE LA PARTICIPATION ?



L'étude est réalisée auprès de 900 foyers de pêcheurs amateurs ou professionnels, adhérents à une Association agréée de pêche et de protection des milieux aquatiques (AAPPMA) ou à une Association agréée de pêche professionnelle, située dans l'une des zones de pêche de l'étude. Environ 100 associations et 20 fédérations départementales ou inter-départementales de pêche sont impliquées, sous la coordination de la Fédération nationale de la pêche en France (FNPF) pour les pêcheurs amateurs et du Comité national de la pêche professionnelle en eau douce (CONAPPED) pour les pêcheurs professionnels.

Chaque foyer de pêcheur résidant dans l'une des zones de pêche de l'étude peut être sollicité pour y participer, après **tirage au sort aléatoire** pour garantir la qualité scientifique du protocole de l'étude. Le pêcheur et/ou l'un des membres adultes de son foyer sera retenu pour participer à l'étude.

Les personnes contactées ne sont pas obligées d'accepter. Toutefois, cette participation est extrêmement précieuse car elle contribue à l'effort de recherche en santé publique.

Cette étude a débuté en mars 2009. L'exploitation des données par l'Afssa et l'InVS démarrera en 2010 et se poursuivra jusqu'en 2011. Il s'agira d'étudier la relation entre la consommation et le niveau de contamination de poissons d'eau douce d'une part, et les teneurs sanguines en PCB et dioxines des participants de l'étude, d'autre part. Les résultats individuels seront communiqués aux participants en 2011.

Les participants sont invités à :

> décrire, lors d'un premier contact téléphonique avec le pêcheur, leurs habitudes de pêche et de consommation de poissons pêchés, ainsi que celles des membres de leur foyer ;

> décrire plus en détail leurs habitudes alimentaires et leur environnement de vie lors d'un entretien à domicile ;

> se prêter à un examen de santé (qui pourra être effectué soit dans le laboratoire d'analyses médicales le plus proche soit directement à domicile). Cet examen comprend une appréciation de l'état général de santé ainsi qu'une prise de sang pour mesurer les teneurs en PCB et dioxines.

L'Institut de Sondages Lavalie (ISL) est chargé de la réalisation de cette partie de l'étude.

L'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) complète cette étude par la mesure des teneurs en PCB et dioxines dans des poissons prélevés sur les six zones de pêche de l'étude.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Site internet Afssa :
www.afssa.fr

Site internet InVS :
www.invs.sante.fr

Site internet du ministère
chargé de la Santé :
www.sante.gouv.fr



CONFIDENTIALITÉ ET DROIT D'ACCÈS

Toutes les données collectées dans le cadre de cette étude sont strictement confidentielles. Conformément à l'article 40 de la loi « informatique et libertés » du 7 août 2004, les participants disposent d'un droit d'accès, de rectification et de suppression des données les concernant pendant toute la durée de cette étude.

Annexe X : Description détaillée des étapes de l'étude

FILTRE TELEPHONIQUE

Cette première étape permettait de sélectionner les membres des foyers de pêcheurs éligibles. Le questionnaire téléphonique se divisait en deux parties. A l'exception des différences mentionnées ci-dessous, les mêmes questionnaires ont été utilisés pour les foyers de pêcheurs amateurs et de pêcheurs professionnels.

La première partie, avec le pêcheur, permettait de vérifier l'éligibilité du foyer : le pêcheur devait pratiquer ou avoir récemment pratiqué sur l'un des tronçons du site pour lequel il était retenu.

En effet, les associations géographiquement domiciliées à proximité des tronçons sélectionnés pour l'étude ont été sollicitées pour établir la liste des pêcheurs de la base de sondage. Or, l'adhésion par un pêcheur à une association ne garantissait pas qu'il pratiquait effectivement la pêche sur le tronçon sélectionné. Dans plusieurs départements, il existait des accords de réciprocité entre fédérations et associations de pêche qui permettaient aux pêcheurs de pratiquer y compris dans des cours d'eau traversant des départements voisins ou plus éloignés de leur domicile.

L'enquêteur vérifiait tout d'abord que le pêcheur du foyer était adhérent d'une association de pêche en 2007 ou 2008 dans le cas des pêcheurs amateurs ou qu'il avait bien exercé après 2005 dans le cas des pêcheurs professionnels. Ensuite, l'enquêteur énumérait chacun des tronçons retenus pour l'étude (en citant le cours d'eau et deux villes principales délimitant géographiquement le tronçon, cf. Annexe V) et vérifiait avec le pêcheur qu'il pratiquait sur au moins l'un d'entre eux. Pour cette phase, l'enquêteur disposait d'une carte géographique avec le nom des principales communes afin de faciliter les échanges avec le pêcheur. La pêche dans des étangs était prise en compte, uniquement si ces étangs étaient directement alimentés par la zone de pêche étudiée. Lorsque le pêcheur du foyer ne pratiquait pas sur au moins l'un des tronçons sélectionnés pour l'étude, l'ensemble de son foyer était exclu.

Dans le cas contraire, l'enquête téléphonique se poursuivait par des questions sur les habitudes de pêche et de consommation récentes des poissons d'eau douce pêchés sur les tronçons et en dehors des tronçons de l'étude. Les questions étaient posées pour l'ensemble des poissons d'eau douce, sans distinction des différents types d'espèces. La non consommation par le pêcheur ne constituait pas un motif d'exclusion du foyer, en effet, il n'apportait pas d'information sur les habitudes des autres membres du foyer. Le pêcheur était également interrogé sur le nombre d'années depuis lesquelles il pêchait, sur les motifs de choix d'un site de pêche et, le cas échéant, sur les motifs de non consommation des poissons d'eau douce.

La deuxième partie, avec le pêcheur du foyer puis avec les membres du foyer potentiellement éligibles, permettait de vérifier leur éligibilité, en particulier sur la consommation des poissons fortement bio-accumulateurs pêchés sur les sites de l'étude.

L'enquêteur interrogeait d'abord le pêcheur du foyer sur sa propre consommation ainsi que celle de l'ensemble des membres du foyer de 18 à 75 ans. Les questions portaient sur la fréquence annuelle moyenne de consommation, au cours des cinq dernières années (le cas échéant en tenant compte de l'année d'interdiction de commercialisation et de consommation des poissons, cf. Annexe VI). Chacun des poissons fortement bio-accumulateurs (anguille, barbeau, brème, carpe, silure) ainsi que le gardon, pêchés par le pêcheur ou quelqu'un d'autre, sur l'un des tronçons de l'étude faisait l'objet d'une question séparée. Pour chaque individu, la consommation totale annuelle moyenne correspondait à la somme des fréquences de consommation de chaque poisson. Dans le cas du gardon, afin de tenir compte du niveau de contamination plus faible de cette espèce, la fréquence de consommation était divisée par trois avant d'être additionnée à celles des autres poissons.

Les mêmes questions étaient ensuite posées à chacun des membres du foyer éligibles afin de confirmer sa consommation de poissons fortement bio-accumulateurs. En cas de divergence avec les réponses apportées par le pêcheur lui-même, les réponses individuelles étaient finalement prises en compte pour la poursuite de la phase d'inclusion car elles étaient considérées comme plus fiables.

Pour les personnes éligibles par rapport à leur consommation, **l'éligibilité des participants au regard de leur état de santé ainsi que de leur exposition professionnelle ou accidentelle aux PCDD/F et PCB était vérifiée** avant de poursuivre l'inclusion et conformément aux critères

d'exclusion retenus (cf. paragraphe 3.3.2.3). Enfin, l'enquêteur s'assurait auprès de chaque personne éligible, qu'elle acceptait de participer à l'ensemble des étapes d'inclusion de l'étude, y compris la réalisation d'une prise de sang. En cas de réponse positive, il était convenu d'une date de rendez-vous avec un enquêteur pour la deuxième phase de l'étude.

ENQUETE A DOMICILE

Le même questionnaire était utilisé pour les participants issus de foyers de pêcheurs amateurs ou professionnels.

Les sources d'exposition aux PCB sont nombreuses et essentiellement de type alimentaire (poissons, viandes, œufs, produits laitiers, etc.). D'autres facteurs de type sociodémographiques et anthropométriques peuvent aussi expliquer une augmentation ou une diminution de l'imprégnation aux PCB, par exemple l'âge, l'IMC, la pratique de l'allaitement. Pour tenir compte de l'effet propre de la consommation de poissons d'eau douce fortement bio-accumulateurs de PCB sur l'imprégnation sanguine, il était nécessaire de **considérer l'ensemble des autres facteurs pouvant influencer l'imprégnation aux PCB. L'objectif du questionnaire d'enquête en face-à-face était de recueillir l'ensemble de ces informations.**

Avant le démarrage du questionnaire, l'enquêteur demandait au participant de confirmer les réponses apportées par téléphone sur sa consommation annuelle moyenne des poissons fortement bio-accumulateurs et sur son acceptation de participer aux différentes phases de l'enquête, jusqu'à la prise de sang.

Le questionnaire d'enquête se divisait ensuite en deux parties.

La première partie permettait de recueillir des informations sur l'ensemble des pratiques alimentaires du participant afin d'estimer l'exposition aux PCB par la voie alimentaire.

Le participant était interrogé sur sa fréquence annuelle moyenne de consommation :

- de l'ensemble des **poissons d'eau douce** pêchés par le pêcheur ou quelqu'un d'autre **sur les sites et tronçons de l'étude** (19 poissons distincts : les poissons fortement bio-accumulateurs + autres poissons) (l'enquêteur dispose des cartes des tronçons afin de s'assurer de la bonne compréhension par le pêcheur ou le membre de son foyer) ;
- de **poissons d'eau douce** pêchés par le pêcheur ou quelqu'un d'autre **en dehors des sites et tronçons de l'étude** (19 poissons distincts) ;
- de **poissons d'eau de mer** (19 poissons distincts) ;
- de différents types de **viande** ;
- d'**œufs** ;
- de **plats garnis, composés ou fourrés** (de type pizzas, tartes salées, etc.) ;
- de **lait et de produits laitiers non écrémés** (fromage, yaourts, entremets, glaces) ;
- de **matières grasses animales** ;
- de **matières grasses végétales** ;
- de **fruits et légumes** ;
- de **biscuits et gâteaux**.

Le participant était interrogé sur ses fréquences annuelles moyennes de consommation en général, sauf pour les poissons d'eau douce pêchés sur les sites et tronçons de l'étude. Dans ce dernier cas, pour tenir compte de l'accumulation progressive des PCB et de leur lente élimination, les questions portaient sur les fréquences annuelles moyennes au cours des cinq dernières années (cf. Annexe VI).

Pour chacun des items précédents, il était calculé un **indicateur de consommation** pour le groupe d'aliments considéré qui correspondait à la **somme des fréquences annuelles de consommation de l'individu**. Pour la consommation des poissons d'eau douce, il était distingué les poissons fortement bio-accumulateurs et faiblement bio-accumulateurs.

Le participant était également interrogé sur sa pratique de l'**autoconsommation** des œufs et des volailles. En effet, cette pratique, combinée à l'épandage de cendres de cheminée ou de feu de jardin sur le parcours des volailles, pouvait être à l'origine d'une exposition aux PCDD/F.

La deuxième partie permettait de recueillir des informations sociodémographiques afin de tenir compte de l'ensemble des facteurs pouvant influencer l'imprégnation aux PCB.

Dans cette partie, les questions portaient sur :

- l'âge ;
- le sexe ;
- la masse du participant (en kg) ;
- la prise ou la perte de poids d'au moins 5 kg au cours des 5 dernières années ;
- la taille (en cm) ;
- le statut tabagique (fumeur, ex-fumeur, non fumeur) et la durée de consommation de tabac ;
- la prise régulière de médicaments pour le traitement d'un diabète ou d'un niveau de cholestérol élevé (traitement des troubles du métabolisme lipidique) ;
- les pratiques d'allaitement des femmes ayant eu des enfants ;
- le niveau d'étude et la catégorie socioprofessionnelle du participant ;
- le niveau d'étude et la catégorie socioprofessionnelle du chef de famille.

L'indice de masse corporelle (IMC) a été calculé à partir de la masse et de la taille de chaque individu selon la formule suivante : $IMC = \text{poids}/\text{taille}^2$ (kg/m²). Le surpoids et l'obésité ont été estimés en fonction des normes internationales (WHO World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Geneva: WHO/NUT/NCD/98.1 ; 1997 3-5 June 1997. Report of a WHO Consultation on Obesity (WHO 1997)) : le surpoids a été défini pour les valeurs d'IMC supérieures ou égales à 25 kg/m² mais inférieures à 30, alors que l'obésité correspondait aux valeurs supérieures ou égales à 30 kg/m².

Annexe XI : Questionnaire du filtre téléphonique

AVEC LE PECHEUR DU FOYER

Tout d'abord, nous allons aborder vos habitudes de pêche et de consommation des poissons pêchés. Etiez-vous détenteur d'une carte de pêche :

- 1 / ... en 2007
- 2 / ... en 2008
- 3 / ... en 2007 ET en 2008
- 4 / [non, détenteur ni en 2007, ni en 2008]

Lorsque vous étiez détenteur d'une carte de pêche en 2007, de quel type de carte de pêche s'agissait-il ?

- 1 / Carte de pêche « personne majeure »
- 2 / Autre

Remarque :

L'enquêteur s'assurait que le pêcheur amateur avait pratiqué au moins sur l'un des tronçons du site pour lequel il avait été retenu avant de poursuivre l'enquête (pour le pêcheur professionnel : il s'assurait qu'il avait bien exercé sur au moins l'un des tronçons entre 2005 et 2009). S'il n'avait pêché sur aucun site, le foyer chutait et l'enquête était stoppée.

