

Étude d'imprégnation par les dioxines

des populations vivant à proximité d'usines
d'incinération d'ordures ménagères

ÉTUDE
DIOXINES

Synthèse des résultats - Novembre 2006



CONTEXTE ET OBJECTIFS

La France possède le parc d'usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM) le plus important d'Europe. Leur nombre a été divisé environ par trois depuis 1998 et cette réduction s'est accompagnée de la mise en conformité d'installations existantes, de la fermeture d'un grand nombre d'installations anciennes et de la construction d'installations neuves. Les rejets des UIOM en France ont ainsi beaucoup diminué depuis 1998.

Toutefois, des questions ont été posées par les populations riveraines de ces installations à propos de leur impact sur la santé. Ces interrogations sont liées, d'une part, à la persistance de certains composés chimiques émis dans l'environnement, notamment les dioxines, certains métaux et, d'autre part, à la présence ponctuellement constatée de ces substances à des teneurs élevées dans des aliments tels que le lait de vache produit à proximité d'incinérateurs ayant émis beaucoup de dioxines.

Les dioxines sont une famille de composés chimiques très stables, peu biodégradables, qui ont une forte affinité pour les graisses. La contamination humaine se fait essentiellement par voie alimentaire, par la consommation de produits d'origine animale ; des limites maximales de dioxines dans les aliments ont été établies par la Commission européenne. Les dioxines s'accumulent ensuite dans l'organisme. En effet, le temps mis par l'organisme pour éliminer la moitié des dioxines accumulées (demi-vie) est en moyenne de 7 ans. Les dioxines peuvent provenir de plusieurs sources :

- a) de processus de combustion industrielle dans lesquels on retrouve du chlore, tels que l'incinération des déchets ou la métallurgie, mais aussi
- b) de l'industrie chimique utilisant du chlore (y compris le secteur papetier),
- c) des moteurs automobiles ou
- d) des feux d'origine domestique (bois...), de forêt.

Parmi les 210 congénères de dioxines et furanes, la dioxine de Seveso (2,4,7,8-TCDD, la plus toxique) a été classée comme substance cancérigène chez l'homme.

Que sont les dioxines ?

En raison des niveaux d'émissions élevés pour certains sites, la question s'est posée de savoir si les riverains des UIOM étaient réellement plus exposés aux dioxines. Des études réalisées à l'étranger

ont estimé, à l'aide d'indicateurs biologiques, l'imprégnation par les dioxines de ces riverains, imprégnation qui traduit l'exposition au niveau de l'organisme. Les résultats ont conclu que résider

autour d'UIOM avait peu d'influence sur les concentrations sériques¹ de dioxines des riverains (Evans 2000, Schumacher 1999, Deml 1996, Gonzalez 1998).

Néanmoins, ces travaux ne prenaient en compte ni la zone de retombée du panache de l'incinérateur, ni la voie principale d'exposition connue pour les dioxines, à savoir la consommation alimentaire. Deux études ont pris en compte la consommation alimentaire locale de riverains d'UIOM ayant de fortes émissions de dioxines :

a) une étude taïwanaise (Chen 2006) qui a montré une imprégnation de dioxines un peu supérieure chez les riverains d'incinérateurs consommant des produits locaux et une imprégnation moindre chez les végétariens et

b) une étude belge (Fierens 2003) qui a montré que la consommation de graisses animales provenant de produits d'origine locale (viande, œufs ou produits laitiers obtenus sous les retombées du panache de l'incinérateur), était associée à une augmentation des concentrations sériques de dioxines des riverains.

En 2004, l'Institut de veille sanitaire (InVS) a lancé en collaboration avec l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) une étude nationale, financée dans le cadre du Plan Cancer pour répondre à la question suivante :

Les populations vivant autour des usines d'incinération d'ordures ménagères sont-elles plus imprégnées par les dioxines que celles qui en sont éloignées ? Et si oui, pourquoi ?