Dans la suite du questionnaire, l'exemple pris est celui d'un pêcheur amateur ayant adhéré en 2007 sur la Reyssouze (entre Bourg-en-Bresse et Pont-de-Vaux) ou ayant exercé la pêche professionnelle jusqu'en 2007.

En 2007, combien de fois avez-vous consommé les poissons que vous avez pêchés sur la Reyssouze entre Bourg-en-Bresse et Pont-de-Vaux?

- 1 / jamais
- 2 / 1 à 2 fois
- 3 / 3 à 4 fois
- 4 / 5 à 6 fois
- 5 / 7 à 8 fois
- 6 / 9 à 10 fois
- 7 / 10 fois et plus

Toujours sur cette zone pour les poissons que vous avez pêchés, au cours des 5 années ayant précédé 2007, avez-vous consommé en moyenne chaque année...

- 1 / ...plus qu'en 2007
- 2 / ...moins qu'en 2007
- 5 / ...autant

En 2007, avez-vous consommé des poissons pêchés par d'autres personnes que vous (amis, famille, restaurant, etc.) sur la Reyssouze entre Bourg-en-Bresse et Pont-de-Vaux ?

- 1 / Oui
- 2 / Non

En 2007, combien de fois avez-vous consommé les poissons pêchés par d'autres personnes que vous (amis, famille, restaurant, etc.) sur la Reyssouze entre Bourg-en-Bresse et Pont-de-Vaux ?

- 1 / jamais
- 2 / 1 à 2 fois

- 3 / 3 à 4 fois
- 4 / 5 à 6 fois
- 5 / 7 à 8 fois
- 6 / 9 à 10 fois
- 7 / 10 fois et plus

En 2007, avez-vous pêché sur d'autres zones que la Reyssouze entre Bourg-en-Bresse et Pont-de-Vaux ?

- 1 / Oui
- 2 / Non

En 2007, à combien d'endroits différents, autres que la Reyssouze entre Bourg-en-Bresse et Pont-de-Vaux, dans le département ou hors département avez-vous pêché ?

En 2007, combien de fois avez-vous pêché sur ce ou ces endroits ?

- 1 / Occasionnellement (1 fois par an)
- 2 / 2 à 3 fois par an
- 3 / 1 fois par mois
- 4 / 2 à 3 fois par mois
- 5 / 1 fois par semaine
- 6 / 2 à 3 fois par semaine
- 7 / Plus de 3 fois par semaine

En 2007, combien de fois avez-vous consommé les poissons que vous avez pêchés sur ce ou ces endroits ?

- 1 / jamais
- 2 / 1 à 2 fois
- 3 / 3 à 4 fois
- 4 / 5 à 6 fois
- 5 / 7 à 8 fois
- 6 / 9 à 10 fois
- 7 / 10 fois et plus

En 2007, combien de fois avez-vous consommé les poissons que vous avez pêchés quelque soit l'endroit ?

- 1 / jamais
- 2 / 1 à 2 fois
- 3 / 3 à 4 fois
- 4 / 5 à 6 fois
- 5 / 7 à 8 fois
- 6 / 9 à 10 fois
- 7 / 10 fois et plus

Quelles sont les deux raisons principales pour lesquelles vous ne consommez pas les poissons que vous pêchez ?

- 1 / je n'aime pas manger le poisson en général
- 2 / je n'aime pas les espèces de poissons que je pêche
- 3 / les cours d'eau et les poissons sont contaminés
- 4 / il y a des interdictions de consommation dans la ou les zones où je pêche
- 5 / je pratique le No Kill
- 6 / Autre raison (préciser)
- 7 / [Aucune]

- 8 / je ne sais pas cuisiner les poissons d'eau douce
- 9 / je pêche par plaisir

Quelles sont les deux raisons principales qui motivent vos choix d'un lieu de pêche ?

- 1 / La proximité du lieu d'habitation
- 2 / L'habitude (depuis mes débuts en pêche)
- 3 / Les rencontres avec les amis/ la famille
- 4 / Lieu poissonneux
- 5 / La pureté de l'eau
- 6 / La qualité de l'environnement
- 7 / Autre raison (préciser)
- 8 / [Aucune]
- 9 / Les concours
- 10 / L'accessibilité du lieu de pêche

Depuis quand pratiquez-vous la pêche en eau douce ?

- 1 / Moins d'un an
- 2 / Entre 1 et 2 ans
- 3 / Entre 3 et 5 ans
- 4 / Entre 6 et 10 ans
- 5 / Plus de 10 ans

Avez-vous pêché en 2007, quelque soit l'endroit ?

- 1 / des Ablettes
- 2 / de l'Anguille
- 3 / du Barbeau
- 4 / du Black-bass
- 5 / de la Brème
- 6 / du Brochet
- 7 / du Carassin
- 8 / de la Carpe
- 9 / du Chevesne
- 10 / des Gardons
- 11 / du Goujon
- 12 / du Hotu
- 13 / de la Perche
- 14 / du Poisson chat
- 15 / du Sandre
- 16 / du Silure
- 17 / de la Tanche
- 18 / de la Truite
- 19 / de la Vandoise
- 20 / d'autres espèces de poissons

Réponses possibles pour chacun des poissons ci-dessus

- 1 / Oui
- 2 / Non

En général, que faites-vous du poisson non consommé immédiatement que vous avez pêché ?

- 1 / Vous le congelez nature ou cuisiné
- 2 / Vous le donnez à d'autres personnes (famille, amis, etc.)
- 3 / Vous le remettez à l'eau
- 4 / [Aucun de ces cas]
- 5 / [non concerné, car il/elle ne pêche que ce dont il a besoin]

AVEC CHACUN DES MEMBRES DE 18/75 ANS DU FOYER

Quel est votre sexe ?

- 1 / Homme
- 2 / Femme

Quelle est votre année de naissance ?

Au cours des 5 années ayant précédé 2007 combien de fois avez-vous consommé en moyenne chaque année de l'ANGUILLE pêchée par vous ou quelqu'un d'autre, sur la Reyssouze entre Bourg-en-Bresse et Pont-de-Vaux?

- 1 / Jamais
- 2 / 1 à 2 fois par an
- 3 / 3 à 4 fois par an
- 4 / 5 à 6 fois par an
- 5 / 7 à 8 fois par an
- 6 / 9 à 10 fois par an
- 7 / ou plus de 10 fois par an

Remarque : question également posée pour : le barbeau, la brème, la carpe, le silure et le gardon.

Avant de continuer, j'ai besoin de vous poser quelques questions sur votre état de santé, afin de vérifier qu'il n'y a pas de contre-indications pour faire cette prise de sang. Ces informations sont strictement confidentielles et n'ont d'autre intérêt que de s'assurer de votre possibilité de participer à la suite de l'étude.

- 1 / Etes-vous à la sécurité sociale ?
- 2 / Etes-vous enceinte ou allaitez-vous ?
- 3 / Avez-vous une maladie en évolution s'accompagnant d'une hypertension, avec une tension supérieure à 20/11 (une pression systolique supérieure à 200 mmHg ou une pression diastolique supérieure à 110 mmHg) ?
- 4 / Avez-vous une hypotension avec une tension inférieure à 10 (une pression systolique inférieure à 100 mmHg) ?
- 5 / Etes-vous atteint(e) de troubles du rythme cardiaque ou avez-vous souffert d'une thrombose artérielle ou de phlébites récidivantes (ex : antécédent d'infarctus du myocarde, angine de poitrine, pontage aortocoronarien, etc.) ?
- 6 / Souffrez-vous d'une anémie sévère (pâleur, tachycardie, pulsation au repos supérieure à 100 battements/minute, essoufflement) ?
- 7 / Souffrez-vous d'ictère (jaunisse) ?
- 8 / Etes-vous atteint d'hémophilie ?
- 9 / Etes-vous atteint d'un diabète de type 1 ?
- 10 / Etes-vous atteint d'une autre maladie grave non citée précédemment qui nécessite un traitement médical lourd non compatible avec la réalisation d'une prise de sang ?
 - 1 / Oui
 - 2 / Non

Annexe XII : Questionnaire d'enquête à domicile

AU MEMBRE DU FOYER SELECTIONNE

Quel est votre lien de parenté avec le chef de famille ?

- 1 / Lui-même
- 2 / Conjoint, concubin
- 3 / Enfant
- 4 / Membre de la famille autre

Quel est votre lien de parenté avec le pêcheur ?

- 1 / Lui-même (pêcheur)
- 2 / Conjoint, concubin (du pêcheur)
- 3 / Enfant majeur (du pêcheur)
- 4 / Membre de la famille autre (ayant entre 18 et 75 ans)

Qui fait les achats alimentaires à votre domicile ?

- 1 / Vous même
- 2 / Votre conjoint
- 3 / Les deux
- 4 / Autre personne
- 5 / Un parent

Qui prépare les repas à votre domicile ?

- 1 / Vous même
- 2 / Votre conjoint
- 3 / Les deux
- 4 / Autre personne
- 5 / Un parent

Au cours des 5 années ayant précédé 2007 combien de fois avez-vous consommé en moyenne chaque année les poissons ci-dessous pêchés par le pêcheur du foyer ou quelqu'un d'autre, dans ces zones (et uniquement celles-ci)?²⁶

- 1 / de l'Anguille
- 2 / du Barbeau
- 3 / de la Brème
- 4 / de la Carpe
- 5 / du Silure
- 6 / des Gardons

Pour chacun de ces poissons, voici les fréquences de consommation proposées :

- 1 / Jamais
- 2 / 1 à 2 fois par an (une fois tous les 6 mois)
- 3 / 3 à 4 fois par an (une fois tous les 3 mois)

²⁶ L'enquêteur reprend les tronçons où le pêcheur avait déclaré exercer lors du questionnaire téléphonique, par exemple sur la Reyssouze (entre Bourg-en-Bresse et Pont-de-Vaux) en 2007.

- 4 / 5 à 6 fois par an (une fois tous les 2 mois)
- 5 / 7 à 8 fois par an (2 fois par trimestre)
- 6 / 9 à 10 fois par an
- 7 / 11 fois par an
- 8 / 1 à 2 fois par mois
- 9 / 1 à 2 fois par semaine
- 10 / 3 à 4 fois par semaine
- 11 / 5 à 6 fois par semaine
- 12 / 1 fois par jour et plus
- 13 / [nsp/ne connaît pas ce poisson] (nsp : « ne sait pas »)

Au cours des 5 années ayant précédé 2007 combien de fois avez-vous consommé en moyenne chaque année les poissons ci-dessous pêchés par le pêcheur du foyer ou quelqu'un d'autre, dans ces zones (et uniquement celles-ci)?

- 1 / des Ablettes
- 2 / du Goujon
- 3 / du Brochet
- 4 / du Black-bass
- 5 / du Carassin
- 6 / du Chevesne
- 7 / du Hotu
- 8 / de la Perche
- 9 / du Poisson chat
- 10 / du Sandre
- 11 / de la Tanche
- 12 / de la Truite
- 13 / de la Vandoise
- 14 / d'autres espèces de poissons
- 15 / du Vairon

Pour chacun de ces poissons, voici les fréquences de consommation proposées :

- 1 / Jamais
- 2 / 1 à 2 fois par an (une fois tous les 6 mois)
- 3 / 3 à 4 fois par an (une fois tous les 3 mois)
- 4 / 5 à 6 fois par an (une fois tous les 2 mois)
- 5 / 7 à 8 fois par an (2 fois par trimestre)
- 6 / 9 à 10 fois par an
- 7 / 11 fois par an
- 8 / 1 à 2 fois par mois
- 9 / 1 à 2 fois par semaine
- 10 / 3 à 4 fois par semaine
- 11 / 5 à 6 fois par semaine
- 12 / 1 fois par jour et plus
- 13 / [nsp/ne connaît pas ce poisson]

Pour chacune des espèces de poissons que je vais vous citer, et qui sont pêchées par le pêcheur du foyer ou quelqu'un d'autre, en dehors de la zone, à quelle fréquence en consommez-vous habituellement ?

- 1 / de l'Anguille
- 2 / du Barbeau
- 3 / de la Brème
- 4 / du Brochet
- 5 / de la Carpe
- 6 / du Silure
- 7 / des Ablettes
- 8 / des Gardons

- 9 / du Goujon
- 10 / du Black-bass
- 11 / du Carassin
- 12 / du Chevesne
- 13 / du Hotu
- 14 / de la Perche
- 15 / du Poisson chat
- 16 / du Sandre
- 17 / de la Tanche
- 18 / de la Truite
- 19 / de la Vandoise
- 20 / d'autres espèces de poissons
- 21 / du Vairon

Pour chacun de ces poissons, voici les fréquences de consommation proposées :

- 1 / Jamais
- 2 / 1 à 2 fois par an (une fois tous les 6 mois)
- 3 / 3 à 4 fois par an (une fois tous les 3 mois)
- 4 / 5 à 6 fois par an (une fois tous les 2 mois)
- 5 / 7 à 8 fois par an (2 fois par trimestre)
- 6 / 9 à 10 fois par an
- 7 / 11 fois par an
- 8 / 1 à 2 fois par mois
- 9 / 1 à 2 fois par semaine
- 10 / 3 à 4 fois par semaine
- 11 / 5 à 6 fois par semaine
- 12 / 1 fois par jour ou plus
- 13 / [nsp/ne connaît pas ce poisson]

Habituellement, à quelle fréquence consommez-vous ?