Les objectifs de l'étude sont de pouvoir :

- estimer l'imprégnation par les dioxines des populations vivant à proximité d'une usine d'incinération d'ordures ménagères (UIOM), et la comparer à une population non exposée qui ne résidait pas à proximité d'un incinérateur ;
- identifier les facteurs influençant cette imprégnation au sein de populations résidant à proximité d'une UIOM.

Une particularité importante de cette étude est de chercher à mieux connaître le rôle des comportements alimentaires sur l'imprégnation par les dioxines et notamment l'influence de la consommation de produits locaux. Il s'agit d'une étude d'imprégnation, laquelle n'a pas pour objectif d'étudier l'impact des dioxines sur la santé, ce qui nécessiterait d'autres méthodes.

À ce jour, les seules données françaises disponibles d'imprégnation par les dioxines de la population générale sont celles de teneurs dans le lait maternel mesurées en 1998 (InVS 2000). En complément de l'objectif cité, cette étude va fournir les premières données sur les niveaux de dioxines mesurées dans le sérum dans la population générale française, à travers les niveaux observés dans la population non exposée à l'incinérateur. Cette étude se distingue de toutes les autres études internationales sur le sujet, par son ampleur et la spécificité de son approche alimentaire très détaillée.

MÉTHODES

La sélection des UIOM étudiées a été effectuée à la suite d'un inventaire des UIOM de France. Les UIOM en milieu périurbain ou rural ont été privilégiées, car elles facilitent le recrutement des consommateurs de produits locaux. L'étude porte ainsi sur 8 sites proches d'une UIOM, répartis dans plusieurs départements de France et dans

des situations géographiques et alimentaires contrastées : Bessières (31), Cluny (71), Dijon (21), Senneville-sur-Fécamp (76), Gilly-sur-Isère (73), Maubeuge (59), Pluzunet (22), Vaux-le-Pénit (77), choisis en fonction de leurs caractéristiques de fonctionnement, de l'existence à la fois de données d'émission et de contamination des aliments et de

¹ dosées dans le sérum, qui est la partie du sang qui reste après coagulation.

la présence de consommateurs de produits locaux. Ces 8 sites correspondent à 3 catégories d'UIOM : 1) grosses (capacité > 6 tonnes par heure) et récentes respectant les normes en vigueur (0,1ng TEQ/m³), 2) petites (≤ 6 t/h) et anciennes, aujourd'hui arrêtées et 3) grosses et anciennes.

L'identification de la zone d'étude à proximité des UIOM a été obtenue notamment par modélisation des panaches par l'Afssa et Aria Technologie, avec la contribution de l'Inéris², à partir des dépôts surfaciques cumulés de 1994 à 2004. Des communes témoins (non exposées au panache) ont également été sélectionnées afin de comparer les résultats. Au total, une quarantaine de communes ont ainsi été retenues.

La population d'étude a été choisie parmi les personnes adultes âgées de 30 à 65 ans, ayant vécu au moins 10 ans (du moins pour les UIOM anciennes) dans la zone d'étude (communes situées sous le panache des UIOM et communes témoins), non exposées professionnellement aux dioxines et, pour les femmes, ayant peu ou pas allaité³. Une population relativement âgée a été privilégiée en raison de l'imprégnation par les dioxines plus importante avec l'âge. Cependant, pour des raisons éthiques⁴, les personnes âgées de plus de 65 ans n'ont pas été recrutées.

L'étude a ainsi porté sur 1 053 personnes adultes tirées au sort (dont 1 030 participations exploitables pour l'étude⁵) de février à juin 2005. Pour chacun des 8 sites, environ 130 personnes appartenant à un des trois groupes suivants ont été étudiées :

- 1) des personnes résidant dans la zone de retombée du panache de l'incinérateur et consommant des aliments produits localement (volaille, viande, œufs, lait, légumes...);
- 2) des personnes résidant dans la même zone mais ne consommant pas d'aliment d'origine locale ;
- 3) des personnes (autoconsommateurs et non autoconsommateurs) résidant à plus de 20 km de

tout incinérateur et non exposées à des sources connues de dioxines (témoins). La zone de retombée du panache de l'incinérateur sera dénommée "zone exposée" et la zone des témoins "zone non exposée".