- 1 / du Bar ou du loup
- 2 / du Cabillaud ou de la morue
- 3 / du Crabe frais ou en conserve
- 4 / des Coquilles St-Jacques fraîches, surgelées ou en conserve
- 5 / de la Dorade
- 6 / de l'Etrille
- 7 / du Maquereau frais
- 8 / des Maquereaux en conserve
- 9 / du Merlan
- 10 / des Sardines fraîches ou surgelées
- 11 / des Sardines en conserve
- 12 / du Saumon frais, surgelé ou en conserve
- 13 / du Saumon fumé
- 14 / de la Sole
- 15 / du Thon frais ou surgelé
- 16 / du Thon en conserve
- 17 / des Anchois frais ou en conserve
- 18 / des Harengs salés, fumés ou marinés, type rollmops
- 19 / du Pilchard frais ou en conserve

Pour chacun de ces produits, voici les fréquences de consommation proposées :

- 1 / Jamais
- 2 / 1 à 2 fois par an (une fois tous les 6 mois)
- 3 / 3 à 4 fois par an (une fois tous les 3 mois)
- 4 / 5 à 6 fois par an (une fois tous les 2 mois)
- 5 / 7 à 8 fois par an (2 fois par trimestre)

- 6 / 9 à 10 fois par an
- 7 / 11 fois par an
- 8 / 1 à 2 fois par mois
- 9 / 1 à 2 fois par semaine
- 10 / 3 à 4 fois par semaine
- 11 / 5 à 6 fois par semaine
- 12 / 1 fois par jour ou plus

A quelle fréquence consommez-vous ?

- 1 / de la Viande de bœuf, de veau, y compris sous forme hachée
- 2 / de la Viande de mouton et d'agneau, y compris sous forme hachée
- 3 / de la Viande de porc (rôti, côtes...)
- 4 / de la Viande de volaille et de gibiers : poulet, dinde ... dont lapin
- 5 / des abats : foie, rognons, cervelle...
- 6 / de la Charcuterie type jambon blanc ou de pays
- 7 / d'autres charcuteries, saucisses, rillettes, pâtés, saucisson...
- 8 / des œufs (à la poêle, au plat, omelette, durs...)

Pour chacun de ces produits, voici les fréquences de consommation proposées :

- 1 / Jamais
- 2 / Moins d'une fois par mois
- 3 / 1 fois par mois
- 4 / 2 à 3 fois par mois
- 5 / 1 fois par semaine
- 6 / 2 à 4 fois par semaine
- 7 / 5 à 6 fois par semaine
- 8 / 1 fois par jour
- 9 / 2 fois par jour et plus

A quelle fréquence consommez-vous ?

- 1 / ...de la pizza
- 2 / ...des tartes salées (quiche, etc.)
- 3 / ...des croque-monsieur, friands, crêpes fourrées, galettes
- 4 / ...des pâtes fourrées comme les raviolis, tortellinis ou des lasagnes
- 5 / ...des hamburgers
- 6 / ...du cassoulet
- 7 / ...du couscous
- 8 / ...de la raclette, de la fondue savoyarde ou de la tartiflette
- 9 / ...de la choucroute garnie avec de la charcuterie
- 10 / ...de la paëlla
- 11 / ...d'autres plats composés à base de poisson, comme la soupe de poisson, la brandade de morue...

Pour chacun de ces produits, voici les fréquences de consommation proposées :

- 1 / Jamais
- 2 / Moins d'une fois par mois
- 3 / 1 fois par mois
- 4 / 2 à 3 fois par mois
- 5 / 1 fois par semaine
- 6 / 2 à 4 fois par semaine
- 7 / 5 à 6 fois par semaine
- 8 / 1 fois par jour
- 9 / 2 fois par jour et plus

A quelle fréquence consommez-vous (le lait est considéré comme une boisson et non un aliment constituant).

- 1 / ...du lait demi-écrémé
- 2 / ...du lait entier
- 3 / ...tous types de fromage confondus
- 4 / ...des fromage à pâte pressée, type emmental, gruyère, comté, bonbel, gouda, tomme ou cantal, y compris les fromage râpés
- 5 / ...du fromage à pâte molle type camembert, brie, reblochon, caprice des Dieux, fromage de chèvre...
- 6 / ...du bleu ou du Roquefort
- 7 / ...des Fromages frais type tartare, St Morêt ou autre
- 8 / ...du Fromage blanc ou des petits suisses à 20%, 30% ou 40% de matière grasse
- 9 / ...des yaourts nature, aux fruits ou aromatisés hors 0%
- 10 / ...des entremets type crèmes dessert, liégeois, mousse ou flan, y compris maison
- 11 / ...de la glace vanille, chocolat, fraise, café, en dehors des sorbets

Pour chacun de ces produits, voici les fréquences de consommation proposées :

- 1 / Jamais
- 2 / Moins d'une fois par mois
- 3 / 1 fois par mois
- 4 / 2 à 3 fois par mois
- 5 / 1 fois par semaine
- 6 / 2 à 4 fois par semaine
- 7 / 5 à 6 fois par semaine
- 8 / 1 fois par jour
- 9 / 2 fois par jour et plus

Habituellement, à quelle fréquence ajoutez-vous dans votre assiette, consommez-vous directement (sur du pain par exemple) ou utilisez-vous pour faire la cuisine ?

- 1 / ... du beurre non allégé (ajout sur le pain, des biscottes, dans les pâtes ou les légumes,...)
- 2 / ... du beurre allégé
- 3 / ... de la crème fraîche non allégée
- 4 / ... de la crème fraîche allégée
- 5 / ... des matières grasses d'origine animales : saindoux, suif, graisse de canard ou d'oie
- 6 / ... de la margarine végétale type Fruit d'or, Primevère ou St Hubert...
- 7 / ... de l'huile pour la cuisson : tournesol, olive, pépins de raisin...
- 8 / ... de l'huile pour l'assaisonnement : soja, colza, noix ou mélange d'huiles (ex : isioprotect - riche en oméga 3)

Pour chacun de ces produits, voici les fréquences de consommation proposées :

- 1 / Jamais
- 2 / Moins d'une fois par mois
- 3 / 1 fois par mois
- 4 / 2 à 3 fois par mois
- 5 / 1 fois par semaine
- 6 / 2 à 4 fois par semaine
- 7 / 5 à 6 fois par semaine
- 8 / 1 fois par jour
- 9 / 2 fois par jour et plus

Habituellement, à quelle fréquence consommez-vous les produits suivants

- 1 / ...des fruits
- 2 / ...des légumes-racines et tubercules, hors pommes de terre, type betteraves, radis, carottes, navets, manioc, céleri boule...
- 3 / ...des légumes bulbes type ail, oignons, échalotes ou ciboules...
- 4 / ...des légumes fruits type tomates, poivrons, maïs...
- 5 / ...des courgettes, des aubergines, de la citrouille ou du melon
- 6 / ...des légumes de la famille des choux type brocolis, choux verts, choux de Bruxelles...

7 / ...des légumes feuilles type salades, épinards, cresson, endives...

8 / ...d'autres légumes comme asperges, artichauts, poireaux, haricots verts, céleris branches, fenouil...

9 / ...des pommes de terre et ses dérivés : vapeur, purée, frites, rissolées...

Pour chacun de ces produits, voici les fréquences de consommation proposées :

1 / Jamais

2 / Moins d'une fois par mois

3 / 1 fois par mois

4 / 2 à 3 fois par mois

5 / 1 fois par semaine

6 / 2 à 4 fois par semaine

7 / 5 à 6 fois par semaine

8 / 1 fois par jour

9 / 2 fois par jour et plus

Et enfin, à quelle fréquence consommez-vous ?

1 / ...des viennoiseries type croissant, pain aux raisins...

2 / ...des tartes sucrées aux fruits, flan...

3 / ...de la brioche, du cake, des madeleines ou du 4/4

4 / ...des biscuits au chocolat type BN, natures ou sablés

5 / ...des gâteaux pâtisseries (au chocolat, à la crème) ou des crêpes sucrées

6 / ...des gâteaux apéritifs salés

Pour chacun de ces produits, voici les fréquences de consommation proposées :

1 / Jamais

2 / Moins d'une fois par mois

3 / 1 fois par mois

4 / 2 à 3 fois par mois

5 / 1 fois par semaine

6 / 2 à 4 fois par semaine

7 / 5 à 6 fois par semaine

8 / 1 fois par jour

9 / 2 fois par jour et plus

Elevez-vous des poules pour votre consommation personnelle d'œufs ?

1 / Oui

2 / Non

Elevez-vous des volailles pour votre consommation personnelle de viande ?

1 / Oui

2 / Non

Répandez-vous des cendres de cheminée ou de feu de jardin sur le parcours de vos volailles ?

1 / Oui

2 / Non

Etes-vous

1 / ...Fumeur

2 / ...Ex-fumeur

3 / ...Non-fumeur

Quel est votre poids en kg ?

Au cours des 5 dernières années, avez-vous pris plus de 5 kilos ?

- 1 / Oui
- 2 / Non
- 3 / [NSP]

Au cours des 5 dernières années, avez-vous perdu plus de 5 kilos ?

- 1 / Oui
- 2 / Non
- 3 / [NSP]

Quelle est votre taille en centimètres ?

Quel est votre niveau d'études ?

- 1 / Aucun diplôme
- 2 / Certificat d'études primaires (CEP)
- 3 / BEPC
- 4 / CAP, BEP ou diplôme équivalent
- 5 / Baccalauréat (général, techno, pro), Brevet Professionnel ou équivalent
- 6 / Baccalauréat +2
- 7 / Diplôme supérieur
- 8 / [En cours d'études initiales]
- 9 / [autre]

Profession du chef de famille :

- 1 / Agriculteur exploitant
- 2 / Artisan
- 3 / Commerçant
- 4 / Chef d'entreprise
- 5 / Profession libérale
- 6 / Cadre, profession intellectuelle supérieure
- 7 / Contremaître-Agent de maîtrise
- 8 / Technicien
- 9 / Autre profession intermédiaire
- 10 / Employé
- 11 / Ouvrier qualifié
- 12 / Ouvrier non qualifié
- 13 / Refus
- 14 / Chômeur n'ayant jamais travaillé
- 15 / Retraité / Préretraité
- 16 / Lycéen, Etudiant
- 17 / Invalide
- 18 / Femme/Homme au foyer ou sans profession

Annexe XIII : Lettre d'information remise lors de l'enquête à domicile



Paris, le XXXX 2009

Madame, Monsieur,

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) et l'Institut de veille sanitaire (InVS) ont été saisis par le Ministère chargé de la santé pour lancer une étude nationale sur l'imprégnation aux Polychlorobiphényles (PCB) des consommateurs ou non consommateurs de poissons d'eau douce.

Les participants à cette étude sont recrutés parmi les foyers de pêcheurs amateurs en eau douce. La sélection s'effectue à partir des renseignements détenus par les **Associations Agréées de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA)**. La **Fédération nationale de la pêche en France (FNPF)** ainsi que les fédérations départementales de pêche sont étroitement associées à cette étude.

C'est en tant que membre d'un foyer de pêcheur(s) amateur(s), détenteur(s) d'une carte de pêche et adhérent(s) d'une AAPPMA, que vous avez été sélectionné(e) pour participer à l'étude.

Cette lettre a pour objet de vous présenter le contexte, les objectifs et les différentes phases de cette étude. Elle vous renseigne également sur vos droits en tant que participant(e) et sur les modalités de protection des données à caractère personnel collectées pendant l'étude.

Bien entendu, votre participation à cette étude n'est pas obligatoire. Toutefois, elle est extrêmement précieuse car elle contribue à l'amélioration de la connaissance scientifique sur les PCB. **Votre participation ne sera officielle qu'une fois le consentement éclairé signé.**

Nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de nos salutations distinguées.

La Directrice générale
de l'Afssa,

Pascale BRIAND

Agence française de sécurité sanitaire des
aliments
27-31 avenue du Général Leclerc - 94701 Maisons-Afort cedex
Tél : 33 (0)1 49 77 13 50 (standard)

La Directrice générale
de l'InVS,

Françoise WEBER

Institut de veille sanitaire
12, rue du Val d'Osne - 94415 Saint-Maurice cedex
Tél : 33 (0) 1 41 79 67 00 (standard)

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence française de sécurité sanitaire des aliments,
Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine, 27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Afort

Médecin investigateur :

Institut de Sondages Lavalie, 6, rue du 4 Septembre,
92 130 Issy-les-Moulineaux.

ETUDE NATIONALE AFSSA – INVS
IMPREGNATION AUX PCB -POLYCHLOROBIPHENYLES-
DES CONSOMMATEURS REGULIERS DE POISSONS D'EAU DOUCE

Que sont les PCB et où les trouve-t-on ?

Les **PCB ou polychlorobiphényles** sont des composés chimiques synthétiques également connus sous le nom de pyralènes. Il existe 209 molécules différentes de PCB.

Ces composés ont été utilisés sous forme de mélange dans l'industrie, pour leurs propriétés isolantes (transformateurs électriques) ainsi que pour leur stabilité chimique et physique (encres, peintures). Leur utilisation a progressivement été réduite au cours des années 70 puis finalement interdite en 1987. Peu biodégradables, ces molécules s'accumulent progressivement dans l'environnement en particulier dans les sédiments.

Elles se concentrent également dans les graisses des animaux et se retrouvent ainsi dans la chaîne alimentaire. Les aliments les plus riches en PCB sont ceux d'origine animale (poissons gras, lait, produits laitiers, œufs). **L'alimentation constitue la principale voie d'exposition de la population générale (plus de 90 % de l'exposition totale).**

Quels sont les effets des PCB sur la santé ?

Dans l'organisme humain, les PCB se concentrent essentiellement dans les tissus graisseux et leur élimination est lente (plusieurs années). On les retrouve également dans le lait maternel.

Les connaissances scientifiques sur l'effet sanitaire des PCB sur l'homme sont encore incomplètes et les recherches se poursuivent.

Aujourd'hui, il est avéré que la toxicité des PCB est essentiellement liée à leur accumulation dans l'organisme sur le long terme. Ainsi, l'exposition ponctuelle aux PCB par l'intermédiaire d'un aliment très contaminé aura peu d'impact sur la santé. En revanche, pour des niveaux d'exposition faibles mais sur le long terme, les recherches scientifiques mettent en évidence des effets neuro-comportementaux chez le jeune enfant exposé pendant la grossesse et l'allaitement et des effets hépatiques chez l'adulte.

Comment est mesurée l'exposition humaine aux PCB ?

La principale voie d'exposition de la population aux PCB est l'alimentation. L'exposition peut être évaluée soit à partir de **déclarations de consommation et de données de contamination des produits**, soit à partir des **niveaux d'imprégnation, c'est-à-dire des teneurs sanguines en PCB**.

Quelle est la situation en France ?

Depuis plusieurs mois, des **interdictions de pêche et de commercialisation de poissons d'eau douce** ont été prises pour certains cours d'eau (Rhône, Somme, baie de Seine). En effet, des dépassements des normes réglementaires ont été constatés. Dans ce contexte et compte tenu des connaissances scientifiques actuelles, le ministère chargé de la santé a demandé à l'AFSSA et à l'InVS d'étudier la relation entre la consommation régulière de poissons d'eau douce et les teneurs sanguines en PCB des consommateurs.

Pour l'interprétation générale des résultats de l'étude, les **dioxines et furanes** seront également recherchées, compte tenu de leur forte similitude avec les **PCB** (structure et effets sanitaires). D'autres substances d'intérêt de santé publique, accumulables dans les poissons, pourront également être recherchées (par exemple : composés bromés, composés fluorés).

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence française de sécurité sanitaire des aliments,
Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine, 27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort

2

Médecin investigateur : Institut de Sondages Lavielle, 6, rue du 4 Septembre,
92 130 Issy-les-Moulineaux.

Pourquoi cette étude ?

Cette étude doit permettre de :

- mettre en évidence une éventuelle imprégnation aux PCB plus forte des consommateurs réguliers de poissons d'eau douce par rapport à une population non consommatrice ;
- étudier la contribution des poissons d'eau douce à cette imprégnation par rapport à d'autres aliments susceptibles de contenir des PCB (poissons d'eau de mer en particulier) ;
- définir des fréquences de consommation acceptables par espèce de poissons.

L'étude se déroule sur six zones de pêche en France, quatre fortement contaminées par les PCB et deux non contaminées. Elle débute en avril 2009 et se poursuivra jusqu'en 2010-2011. Vous demeurez dans l'une des six zones de pêche de l'étude, c'est à ce titre que vous avez été retenu(e).

Comment se déroule cette étude ?

L'Afssa et l'InVS ont choisi l'**Institut de Sondages Lavielle (ISL)**¹, en tant qu'**investigateur**, pour réaliser l'étude. La Fédération nationale de pêche en France (FNPF) a récemment transmis un **courrier d'information au pêcheur de votre foyer**. Ce courrier a été envoyé à l'ensemble des adhérents des AAPPMA susceptibles de participer à l'étude. Votre foyer a été sélectionné **par tirage au sort** parmi ces adhérents.

Lors d'un **premier contact téléphonique**, un enquêteur de l'ISL a déterminé avec vous ou quelqu'un de votre foyer, le membre de votre famille pouvant répondre à l'étude. En effet, une seule personne par foyer peut participer.

A cette occasion, l'enquêteur de l'ISL vous a demandé votre accord de participation. Il a également été convenu avec vous d'un rendez-vous à votre domicile pour réaliser une **enquête de consommation** sur vos habitudes alimentaires. Ces données sont nécessaires pour répondre aux objectifs de l'étude.

Enfin, la dernière étape consiste à réaliser un **prélèvement sanguin** afin de mesurer vos teneurs sanguines en PCB, dioxines et furanes. Au moment de l'enquête de consommation à votre domicile, l'enquêteur de l'ISL vous indiquera un laboratoire d'analyses médicales à contacter, situé près de chez vous, afin de convenir d'un rendez-vous pour ce prélèvement au laboratoire ou à votre domicile, selon votre choix. Ce prélèvement sera réalisé par une infirmière.

Au total, votre participation n'excédera pas **deux mois** entre le premier contact téléphonique et la réalisation du prélèvement sanguin.

Une fois le prélèvement réalisé, le laboratoire d'analyses médicales le transmettra au **LABoratoire d'Etude des Résidus et Contaminants dans les Aliments (LABERCA)**² qui déterminera les teneurs en PCB, dioxines, furanes et éventuellement autres substances chimiques d'intérêt de santé publique.

L'ensemble des examens et analyses est bien entendu entièrement pris en charge par nos soins. Toutefois, pour pouvoir participer à cette recherche, vous devez être affilié(e) ou bénéficier d'un régime de sécurité sociale. A la suite du prélèvement sanguin, l'ISL vous enverra un chèque-cadeau pour vous dédommager de votre participation (pour un prélèvement à domicile et pour un prélèvement dans un laboratoire d'analyses médicales).

Quels sont les inconvénients et contraintes de cette étude ?

La seule contrainte est l'acceptation du prélèvement de 50 mL de sang. Le **prélèvement** est réalisé le **matin**. La personne doit être à **jeun** depuis minuit la veille avec la possibilité de boire une boisson non sucrée. La quantité de sang prélevée est beaucoup plus faible que celle d'un don de sang habituel qui est d'environ 450 mL.

¹ ISL, 6, rue du 04 Septembre, 92 130 Issy-Les-Moulineaux.

² LABERCA, route de Gachet, La Chantrerie, BP 50707, 44307 Nantes cedex 3, Laboratoire national de référence du Ministère de l'agriculture et de la pêche pour l'analyse des dioxines et PCB-DL.

³ Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence française de sécurité sanitaire des aliments, Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine, 27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort

Médecin investigateur : Institut de Sondages Lavielle, 6, rue du 4 Septembre, 92 130 Issy-Les-Moulineaux.

Quels sont les incidents qui peuvent survenir lors du prélèvement ?

Ce sont ceux liés à une prise de sang (incidents généraux de type malaise ou présence d'un hématome sur l'avant-bras). Un examen préalable réalisé par l'infirmière chargée du prélèvement sanguin permettra de vérifier l'absence de contre-indication et de prévenir tout incident. L'infirmière pourra décider, pour des raisons médicales, de ne pas réaliser le prélèvement sanguin.

Comment vous seront communiqués les résultats ?

Cette enquête est la première étude qui analyse les teneurs sanguines en PCB, dioxines et furanes des personnes consommant régulièrement des poissons d'eau douce. **Vos résultats vous seront transmis par l'ISL, par courrier en même temps que les principaux résultats de l'étude, courant 2011. Si vous le souhaitez, ils seront communiqués à votre médecin traitant. Vos résultats relatifs aux autres substances susceptibles d'être recherchées, en complément, vous seront également communiqués à cette occasion.**

Les connaissances scientifiques sur l'effet sanitaire des PCB, dioxines et furanes sont encore incomplètes. Les instances scientifiques, nationales et internationales, n'ont pas fixé de valeurs au-delà desquelles les teneurs sanguines pour ces substances seraient considérées comme trop élevées. A ce stade, il n'existe donc pas de protocole de suivi médical spécifique par votre médecin traitant. **Néanmoins, si les connaissances scientifiques le permettent d'ici la fin de l'étude, une analyse individuelle de vos résultats vous sera communiquée assortie, le cas échéant, de recommandations à votre médecin traitant.**

Lors de la restitution de vos résultats, vous ainsi que votre médecin traitant le cas échéant, aurez la possibilité de contacter un médecin référent de l'InVS qui répondra à vos questions.

Quels sont vos droits ?

Votre participation à cette étude est **entièrement volontaire**. Elle n'exclut pas la possibilité, pour vous, de participer simultanément à une autre recherche biomédicale.

Vous pouvez décider de vous retirer de l'étude à n'importe quel moment, pour n'importe quelle raison et sans aucun dommage ou pénalité. Pour cela, **vous contacterez l'ISL au numéro vert suivant** . Si le prélèvement sanguin a déjà été réalisé, il sera détruit.

Confidentialité et protection de données à caractère personnel

Un **traitement informatisé et anonyme** de vos données personnelles va être mis en oeuvre à des fins statistiques pour permettre d'analyser les résultats au regard des objectifs de l'étude. A cette fin, les données médicales vous concernant et celles relatives à vos habitudes de vie, seront transmises à l'Afssa. Elles seront identifiées par un numéro de code. Elles pourront également, dans des conditions assurant leur confidentialité, être transmises aux autorités de santé françaises et à d'autres entités de l'Afssa.

Conformément aux dispositions de la loi relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, vous disposez d'un **droit d'accès et de rectification** pendant toute la durée de l'étude. Vous disposez également d'un **droit d'opposition à la transmission des données** couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette recherche. Le droit d'accès et de rectification peut s'exercer à tout moment auprès de l'ISL au numéro vert suivant.

Vous pouvez également accéder directement ou par l'intermédiaire d'un médecin de votre choix à l'ensemble de vos données médicales en application des dispositions de l'article L. 1111-7 du Code de la santé publique. Ces droits s'exercent auprès de l'ISL qui est le seul à connaître votre identité.

Hormis l'ISL qui sera responsable de votre participation, **aucune personne physique ou morale n'aura accès aux données nominatives**. Les données nominatives seront détruites à la fin de l'enquête, sans pouvoir donner lieu à des recherches ultérieures.

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence française de sécurité sanitaire des aliments,
Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine, 27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort

4

Médecin investigateur :

Institut de Sondages Lavalie, 6, rue du 4 Septembre,
92 130 Issy-les-Moulineaux.

Informations complémentaires

L'Afssa est le **promoteur de cette étude**. A ce titre, elle est soumise aux règles prévues par le Code de la santé publique (CSP) pour la protection des personnes en matière de santé lors de recherche biomédicale. Elle a souscrit un contrat d'assurance afin de garantir sa responsabilité civile et celle de tout intervenant de l'étude (Compagnie d'assurance : société SHAM – Société Hospitalière d'Assurances Mutuelles, numéro de référence du contrat : police n° 128.470).

Cette étude a reçu un avis favorable du Comité de Protection des Personnes - Créteil Henri Mondor le 14 janvier 2009. Elle a également reçu l'autorisation du Ministère chargé de la santé le 16 janvier 2009. Il est possible que cette recherche soit interrompue, si les circonstances le nécessitent, par le promoteur ou à la demande de l'autorité de santé.

Bien entendu, vous avez la possibilité de poser toutes les questions souhaitées. Vous pourrez à tout moment contacter **un enquêteur de l'ISL au numéro vert suivant** ou **le médecin investigateur au numéro suivant** pour toute question d'ordre médical.

Lorsque vous aurez lu cette lettre d'information et obtenu les réponses aux questions que vous vous posez en interrogeant l'enquêteur, le médecin investigateur ou l'infirmière, il vous sera proposé, si vous en êtes d'accord, de donner votre consentement écrit en signant le formulaire préparé à cet effet.

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence française de sécurité sanitaire des aliments,
Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine, 27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort

5

Médecin investigateur : Institut de Sondages Lavalley, 6, rue du 4 Septembre,
92 130 Issy-les-Moulineaux.

Annexe XIV : Instructions techniques aux laboratoires

RECOMMANDATIONS PREALABLES

Informez le sujet des recommandations alimentaires et hygiéniques à prendre avant le prélèvement :

- être à jeun depuis le dernier repas de la veille, et si possible depuis 12h ;
- seule la consommation de boissons non sucrées est autorisée.

PRISE EN CHARGE DU SUJET PAR L'INFIRMIER(E)

Placer le sujet en position allongée.

S'assurer que le sujet est à jeun depuis le dernier repas la veille et si possible depuis 12h.

Contrôler le pouls et la tension artérielle du sujet (*à titre indicatif, pulsation entre 60 et 90 battements/minute et pression systolique entre 10 et 15*).

En cas de dépassements de ces seuils, demander l'avis du médecin investigateur de l'étude.

Poser les questions suivantes :

Pour les femmes, demander si elles sont enceintes ou allaitantes.

Pour tous les sujets, demander si le sujet est atteint ou souffre d'une des pathologies suivantes :

- maladie en évolution s'accompagnant d'une hypertension avec une tension supérieure à 20/11 (pression systolique supérieure à 200mmHg ou pression diastolique supérieure à 110 mmHg) ;
- hypotension avec une tension systolique inférieure à 10 (pression systolique inférieure à 100 mmHg) ;
- troubles du rythme cardiaque, antécédents de thrombose artérielle ou de phlébites récidivantes ;
- antécédent d'infarctus du myocarde, angine de poitrine, pontage aortocoronarien, etc.,
- maladie grave en évolution ;
- anémie sévère ;
- ictère (jaunisse) ;
- hémophilie ;
- diabète de type I.

En cas de réponse positive à l'une de ces questions, le sujet n'était pas considéré comme éligible pour l'étude et la prise de sang n'était pas réalisée. Si besoin, il était possible de demander l'avis du médecin investigateur de l'étude.

Poser les questions relatives à la consommation récente de poissons fortement bio-accumulateurs au cours des 3 derniers jours.