L'étude a été mise en œuvre sur le terrain par l'InVS et coordonnée localement par les Cire (Cellules interrégionales d'épidémiologie). Une vérification, dans la population, des personnes éligibles pour l'étude a été réalisée par contact téléphonique ; la liste des personnes et leurs coordonnées ont été obtenues à partir de listes électorales des mairies et des données de France Télécom. Il a été ensuite procédé au tirage au sort des participants. Ils étaient invités par courrier et par téléphone à se rendre à un entretien individuel, dans un lieu proche de leur domicile (salle communale). Un prélèvement sanguin était effectué auprès des participants par du personnel de l'Établissement français du sang afin de doser dans l'organisme les dioxines et les PCB (polychlorobiphényles, autres substances rémanentes souvent associées aux dioxines). Enfin, un questionnaire leur était alors administré en face à face par un enquêteur, afin de recueillir des informations sociodémographiques, alimentaires, d'exposition professionnelle, environnementale et d'autres informations concernant une exposition potentielle aux dioxines. Des accords préalables de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) et du Comité consultatif de protection des personnes pour la recherche biomédicale (CCPPRB) ont été obtenus pour la réalisation de cette étude.

Dans cette étude, les dioxines les plus toxiques ont été dosées (elles correspondent en fait à un mélange [PCDD/F] de 17 dioxines [PCDD] et de furanes [PCDF]), ainsi que les 12 PCB dénommés "dioxin-like" (PCB-DL qui ont le même type d'action au niveau de l'organisme que les dioxines), ces 29 substances étant classiquement retenues au niveau

² Institut national de l'environnement industriel et des risques.

³ L'allaitement étant une voie d'élimination des dioxines, le fait d'avoir allaité réduit le niveau d'imprégnation de la mère.

⁴ 65 ans est l'âge limite retenu pour un don de sang.

⁵ Exclusion d'expositions professionnelles.

international. Quatre PCB (118, 138, 153, 180) dits indicateurs, particulièrement abondants dans l'environnement et les aliments ont également été dosés. Le laboratoire CART (Centre d'analyse des résidus traces) de l'Université de Liège (Belgique) a réalisé ces dosages. Les résultats de dioxines sont généralement exprimés en picogramme de TEQ par gramme de matière grasse (pg TEQ₉₈/g de MG); le TEQ, l'équivalent toxique international, est un indice qui résume en une seule valeur la contamination du milieu et qui combine à la fois les concentrations des diverses substances et leur facteur de toxicité (TEF). Un picogramme (pg) représente un millionième de gramme, soit une trace infime. Les résultats sont présentés selon la nomenclature de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) établie en 1998 pour permettre la comparaison des résultats avec la majorité des études internationales. Depuis, de nouveaux TEF ont été proposés en 2005. Certaines études étrangères ont également exprimé leurs résultats selon l'ancienne nomenclature de l'OTAN. Du fait des unités différentes, leurs résultats sont inférieurs d'environ 20 % à ceux qui seraient obtenus selon la nomenclature de l'OMS. Le TEQ total correspond au mélange de dioxines et PCB-DL (PCDD/F + PCB-DL). Pour étudier si le fait de résider autour d'un incinérateur est associé à une augmentation des