REALISATION DU PRELEVEMENT SANGUIN

Les **précautions d'usage** devaient être respectées afin d'éviter le risque biologique :

- réalisation du prélèvement de façon aseptique par désinfection de la peau ;
- emploi d'un matériel stérile ;
- nettoyage de la peau après le prélèvement puis pose d'un pansement ;
- ponction veineuse (avec un matériel stérile) de 50mL de sang, dans des tubes à vide (sans anti coagulant, sans héparine ni EDTA - acide éthylène diamine tétra-acétique). Les tubes étaient fournis au laboratoire afin de s'assurer de l'homogénéité des pratiques ;
- nettoyage de la peau et pose d'un pansement ;

- homogénéisation de chaque tube par basculement des tubes afin de faciliter la formation du caillot ;
- identification de chaque tube à l'aide des étiquettes d'identification du sujet.

En cas de prélèvements à domicile, transmettre le plus rapidement possible et obligatoirement le jour même du prélèvement les tubes au laboratoire.

ATTENTION : L'ensemble des tubes d'un sujet prélevé devaient toujours être regroupés et identifiés.

En cas d'évènements indésirables lors du prélèvement sanguin :

- mettre en œuvre les procédures habituelles de prise en charge du sujet et informer le médecin investigateur de l'étude ;
- prévoir une période de repos en présence de l'infirmier(e) ;
- avant votre départ ou de celui du sujet s'assurer du retour à la normale de la pression artérielle ;
- si besoin, faire appel au SAMU.

PREPARATION ET STOCKAGE DES ECHANTILLONS

La préparation des échantillons sanguins puis le stockage devaient être réalisés le même jour que le prélèvement.

ATTENTION : à chaque étape de la préparation et du stockage, l'ensemble des tubes d'un sujet prélevé devaient toujours être regroupés et identifiés.

Mise au repos des prélèvements pour la formation du caillot pendant deux heures minimum à température ambiante puis deux heures minimum à 4°C.

Centrifugation le jour du prélèvement pendant 15 minutes à 3500 ou 4000 tr/min avec une centrifugeuse à température ambiante.

Recueil du surnageant de centrifugation (sérum) puis aliquotage dans des tubes du même type que ceux utilisés pour le prélèvement. Un tube ayant servi au prélèvement était conservé avec le culot des hématies. Les autres tubes de culot des hématies étaient jetés après le recueil du sérum.

Les prélèvements hémolysés n'étaient pas utilisés pour le recueil du sérum.

Etiquetage de chaque tube (de sérum) préparé, avec les étiquettes individuelles du sujet.

Rangement de l'ensemble des tubes (tubes de sérum + tube de culot des hématies) d'un sujet dans un boîtier. Le boîtier devait être étiqueté avec une étiquette individuelle du sujet. Les boîtiers étaient fournis au laboratoire afin de s'assurer de l'homogénéité des pratiques.

Stockage des tubes, disposés dans le boîtier identifié (étiqueté), dans un congélateur à -18°C au plus jusqu'à la prise en charge par le transporteur.

TRANSPORT DES PRELEVEMENTS JUSQU'AU LABERCA

Les échantillons conservés à -18°C étaient récupérés et acheminés au LABERCA, avec maintien de la chaîne du froid, via TSE Express médical, transporteur spécialisé dans la collecte et l'acheminement sous température dirigée des produits liés à la santé.

ATTENTION : l'ensemble des tubes d'un sujet prélevé devaient toujours être regroupés, identifiés et transmis en même temps au LABERCA.

Mettre l'ensemble des boîtiers (insérés dans des sachets hermétiques fournis par le transporteur) dans la boîte de transport apportée par le transporteur (pullbox). Ce dernier installait une sonde thermique dans la boîte de transport puis la scellait.

Annexe XV : Formulaire de consentement éclairé



Numéro d'anonymat :

ETUDE NATIONALE AFSSA – INVS

IMPREGNATION AUX POLYCHLOROBIPHENYLES DES CONSOMMATEURS RÉGULIERS DE POISSONS D'EAU DOUCE

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ECLAIRE

Je soussigné (e)(nom, prénom)

Certifie avoir lu et compris la lettre d'information qui m'a été remise.

J'ai eu la possibilité de poser toutes les questions que je souhaitais à l'infirmier(ère).....

Mon interlocuteur(trice) m'a précisé que je suis libre d'accepter ou de refuser de participer à cette recherche.

J'ai disposé d'un délai de réflexion suffisant avant de prendre ma décision.

Je pourrai, à tout moment, demander toute information complémentaire aux investigateurs de cette recherche.

J'ai bien compris dans la lettre d'information qui m'a été remise que pour pouvoir participer à cette recherche je dois être affilié(e) ou bénéficiaire d'un régime de sécurité sociale. Je confirme que c'est bien le cas.

Je connais la possibilité qui m'est réservée d'interrompre mon consentement à tout moment sans avoir à justifier ma décision mais je m'engage à en informer l'ISL au numéro vert suivant . Le fait de ne plus participer à l'étude ne me privera pas de mes droits.

J'ai eu l'assurance que les décisions qui s'imposent pour ma santé seront prises à tout moment, conformément à l'état des connaissances actuelles.

J'accepte que les données enregistrées à l'occasion de cette étude puissent faire l'objet d'un traitement informatisé. J'ai bien noté que le droit d'accès prévu par la loi "Informatique et Libertés" du 6 août 2004, s'exerce à tout moment auprès de l'ISL et que je pourrai exercer mon droit de rectification et d'opposition auprès de cet institut. Pour toute information de nature médicale, j'exercerai ce droit par l'intermédiaire d'un médecin de mon choix.

J'accepte que tout médecin ou scientifique impliqué dans le déroulement de cette étude, ainsi que le représentant des Autorités de Santé aient accès aux données anonymées qui me concernent dans le respect le plus strict de la confidentialité.

J'autorise les investigateurs et le promoteur à rechercher, dans le cadre de l'étude, d'autres substances d'intérêt, accumulables dans les poissons, sur des échantillons de mes prélèvements sanguins qui n'auraient pas été tous utilisés. Les résultats de ces recherches complémentaires me seront communiqués en même temps que les résultats sur les PCB, dioxines et furanes.

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence française de sécurité sanitaire des aliments,
Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine,
27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort

Médecin investigateur :

..... Institut de Sondages Lavielle, 6, rue du 4 Septembre,
92 130 Issy-les-Moulineaux.

Paraphé du participant :

Mon consentement ne décharge en rien les organisateurs de l'étude de leurs responsabilités, je conserve tous mes droits garantis par la loi.

a) J'accepte librement et volontairement de participer à cette recherche, dans les conditions précisées dans la lettre d'information, dont l'Afssa est le promoteur.

Fait à le [] [] [] [] [] [] Signature du participant :

b) Je soussigné (e),, certifie avoir communiqué toute information utile concernant cette étude. Je m'engage à faire respecter les termes de la lettre d'information et du formulaire de consentement éclairé, conciliant le respect des droits et des libertés individuelles et les exigences d'un travail scientifique.

Fait à le [] [] [] [] [] [] Signature de l'infirmière :

Ce document est à réaliser en trois exemplaires originaux, dont l'un sera conservé par le sujet donnant son consentement, les deux autres seront transmis par l'infirmière à l'ISL. L'un de ces exemplaires, une fois anonymisé, sera transmis à l'Afssa.

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence française de sécurité sanitaire des aliments,
Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine,
27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort

Médecin investigateur : Institut de Sondages Laviolle, 6, rue du 4 Septembre,
92 130 Issy-les-Moulineaux.

Paraphé du participant :

Annexe XVI : Courriers de restitution individuelle des résultats



Paris, le

adresse
(Participant sans dépassement des seuils)

M. ou Mme....,

Au cours de l'année 2009, vous avez accepté de participer à une étude nationale sur l'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce. Nous vous en remercions. Cette étude est menée, à la demande du Ministère chargé de la santé, par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments¹ avec l'Institut de veille sanitaire. La Fédération nationale de la pêche en France (FNPF) et le Comité national de la pêche professionnelle en eau douce (CONAPPED) y contribuent également.

Dans ce cadre, vous vous êtes porté(e) volontaire pour une analyse sanguine en PCB et dioxines. Vos résultats sont joints à ce courrier. Ils ont été transmis à votre médecin si vous en avez exprimé le souhait au cours de l'étude.

Ils ne présentent aucun dépassement des seuils sanitaires définis en France². Néanmoins, les poissons peuvent être une source d'exposition aux PCB et dioxines. Aussi, il convient d'apporter une attention particulière à la provenance des poissons que vous consommez et de respecter les recommandations de consommation, qu'il s'agisse de poissons d'eau douce ou de mer. Vous trouverez, ci-joint, des recommandations que nous vous invitons à respecter.

Nous attirons votre attention sur la portée de vos résultats. Il s'agit de données strictement personnelles qui ne peuvent conduire à des conclusions générales sur l'imprégnation de la population locale ou française. Pour plus d'informations sur l'étude, dont les conclusions finales sont prévues pour juillet 2011, vous pouvez consulter le site de l'Anses : <http://www.anses.fr> ou celui de l'InVS : <http://www.invs.sante.fr>. Si vous souhaitez disposer d'informations médicales complémentaires, vous pouvez contacter votre médecin. Vous pouvez également contacter le Docteur Robert Garnier du Centre Anti-Poison et de Toxicovigilance de Paris, Hôpital Fernand Widal, 200, rue du Faubourg Saint-Denis, 75 010 Paris, tél : 01 40 05 43 28.

Nous vous remercions une nouvelle fois de votre participation et ainsi de votre contribution à l'amélioration des connaissances scientifiques dans le domaine de la sécurité sanitaire environnementale et vous prions de croire, M. ou Mme..., à l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Le Directeur général de l'Anses,

La Directrice générale de l'InVS,

¹ Depuis le 1^{er} juillet 2010, l'Afssa est devenue l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), après fusion avec l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset).

² Avis de l'Afssa du 28 mars 2008 relatif à l'imprégnation corporelle en dioxines des forts consommateurs de produits animaux d'origine locale dans le cadre de l'étude InVS-Afssa de novembre 2006 et avis de l'Afssa du 5 mars 2010 relatif à l'interprétation sanitaire des niveaux d'imprégnation de la population française en PCB.

Résultats d'analyses sanguines en PCB et dioxinesMme ou M. ...
âge

	vos valeurs	seuils sanitaires français
PCB totaux (ng/g de lipides sanguins)		
PCB de type dioxine/dioxines/furanes (pg TEQ _{2005,OMS} / g de lipides sanguins)		

Le TEQ (équivalent toxique) tient compte de la concentration de chaque substance et de sa toxicité par rapport à une dioxine de référence. Les résultats sont exprimés selon la nomenclature de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) établie en 2005.

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail,
Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine,
27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort



Paris, le

adresse
(Jeunes femmes avec dépassement du seuil)

Mme.....,

Au cours de l'année 2009, vous avez accepté de participer à une étude nationale sur l'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce. Nous vous en remercions. Cette étude est menée, à la demande du Ministère chargé de la santé, par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments¹ avec l'Institut de veille sanitaire. La Fédération nationale de la pêche en France (FNPF) et le Comité national de la pêche professionnelle en eau douce (CONAPPED) y contribuent également.

Dans ce cadre, vous vous êtes portée volontaire pour une analyse sanguine en PCB et dioxines. Vos résultats sont joints à ce courrier. Ils ont été transmis à votre médecin comme vous en avez exprimé le souhait au cours de l'étude.

Ils ne présentent aucun dépassement des seuils sanitaires définis en France² pour la population générale. En revanche, ils présentent un dépassement des seuils sanitaires spécifiques aux jeunes femmes en âge de procréer et désireuses d'avoir un enfant, enceintes ou allaitantes.

Il est donc important d'apporter une attention particulière à la provenance des poissons que vous consommez et de respecter les recommandations de consommation, qu'il s'agisse de poissons d'eau douce ou de mer car ils peuvent être une source d'exposition aux PCB et dioxines. C'est en particulier le cas si vous êtes allaitante, enceinte ou désirez le devenir. Vous trouverez, ci-joint, des recommandations que nous vous invitons à respecter.

Si vous souhaitez disposer d'informations médicales complémentaires, vous pouvez contacter votre médecin. Vous pouvez aussi contacter le Docteur Robert Garnier du Centre Anti-Poison et de Toxicovigilance de Paris, Hôpital Fernand Widal, 200, rue du Faubourg Saint-Denis, 75 010 Paris, tél : 01 40 05 43 28.

Nous attirons votre attention sur la portée de vos résultats. Il s'agit de données strictement personnelles qui ne peuvent conduire à des conclusions générales sur l'imprégnation de la population locale ou française. Pour plus d'informations sur l'étude, dont les conclusions finales sont prévues pour juillet 2011, vous pouvez consulter le site de l'Anses : <http://www.anses.fr> ou celui de l'InVS : <http://www.invs.sante.fr>.

¹ Depuis le 1^{er} juillet 2010, l'AFSSA est devenue l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), après fusion avec l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET).

² Avis de l'AFSSA du 28 mars 2008 relatif à l'imprégnation corporelle en dioxines des forts consommateurs de produits animaux d'origine locale dans le cadre de l'étude InVS-Afssa de novembre 2006 et avis de l'AFSSA du 5 mars 2010 relatif à l'interprétation sanitaire des niveaux d'imprégnation de la population française en PCB.