concentrations sériques de dioxines et PCB, des analyses simples et multiples (croisant plusieurs données) ont été utilisées. L'analyse statistique a été réalisée avec les logiciels SAS, R et Stata. Le logiciel ArcGIS (ESRI) a été utilisé pour localiser les lieux de résidence dans la zone de retombées du panache. Dans un premier temps, la confrontation des caractéristiques personnelles (âge, sexe, corpulence...) ou d'habitudes de vie (consommation tabagique, habitudes alimentaires...) et des imprégnations, a permis d'identifier leur influence et ainsi d'isoler le rôle propre des facteurs de risque liés à l'environnement de l'UIOM et à la consommation de produits locaux. Les données de dioxines, qui ont une distribution asymétrique dans la population, sont décrites en termes de moyenne géométrique ou de médiane plutôt qu'en termes de moyenne arithmétique, cette dernière pouvant être affectée par des valeurs extrêmes. La concentration médiane est la valeur pour laquelle la moitié des concentrations observées lui est inférieure et l'autre moitié lui est supérieure. Enfin, la signification statistique est atteinte quand la probabilité associée au test est inférieure à 0,05 ($p < 0,05$), c'est-à-dire lorsqu'il y a moins de 5 chances sur 100 que ce résultat ait été produit par les fluctuations du hasard.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

DESCRIPTION DE LA POPULATION D'ÉTUDE ET DE LA CONSOMMATION ALIMENTAIRE

1 053 participants sur 2 069 individus tirés au sort, joignables et répondant aux critères d'inclusion, ont accepté de participer à l'étude, soit un taux d'acceptation à l'issue du tirage au sort de 51 %, ce qui est un très bon taux par rapport à d'autres études comparables.

L'âge moyen de l'ensemble de la population d'étude est de 52 ans. Les moyennes d'âge diffèrent entre les

sites, avec des personnes plus jeunes sur les sites de Bessières et Maubeuge et plus âgées à Dijon. Il y a 54,7 % de femmes sur l'ensemble de la population ; la répartition hommes/femmes est similaire dans les deux zones d'exposition (exposée/non exposée) ainsi qu'entre les sites. Les populations des deux zones ont une consommation tabagique comparable. La corpulence, exprimée par l'indice de masse corporelle ($IMC = \text{poids}/(\text{taille})^2$) est globalement similaire dans les deux groupes (IMC moyens : 26,46 pour les personnes de la zone exposée et 26,07 en zone non exposée), toutefois la

proportion de personnes avec un surpoids (IMC>25) est un peu supérieure en zone exposée.

Les personnes de la zone non exposée vivent plus fréquemment en zone rurale (83 % des non exposés contre 40 % en zone exposée), dans des fermes, dans un logement ayant un poêle à bois. Le caractère rural des zones témoins est volontaire car directement lié à la nécessité de sélectionner des localisations éloignées de toute source d'émission de dioxines. Parmi cette population, il y a plus d'exploitants/agriculteurs, artisans ou commerçants, et ouvriers. Ils sont plus nombreux à posséder un jardin potager (63,5 % contre 46 %) et brûlent plus souvent des déchets dans leur jardin (au moins une fois par an : 36,4 % contre 20,6 %).

Pour les riverains des UIOM, la distance moyenne du lieu de résidence à l'UIOM est de 2,4 km. Le nombre d'années de résidence sous les retombées du panache de l'incinérateur est en moyenne de 18,9 ans et varie selon les sites en raison des durées très variables de fonctionnement des incinérateurs.

La consommation alimentaire quotidienne de lipides est en moyenne de 106,6 grammes, dont 67,9 grammes provenant de produits animaux dans lesquels les dioxines peuvent s'accumuler. Elle est un peu supérieure à celle constatée dans l'étude nationale de consommation alimentaire INCA (91 g de lipides par jour en moyenne pour les adultes de 15 ans et plus). Cette différence est probablement liée à une différence dans le recueil des données : utilisation d'un questionnaire de fréquences de consommation dans cette étude, utilisation d'un carnet de consommation dans l'étude INCA (Volatier, 2000).

Les apports lipidiques d'origine animale et, en particulier, ceux provenant des différentes catégories d'aliments potentiellement vecteurs de dioxines (viandes, œufs, produits laitiers) ne diffèrent pas statistiquement selon la zone d'étude exposée ou non exposée.