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail,
Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine,
27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort

Nous vous remercions une nouvelle fois de votre participation et ainsi de votre contribution à l'amélioration des connaissances scientifiques dans le domaine de la sécurité sanitaire environnementale et vous prions de croire, Mme..., à l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Le Directeur général de l'Anses,

La Directrice générale de l'InVS,




Résultats d'analyses sanguines en PCB et dioxines

Mme ...
âge

	vos valeurs	seuils sanitaires français pour la population générale	seuils sanitaires français pour les femmes en âge de procréer, enceintes ou allaitantes
PCB totaux (ng/g de lipides sanguins)		1 800	700
PCB de type dioxine/dioxines/furanes (pg TEQ ₂₀₀₅ OMS / g de lipides sanguins)		80	50

Le TEQ (équivalent toxique) tient compte de la concentration de chaque substance et de sa toxicité par rapport à une dioxine de référence. Les résultats sont exprimés selon la nomenclature de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) établie en 2005.

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail,
Pr. Marie-Christine FAYROT, Docteur en Médecine,
27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort



Paris, le

adresse
(Population générale avec dépassement du seuil)

M. ou Mme.....

Au cours de l'année 2009, vous avez accepté de participer à une étude nationale sur l'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce. Nous vous en remercions. Cette étude est menée, à la demande du Ministère chargé de la santé, par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments¹ avec l'Institut de veille sanitaire (InVS). La Fédération nationale de la pêche en France (FNPF) et le Comité national de la pêche professionnelle en eau douce (CONAPPED) y contribuent également.

Dans ce cadre, vous vous êtes porté(e) volontaire pour une analyse sanguine en PCB et dioxines. Vos résultats sont joints à ce courrier. Ils ont été transmis à votre médecin si vous en avez exprimé le souhait au cours de l'étude.

Ces résultats montrent un dépassement des seuils sanitaires définis en France². Il est donc important d'apporter une attention particulière à la provenance des poissons que vous consommez et de respecter les recommandations de consommation, qu'il s'agisse de poissons d'eau douce ou de mer car ils peuvent être une source d'exposition aux PCB et dioxines. Vous trouverez donc, ci-joint, des recommandations que nous vous invitons à respecter.

Si vous souhaitez disposer d'informations médicales complémentaires, vous pouvez contacter votre médecin. Vous pouvez également contacter le Docteur Robert Garnier du Centre Anti-Poison et de Toxicovigilance de Paris, Hôpital Fernand Widal, 200, rue du Faubourg Saint-Denis, 75 010 Paris, tél : 01 40 05 43 28.

Nous attirons votre attention sur la portée de vos résultats. Il s'agit de données strictement personnelles qui ne peuvent conduire à des conclusions générales sur l'imprégnation de la population locale ou française. Pour plus d'informations sur l'étude, dont les conclusions finales sont prévues pour juillet 2011, vous pouvez consulter le site de l'Anses : <http://www.anses.fr> ou celui de l'InVS : <http://www.invs.sante.fr>.

¹ Depuis le 1^{er} juillet 2010, l'Afssa est devenue l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), après fusion avec l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset).

² Avis de l'Afssa du 28 mars 2008 relatif à l'imprégnation corporelle en dioxines des forts consommateurs de produits animaux d'origine locale dans le cadre de l'étude InVS-Afssa de novembre 2006 et avis de l'Afssa du 5 mars 2010 relatif à l'interprétation sanitaire des niveaux d'imprégnation de la population française en PCB.

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail,
Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine,
27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort

Nous vous remercions une nouvelle fois de votre participation et ainsi de votre contribution à l'amélioration des connaissances scientifiques dans le domaine de la sécurité sanitaire environnementale et vous prions de croire, M. ou Mme..., à l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Le Directeur général de l'Anses,

La Directrice générale de l'InVS,




Résultats d'analyses sanguines en PCB et dioxines

M. ou Mme ...
âge

	vos valeurs	seuils sanitaires français
PCB totaux (ng/g de lipides sanguins)		1 800
PCB de type dioxine/dioxines/furanes (pg TEQ _{OCES OMS} / g de lipides sanguins)		80

Le TEQ (équivalent toxique) tient compte de la concentration de chaque substance et de sa toxicité par rapport à une dioxine de référence. Les résultats sont exprimés selon la nomenclature de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) établie en 2005.

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail,
Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine,
27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort



Paris, le

adresse
(Participant avec impossibilité de traitement de l'échantillon sanguin)

M. ou Mme.....

Au cours de l'année 2009, vous avez accepté de participer à une étude nationale sur l'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce. Nous vous en remercions. Cette étude est menée, à la demande du Ministère chargé de la santé, par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments¹ avec l'Institut de veille sanitaire. La Fédération nationale de la pêche en France (FNPF) et le Comité national de la pêche professionnelle en eau douce (CONAPPED) y contribuent également.

Dans ce cadre, vous vous êtes porté(e) volontaire pour une analyse sanguine en PCB et dioxines. Pour des raisons techniques liées à la qualité du prélèvement (quantité insuffisante, erreur de manipulation), il n'a pas été possible, dans le cas de votre échantillon sanguin, de doser ces substances. Il n'y a donc pas de résultats disponibles dans votre cas. Il n'a pas été prévu, dans le protocole de l'étude, de réaliser un nouveau prélèvement sanguin.

Néanmoins, les poissons peuvent être une source d'exposition aux PCB et dioxines. Aussi, il convient d'apporter une attention particulière à la provenance des poissons que vous consommez et de respecter les recommandations de consommation, qu'il s'agisse de poissons d'eau douce ou de mer. Vous trouverez, ci-joint, des recommandations que nous vous invitons à respecter.

Pour plus d'informations sur l'étude, dont les conclusions finales sont prévues pour juillet 2011, vous pouvez consulter le site de l'Anses : <http://www.anses.fr> ou celui de l'InVS : <http://www.invs.sante.fr>. Si vous souhaitez disposer d'informations médicales complémentaires, vous pouvez contacter votre médecin. Vous pouvez également contacter le Docteur Robert Garnier du Centre Anti-Poison et de Toxicovigilance de Paris, Hôpital Fernand Widal, 200, rue du Faubourg Saint-Denis, 75 010 Paris, tél : 01 40 05 43 28.

Nous vous remercions une nouvelle fois de votre participation et vous prions de croire, M. ou Mme..., à l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Le Directeur général de l'Anses,

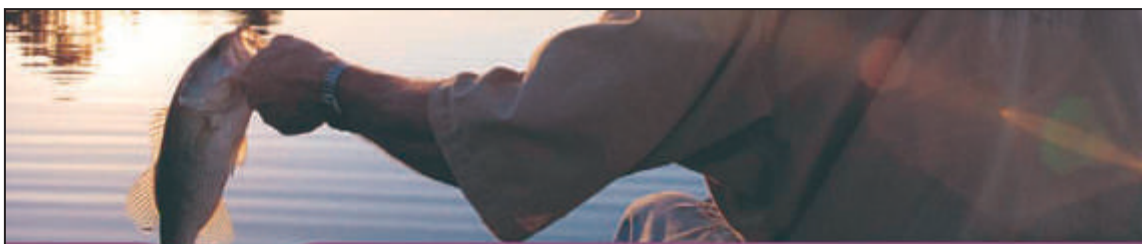
La Directrice générale de l'InVS,

¹ Depuis le 1^{er} juillet 2010, l'Afssa est devenue l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), après fusion avec l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset).

Promoteur et investigateur coordonnateur : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail,
Pr. Marie-Christine FAVROT, Docteur en Médecine,
27-31, avenue du Général Leclerc, 94 701 Maisons-Alfort

Annexe XVII : Plaquette d'information accompagnant les courriers de restitution





Avantages

Le poisson possède des **qualités nutritionnelles** utiles à toute la famille.

- Comme la viande, il est une excellente source de **protéines**.
- C'est aussi une source d'acides gras dont les **oméga 3 dits « à longue chaîne »**. Ces derniers participent à la prévention des maladies cardiovasculaires. Ils sont également nécessaires au bon développement et au bon fonctionnement du système nerveux et de la rétine.

Les oméga 3 sont présents en quantités variables selon les espèces. Ainsi, certains poissons dits « gras » en contiennent davantage et sont donc particulièrement utiles au plan nutritionnel.

- Le poisson apporte également des **minéraux** comme le phosphore, et des **oligoéléments**, comme le zinc, le sélénium, l'iode... mais aussi des **vitamines A, D, E** et certaines du groupe B.

Inconvénients

Mais les poissons, notamment les poissons d'eau douce, peuvent aussi être contaminés par des **polluants persistants dans l'environnement** comme les **PCB** ou le **méthylmercure**.

- Les PCB ont été utilisés dans l'industrie comme isolants électriques. Ils sont interdits en France depuis 1987. Cependant, ils se sont accumulés au fil du temps dans les sédiments de certaines rivières. Ils se retrouvent préférentiellement dans les poissons les plus gras vivant au contact des sédiments comme **l'anguille, le barbeau, la brème, la carpe, ou le silure**.
- Le méthylmercure est un dérivé du mercure qui s'accumule préférentiellement dans les **espèces de poissons prédateurs**.

Une exposition importante aux PCB ou au méthylmercure peut avoir des effets néfastes sur la santé.



Manger du poisson d'eau douce Quelles précautions prendre ?

La consommation de certaines espèces de poissons d'eau douce doit être limitée ou évitée. C'est notamment le cas pour les populations les plus sensibles, comme les femmes en âge de procréer et désireuses d'avoir un enfant, les femmes enceintes ou allaitantes et les jeunes enfants. En effet, au cours de la grossesse et jusqu'à 3 ans, le cerveau de l'enfant est particulièrement vulnérable à l'action toxique des contaminants chimiques que sont les PCB et le méthylmercure.



Les poissons les plus gras vivant au contact des sédiments comme l'anguille, le barbeau, la brème, la carpe ou le silure peuvent contenir des PCB, l'Anses recommande à la population générale d'en limiter leur consommation.

Pour les femmes en âge de procréer et désireuses d'avoir un enfant, les femmes enceintes ou allaitantes, les enfants de moins de 3 ans ainsi que les fillettes et les adolescentes, il est recommandé de ne pas les consommer.

D'autre part, les poissons prédateurs sauvages peuvent contenir du méthylmercure. Pour cette raison, concernant les poissons d'eau douce, l'Anses recommande aux femmes enceintes ou allaitantes et aux enfants de moins de 3 ans de limiter la consommation de brochet et de ne pas consommer de lamproie.

Ces recommandations spécifiques aux poissons d'eau douce s'intègrent aux recommandations générales sur la consommation de poissons émises par l'Anses.

Pour plus d'information, consultez-les sur : www.anses.fr, rubrique « Alimentation humaine ».



Peut-on consommer le poisson d'eau douce que l'on a pêché ?

Avant de consommer des poissons d'eau douce issus de la pêche de loisir, renseignez-vous auprès de votre préfecture ou consultez le site du Ministère chargé de l'écologie⁽¹⁾. Vous y trouverez les zones où la consommation est interdite et les espèces concernées par ces interdictions qu'il est important de respecter pour votre santé. Les fédérations départementales de pêche peuvent également vous aider dans cette démarche (informations sur le site de la Fédération nationale de la pêche en France : www.federationpeche.fr).

⁽¹⁾ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Les-PCB-ou-PolyChloroBiphenyles-.html>

© Anses Éditions 2010



Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
27-31 avenue du général Leclerc
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr



Annexe XVIII : Liste des congénères recherchés

Tableau 51 : Description des congénères de PCDD/F et PCB recherchés

famille	congénère	TEF (OMS 2005)
PCDD	2,3,7,8-tétraCDD	1
	1,2,3,7,8-pentaCDD	1
	1,2,3,4,7,8-hexaCDD	0,1
	1,2,3,6,7,8-hexaCDD	0,1
	1,2,3,7,8,9-hexaCDD	0,1
	1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD	0,01
	OCDD	0,0003
PCDF	2,3,7,8-TCDF	0,1
	1,2,3,7,8-pentaCDF	0,03
	2,3,4,7,8-pentaCDF	0,3
	1,2,3,4,7,8-hexaCDF	0,1
	1,2,3,6,7,8-hexaCDF	0,1
	1,2,3,7,8,9-hexaCDF	0,1
	2,3,4,6,7,8-hexaCDF	0,1
	1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF	0,01
	1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF	0,01
OCDF	0,0003	
PCB-DL	3,3',4,4'-TCB (77)	0,0001
	3,3',4',5-TCB (81)	0,0003
	3,3',4,4',5-PeCB (126)	0,1
	3,3',4,4',5,5'-HxCB (169)	0,03
	2,3,3',4,4'-PeCB (105)	0,00003
	2,3,4,4',5-PeCB (114)	0,00003
	2,3',4,4',5-PeCB (118)	0,00003
	2',3,4,4',5-PeCB (123)	0,00003
	2,3,3',4,4',5-HxCB (156)	0,00003
	2,3,3',4,4',5'-HxCB (157)	0,00003
	2,3',4,4',5,5'-HxCB (167)	0,00003
	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (189)	0,00003
PCB-NDL	PCB 28	-
	PCB 52	-
	PCB 101	-
	PCB 138	-
	PCB 153	-
	PCB 180	-

Annexe XIX : Détail des critères analytiques de quantification des biomarqueurs de l'étude

CAS DES ECHANTILLONS SANGUINS

Détail analytique

Avant l'extraction, les 17 congénères de PCDD/F marqués au $^{13}\text{C}_{12}$ et substitués en 2,3,7,8 ainsi que les 18 PCB (PCB-DL et PCB-NDL) marqués au $^{13}\text{C}_{12}$ ont été ajoutés aux échantillons (cf. Annexe XVIII). A l'issue de cette fortification, la matière grasse contenant les molécules à quantifier a été extraite par SPE (Solid Phase Extraction) à l'aide de solvants apolaires. Le résidu a été dissous dans l'hexane et a subi des étapes de purifications successives. La purification est un processus utilisant successivement trois phases chromatographiques à base de silice, puis de florasil et enfin de charbon-célite permettant d'éliminer d'une part la matière grasse et d'autre part des composés halogénés interférents qui pourraient perturber la quantification. Cette purification permettait également la séparation des différentes familles de contaminants qui, du fait de leurs concentrations différentes, se devaient d'être injectées séparément. Pour vérifier le bon déroulement des étapes d'extraction et de purification, des étalons dits de « récupération » ont été ajoutés avant l'injection pour permettre le calcul des taux de récupération de chaque molécule marquée ajoutée en début de procédé.

La méthode retenue pour la quantification de tous les composés était la **chromatographie en phase gazeuse** (Agilent 7890A équipé d'une colonne capillaire DB-5MS : 30 m, Ø 0.25 mm, 0.25 µm) **couplée à la spectrométrie de masse haute résolution** (Jeol JMS 800D, R>10,000 à 10% de la vallée). Le dosage était une adaptation des méthodes EPA 1613, EPA 8290 et EPA 1668 qui imposent un certain nombre de critères de performance. Pour chaque congénère recherché, deux signaux diagnostiques (acquisition GC-HRMS en mode SIM – Single Ion Monitoring) ont été pris en compte pour l'identification ; l'ion le plus abondant a été utilisé pour la quantification du congénère.

La détermination du pourcentage de matière grasse (lipides totaux) a été effectuée séparément sur une fraction de l'échantillon. Des tests enzymatiques permettaient l'obtention de quatre paramètres : le cholestérol total, le cholestérol libre, les phospholipides, les triglycérides. A partir de ces quatre éléments, la concentration en lipides totaux de l'échantillon a été déterminée en appliquant l'équation suivante :

- lipides totaux = $1,677 * (\text{cholestérol total} - \text{cholestérol libre}) + \text{cholestérol libre} + \text{triglycérides} + \text{phospholipides}$;
- selon la référence « the Estimation of Total Serum Lipids by a Completely 'summation' Method » de (Akins *et al.* 1989).

Critères analytiques

Les seuils de quantification étaient propres à chaque participant puisqu'ils tenaient compte du taux de matière grasse. A titre d'exemple, pour une prise d'essai de 10 mL de sérum et un taux de matière grasse de 0,5%, les limites de quantification étaient les suivantes :

- pour les PCDD/F :
 - molécules tétra à pentachlorées : 0,002 pg/mL de sérum soit 0,4 pg/g de matière grasse (MG) ;
 - molécules hexachlorées : 0,004 pg/mL de sérum ou 0,8 pg/g de MG ;
 - molécules hepta et octachlorées : 0,008 pg/mL de sérum ou 0,8 pg/g de MG.

soit une valeur en TEQ PCDD/F inférieure à 4 pg/g de MG.

- pour les PCB-DL et PCB-NDL :
 - PCB-DL coplanaires (PCB 77, 81, 126, 169) : 0,01 pg/mL de sérum soit 2 pg/g de MG ;
 - pour les autres congénères non coplanaires mono et di-ortho PCB-DL (PCB 123, 118, 114, 105, 156, 157, 167, 189) et PCB-NDL (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) : 0,1 pg/mL de sérum soit 4 pg/g de MG.

soit une valeur TEQ PCB-DL inférieure à 1 pg/g de MG.

L'incertitude associée était de 17,9% pour les PCDD/F, 17,5% pour les PCB-DL et 22,0% pour les PCB-NDL.

Rendements d'extraction

Les **rendements d'extraction** de toutes les molécules marquées ont été calculés pour chaque sérum analysé. Un mélange de molécules marquées, correspondant aux 35 molécules suivies, a été ajouté en début d'analyse. Des étalons de récupération ont été ajoutés à la fin du procédé pour vérifier le bon déroulement de l'essai. En l'absence de directive européenne concernant l'analyse des PCDD/F et PCB dans le sérum, la méthode développée par le LABERCA suivait les recommandations de la Directive 1883/2006/CE concernant les plages d'acceptabilité des rendements d'extraction dans les denrées alimentaires (Règlement (CE) 1883/2006), à savoir :

- **pour les PCDD/F** : les rendements d'extraction devaient se situer entre 30 et 140 % ;
- **pour les PCB** : les rendements d'extraction devaient se situer entre 30 et 140 %.

Contrôle qualité des analyses

Pour contrôler la justesse des mesures, à chaque série d'analyse était associé un échantillon de contrôle. Cet échantillon était un sérum dont les concentrations en PCDD/F et PCB ont été mesurées 30 fois afin de déterminer une valeur « moyenne » assortie d'écart type. Cet échantillon suivait toutes les étapes d'analyse (extraction, purification, quantification). Une carte de contrôle permettait de suivre dans le temps les concentrations mesurées pour cet échantillon et de détecter une éventuelle dérive.

Traitement des données non quantifiées

Pour les PCDD/F et PCB-DL, le taux de données non quantifiées était d'environ 8%. Les principaux congénères concernés étaient : 2,3,7,8-tétraCDD, 1,2,3,7,8-pentaCDF, 1,2,3,7,8,9-hexaCDF, 1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF et PCB 81. Leur contribution respective au TEQ total était faible (<0,5%). Aussi, compte tenu du peu de données non quantifiées contribuant faiblement au TEQ total, la méthode de substitution classique a été appliquée : en l'absence de quantification, **la moitié du seuil de quantification (LQ/2) a été utilisée pour le calcul du TEQ total** (GEMS-Food Euro 1995).

En revanche, les congénères de PCB-NDL ont été quantifiés pour tous les participants. Il n'y avait donc pas de données non quantifiées pour cette famille.

Prise en compte des « blancs »

Chaque laboratoire d'analyses médicales a réalisé les prélèvements sanguins avec son propre matériel (sauf les tubes de prélèvement). Afin de s'assurer de l'absence de contamination environnementale en PCDD/F et PCB par ce matériel, chaque laboratoire a fourni au LABERCA un échantillon d'eau distillée prélevée avec son matériel, appelé « blanc ». Cet échantillon a été préparé et analysé par le LABERCA comme un échantillon de sérum.

Les teneurs moyennes en PCDD/F et PCB-DL contenues dans les « blancs » représentaient moins de 10% des teneurs moyennes des participants. Pour les PCB-NDL, ce taux était de 2%. Compte tenu de ces taux faibles, les teneurs individuelles des participants n'ont pas été corrigées des teneurs dans les « blancs ». Par ailleurs, il a été vérifié que le pourcentage d'individus dépassant les valeurs d'imprégnation critiques (*cf.* Annexe II) restait inchangé avec et sans prise en compte de la correction sur les « blancs ».

CAS DES ECHANTILLONS DE POISSONS

Les principes généraux et analytiques pour la matrice « poisson » étaient semblables à ceux détaillés pour la matrice sanguine, à l'exception des critères décrits ci-dessous.

La teneur en matière grasse de chaque échantillon a été déterminée par méthode gravimétrique. La matière grasse contenant les molécules à quantifier a été extraite par ASE (Accelerated Solvent Extraction) à chaud et sous haute pression à l'aide de solvants apolaires.

Critères analytiques

Les seuils de quantification étaient :

- pour les PCDD/F :
 - molécules tétra à hexachlorées : 0,001 pg/g de poids frais ;
 - molécules hepta et octachlorées : 0,002 pg/g de poids frais.
- pour les PCB-DL et PCB-NDL :

- congénères coplanaires PCB-DL (PCB 77, 81, 126, 169) : 0,005 pg/g de poids frais ;
- pour les autres congénères non coplanaires mono et di-ortho PCB-DL (PCB 123, 118, 114, 105, 156, 157, 167, 189) et PCB-NDL (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) : 0,01 pg/g de poids frais.

Les incertitudes de mesures étaient respectivement de 17,4% pour les PCDD/F, 20,4% pour les PCB-DL et 22,7% pour les PCB-NDL.

Les principes suivis par le LABERCA pour les rendements d'extraction, le contrôle de la qualité des analyses et le traitement des données non quantifiées étaient semblables à ceux appliqués pour la matrice sanguine.

Prise en compte des « blancs »

Afin de s'assurer de l'absence de contamination environnementale en PCDD/F et PCB, un échantillon constitué de solvant d'extraction, qualifié de « blanc », a été ajouté à chaque série d'analyse. Cet échantillon suivait la procédure d'analyse dans son intégralité à l'image d'un échantillon de poisson.

Compte tenu de la maîtrise des contaminations environnementales au sein du laboratoire, les concentrations de PCDD/F et PCB mesurées dans ces blancs ont été systématiquement très basses, si bien que les teneurs individuelles des échantillons de poisson n'ont pas été corrigées des éventuels niveaux relevés dans les « blancs » analytiques.

Annexe XX : Variables géographiques

Au démarrage de l'étude, six sites ont été retenus sur la base de données de contamination de sédiments. Chaque site était composé de 3 à 4 tronçons de cours d'eau, soit un total de 23 tronçons (cf. Annexe V). Dans le cadre des plans d'échantillonnage de l'Onema, de nouvelles données de contamination de poissons ont été acquises. Elles mettaient en évidence des hétérogénéités entre tronçons d'un même site. Par ailleurs, compte tenu des effectifs limités de poissons par tronçon, il n'était pas envisageable de conclure à un niveau aussi fin. C'est pourquoi, une nouvelle variable « zone » a été définie à partir des données de contamination des poissons et par combinaison de tous les tronçons. Le nombre de modalités était ainsi réduit pour simplifier les conclusions de l'étude et garantir la robustesse des exploitations statistiques.

CAS DES PCB INDICATEURS

A cet effet, il a été utilisé une méthode de classification hiérarchique ascendante avec le critère de Ward sur les niveaux moyens de contamination des poissons de chaque tronçon. Les effectifs et espèces disponibles étaient hétérogènes selon les tronçons. Il a été calculé une moyenne de contamination rapportée à la matière grasse, toute espèce confondue, afin de s'affranchir de la variabilité de bioaccumulation selon les espèces.

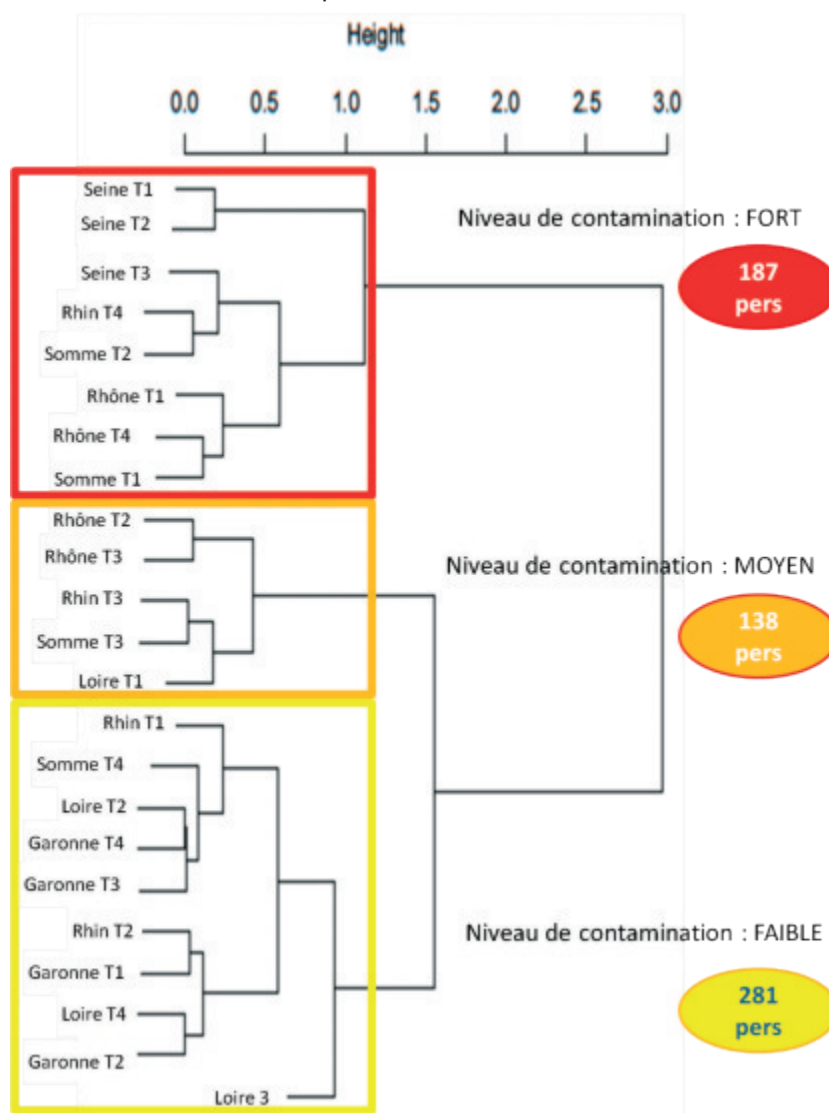


Figure 21 : Dendrogramme relatif aux PCBi

La Figure 21 représente la classification des tronçons selon les données de contamination en PCBi. Il apparaît clairement 3 classes qualifiées de niveau de contamination fort, moyen et faible. Les effectifs à droite de la figure sont ceux des participants de l'étude.

CAS DES PCDD/F+PCB-DL

Le même type de travail a été effectué pour la contamination en dioxines, furanes et PCB-DL. Cependant les méthodes de classification hiérarchique ne donnant pas de résultats interprétables, une autre méthode de classification a été utilisée pour regrouper les tronçons : le partitionnement flou.