Plus de 83 % des participants ont consommé des produits locaux et près de 68 % des participants ont consommé des produits issus de leur propre production. Cette consommation locale concerne principalement les légumes et les fruits (respectivement 70,1 % et 66,6 % de consommateurs). Les produits animaux sont également consommés localement, principalement les œufs et les volailles (respectivement 34,8 % et 28,8 % de consommateurs), mais également les autres types de viandes (bœuf, abats, porc) et les produits laitiers (fromages et lait). Il est plus fréquent de disposer dans son jardin d'un potager ou d'arbres fruitiers que d'un poulailler. Ces résultats montrent bien que l'objectif de cibler des sites où la consommation de produits locaux est suffisamment fréquente a été atteint.

La proportion de consommateurs de produits animaux d'origine locale et donc de lipides d'origine animale est nettement plus forte dans les zones non exposées que dans les zones exposées (61,7 % dans les zones non exposées contre 36,6 % en zone exposée). Cette différence peut s'expliquer par la plus grande ruralité des zones non exposées. Comme on pouvait s'y attendre, cette proportion est nettement plus élevée dans les sites à dominante rurale avec une présence d'agriculteurs tels qu'à Gilly-sur-Isère (67,4 %), Bessières (62,2 %), Pluzunet (54,5 %) ou Cluny (51,5 %), que dans les sites urbains ou périurbains tels que Dijon (21,0 %), Maubeuge (22,9 %) ou Vaux-le-Pénil (24,2 %), le site de Senneville-sur-Fécamp (38,8 %) étant intermédiaire.

Les quantités moyennes d'aliments consommés ne provenant pas d'une origine locale ont également été étudiées et ont été dénommées "consommation bruit de fond". Il a été tenu compte de leur influence dans l'analyse de la consommation locale afin d'identifier l'effet propre de cette consommation locale. Même si l'autoconsommation (consommation de sa propre production) est très fréquente dans la population étudiée, les quantités autoconsommées restent modestes au regard des consommations totales.

TENEURS SÉRIQUES EN DIOXINES ET PCB DANS LA POPULATION D'ÉTUDE

La teneur sérique moyenne⁶ en dioxines et PCB "dioxin-like" observée dans la population d'étude est de 27,7 pg TEQ₉₈/g de MG. Avec les nouveaux TEF 2005, où la toxicité de certaines substances (et donc le TEF) a été revue à la baisse, elle n'est plus que de 18,5 pg TEQ₂₀₀₅/g de MG. La valeur maximale observée est de 178,4 pg I-TEQ₉₈/g de MG.

Les moyennes respectives de dioxines et de PCB-DL sont de 13,7 et 13,6 pg I-TEQ₉₈/g de MG, c'est-à-dire que les PCB-DL contribuent autant (à 51,1 %) que les dioxines au TEQ total. Le taux moyen de lipides dosé dans le sérum est de 0,68 %. Les moyennes des concentrations avec les valeurs minimales et maximales sont présentées dans le *tableau 1* pour chacune des substances dosées appartenant aux dioxines et PCB. Seules les valeurs globales de PCDD (dioxines), PCDF (furanes) et PCB-DL sont présentées en TEQ.

Tableau 1 – Concentrations moyennes et valeurs minimales et maximales des divers dioxines et PCB dosés sur l'ensemble de la population en pg/g MG et application des différents TEF₉₈ pour les TEQ

	Moyenne	Min	Max
Total PCDD (en pg TEQ OMS₉₈/g MG)	7,7	1,1	59,9
2,3,7,8 - Tétrachlorodibenzodioxine	0,7	0,1	3,7
1,2,3,7,8 - Pentachlorodibenzodioxine	3,9	0,1	23,1
1,2,3,4,7,8 - Hexachlorodibenzodioxine	2,5	0,2	28,1
1,2,3,6,7,8 - Hexachlorodibenzodioxine	20,1	4,0	269,0
1,2,3,7,8,9 