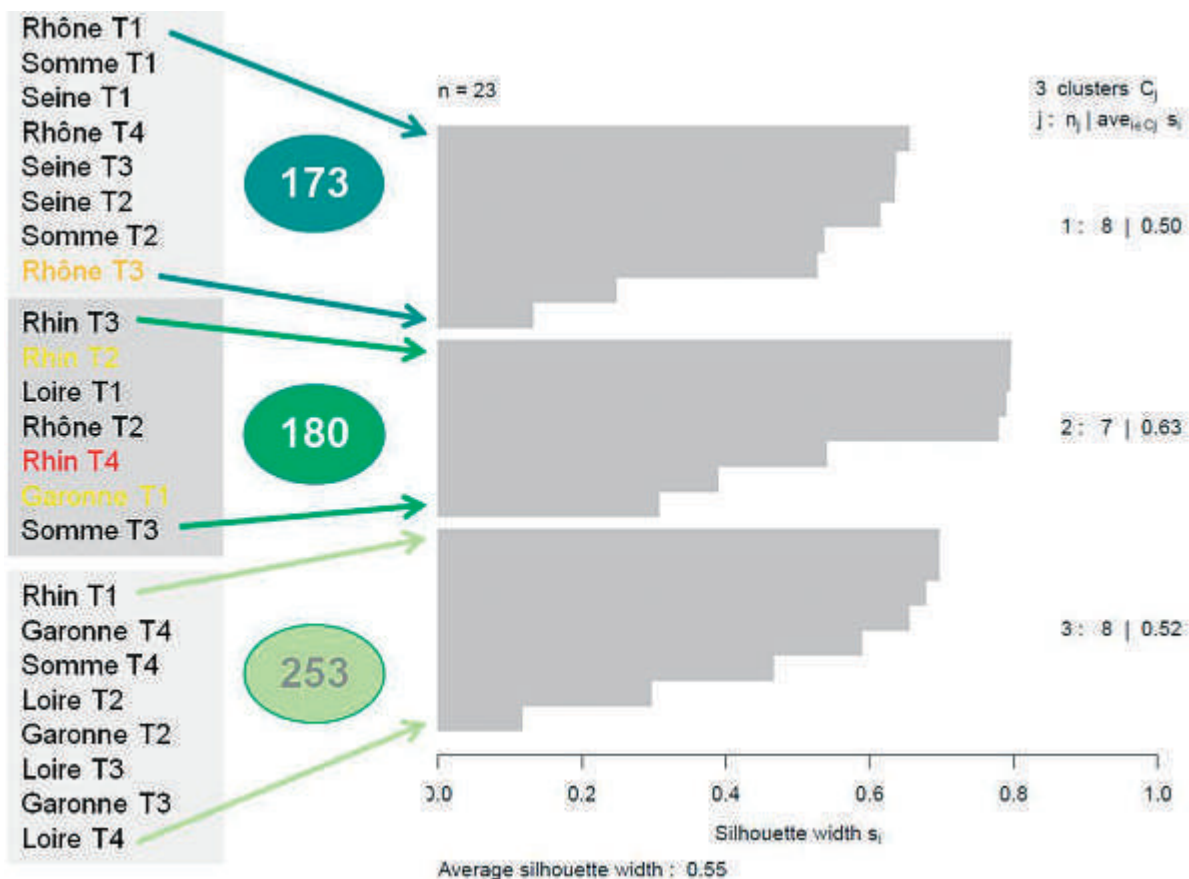


Figure 22 : Silhouette des 3 classes formées à partir des données de contamination en PCDD/F+PCB-DL

La Figure 22 représente la classification obtenue avec le partitionnement flou, les résultats sont peu différents de ceux obtenus avec les PCB_i puisque seulement 4 tronçons changent de niveau de contamination (tronçons en couleur dans la figure). Les effectifs (des participants) de chaque classe sont à gauche de la figure.

Tableau 52 : Contamination des poissons en PCDD/F+PCB-DL et PCBi par zone

	PCBi en ng/g de poids frais (moyenne)	Intervalle de confiance de la moyenne	PCDD/F + PCB-DL en pg TEQ ₉₈ /g de poids frais (moyenne)	Intervalle de confiance de la moyenne
Anguille	1103,8***	[934,4 ; 1273,2]	46,8***	[40,1 ; 53,5]
Zone fortement contaminée	1708,4	[1455,0 ; 1961,7]	72,1	[61,0 ; 83,1]
Zone moyennement contaminée	604,0	[494,5 ; 713,5]	28,3	[23,3 ; 33,3]
Zone faiblement contaminée	242,8	[204,5 ; 281,1]	15,6	[13,2 ; 18,1]
Poissons fortement bioaccumulateurs	221,1***	[184,8 ; 257,4]	11,4***	[9,6 ; 13,1]
Zone fortement contaminée	364,1	[304,2 ; 424,0]	18,7	[15,8 ; 21,5]
Zone moyennement contaminée	76,5	[35,5 ; 117,6]	4,1	[2,4 ; 5,9]
Zone faiblement contaminée	53,0	[38,5 ; 67,5]	3,1	[2,6 ; 3,7]
Poissons faiblement bioaccumulateurs	92,4***	[65,7 ; 119,1]	4,8***	[3,8 ; 5,8]
Zone fortement contaminée	171,4	[101,9 ; 241,0]	7,7	[5,5 ; 10,0]
Zone moyennement contaminée	80,5	[60,5 ; 100,5]	4,2	[3,4 ; 5,1]
Zone faiblement contaminée	27,2	[22,8 ; 31,5]	1,6	[1,4 ; 1,8]

*** : significativité inférieure à 0,001.

Le Tableau 52 résume les données de contamination utilisées pour construire les classifications illustrées précédemment.

Annexe XXI : Données de la littérature internationale sur les PCB

Tableau 53 : Médiane de la concentration sérique en PCB 153 (en ng/g MG) dans la population générale

Zone	Pays	Année de collecte	Effectif	Age moyen ou min/max	PCB 153	Références
Amérique du Nord	Etats-Unis	2003-2004	1300	> 20	24,2	(US CDC 2009)
	Canada	2007-2009	1666	20-79	19,5	(Health Canada 2010)
Europe	Espagne	1992-1996	953	35-64	182,6	(Agudo <i>et al.</i> 2009)
	Allemagne	1998	2818	18-69	0,7 µg/L de sérum*	(Becker <i>et al.</i> 2002)
	Suède	2001	18	33-79	120	(Hagmar <i>et al.</i> 2006)
	Italie	2003	311	48,7	204,4**	(Apostoli <i>et al.</i> 2005)
	Royaume Uni	2003	152	22-80	41	(Thomas <i>et al.</i> 2006)
	France	2005	1030	52	123,4	(InVS 2009)
	France	2006-2007	386	18-74	130	(InVS 2010)
France	2009-2010	606	44,8	126,1	Echantillon de l'étude	

*environ **100 ng/g MG** sous l'hypothèse d'une teneur lipidique de 7g/L de sérum.

**PCB 153 = 29% des PCB totaux et PCB totaux = 705 ng / g MG.

Tableau 54 : Médiane de la concentration sérique en PCB 153 (en ng/g MG) dans les populations exposées

Zone	Pays	Année de collecte	Effectif	Age moyen ou min/max	PCB 153	Références
Amérique du Nord	consommateurs de poissons de la rivière Hudson	2000-2002	128	64,1	78,7*	(Fitzgerald <i>et al.</i> 2007)
	consommateurs de poissons des Grands Lacs américains	2001-2005	249	47,6	0,62 µg/L de sérum**	(Knobeloch <i>et al.</i> 2009)
	population Inuite (hommes)	2002-2004	439	30	200	(Jonsson <i>et al.</i> 2005)
Europe	République tchèque	2006	202	33	438	(Cerna <i>et al.</i> 2008)
	Suède (pêcheurs)	2002-2004	189	48	190	(Jonsson <i>et al.</i> 2005)
	France***	2009-2010	322	52,3	157,3	Echantillon de l'étude

*moyenne géométrique ajustée.

soit une teneur moyenne d'environ **88 ng/g MG avec une teneur lipidique de 7 g/L de sérum.

***consommateurs de poissons fortement bio-accumulateurs.

Tableau 55 : Médiane de la concentration sérique en PCB 153 (en ng/g MG) dans la population des femmes en âge de procréer en population générale

Zone	Pays	Année de collecte	Effectif	Age moyen ou min/max	PCB 153	Références
Amérique du Nord	Canada	2003	101	27	0,09 µg/L de plasma*	(Takser <i>et al.</i> 2005)
	Etats-Unis	2001-2002	496	16-39	14	(Axelrad <i>et al.</i> 2009)
	population Inuite	2002-2004	572	27	110	(Jonsson <i>et al.</i> 2005)
Europe	Suède	1996-1999	323	28	59**	(Glynn <i>et al.</i> 2007)
	Danemark	1996-2002	100	29	0,43 µg/L de plasma***	(Halldorsson <i>et al.</i> 2008)
	République tchèque	2006	78	33	332	(Cerna <i>et al.</i> 2008)
	Espagne	2004-2008	1259	31,1	38,9****	(Ibarluzea <i>et al.</i> 2011)
	France	2009-2010	79	34	63,1	Echantillon de l'étude

*environ **9 ng/g de MG** sous l'hypothèse d'une teneur lipidique de 10 g/L de plasma.

**moyenne arithmétique.

***environ **67,2 ng/g MG** avec la teneur lipidique de 6,4 g/L de plasma observée pour l'étude.

****moyenne géométrique.

Annexe XXII : Données de la littérature internationale sur les PCDD/F et PCB-DL

Tableau 56 : Moyenne géométrique de la concentration sérique en PCDD/F+PCB-DL (en pg TEQ₂₀₀₅/g MG) dans la population générale et contribution des PCDD/F au total TEQ (en %)

Zone	Pays	Année de collecte	Effectif	Age moyen ou min	PCDD/F+ PCB-DL	% (PCDD/F)	Références
Amérique du Nord	Etats-Unis	2001-2002	51 pools*	> 20	6,2 - 37,5	75 à 90	(Patterson <i>et al.</i> 2008)
Europe	Allemagne	2005	48	34	15,4	58	(Fromme <i>et al.</i> 2009)
	France	2005	1030	52	18,5	62,5	(InVS 2009)
	France	2009-2010	606	44,8	18,6	55,6	Echantillon de l'étude

*1734 individus.

Annexe XXIII : Le modèle PCB

Tableau 57 : Les coefficients du modèle PCB

	Coefficient	Erreur standard
Intercept	-1,25	0,27
Log (âge)	1,97	0,071
Premier coefficient de la b-spline (IMC)	-0,51	0,31
Deuxième coefficient de la b-spline (IMC)	0,028	0,28
Troisième coefficient de la b-spline (IMC)	-0,70	0,43
Prise de poids	-0,14	0,044
Homme	0,090	0,04
Zone fortement contaminée	0,037	0,058
Zone moyennement contaminée	0,013	0,073
Racine (consommation des poissons fortement bio-accumulateurs sur zone)	0,036	0,013
Racine (consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs hors zone)	0,025	0,011
Consommation de fromage	-0,000074	0,000032
Premier coefficient de la b-spline (consommation de lait)	0,68	0,30
Deuxième coefficient de la b-spline (consommation de lait)	-0,89	0,47
Troisième coefficient de la b-spline (consommation de lait)	0,35	0,29
Consommation des œufs	-0,00069	0,00027
Interaction : racine (consommation des poissons fortement bio-accumulateurs sur zone) * zone fortement contaminée	0,052	0,023
Interaction : racine (consommation des poissons fortement bio-accumulateurs sur zone) * zone moyennement contaminée	0,014	0,030

Annexe XXIV : Le modèle PCDD/F et PCB-DL**Tableau 58 : Les coefficients du modèle PCDD/F + PCB-DL**

	Coefficient	Erreur standard
Intercept	0,19	0,316
Age	0,03	0,001
Log (IMC)	0,42	0,099
Homme	-0,11	0,032
Fumeur	-0,21	0,036
Ex-fumeur	-0,09	0,036
Prise de poids	-0,16	0,034
Perte de poids	0,06	0,039
Zone fortement contaminée	0,03	0,035
Zone faiblement contaminée	0,14	0,036
autoconsommation	0,15	0,040
Premier coefficient de la b-spline (consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs sur zone)	-0,17	0,168
Deuxième coefficient de la b-spline (consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs sur zone)	0,73	0,405
Troisième coefficient de la b-spline (consommation des poissons faiblement bio-accumulateurs sur zone)	0,52	0,305
Premier coefficient de la b-spline (consommation des poissons de mer)	0,29	0,192
Deuxième coefficient de la b-spline (consommation des poissons de mer)	0,14	0,295
Troisième coefficient de la b-spline (consommation des poissons de mer)	-0,05	0,329
Premier coefficient de la b-spline (consommation des œufs)	0,16	0,185
Deuxième coefficient de la b-spline (consommation des œufs)	-0,35	0,174
Troisième coefficient de la b-spline (consommation des œufs)	-0,14	0,135
Premier coefficient de la b-spline (consommation de lait)	0,53	0,233
Deuxième coefficient de la b-spline (consommation de lait)	-0,56	0,367
Troisième coefficient de la b-spline (consommation de lait)	0,06	0,224
Premier coefficient de la b-spline (consommation de matière grasse animale)	0,25	0,151
Deuxième coefficient de la b-spline (consommation de matière grasse animale)	0,08	0,243
Troisième coefficient de la b-spline (consommation de matière grasse animale)	-0,09	0,330

Impression d'après documents fournis
bialec, nancy (France)
Dépôt légal n° 77585 - janvier 2012

Imprimé sur papiers issus de forêts gérées durablement





Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
27-31 avenue du général Leclerc
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr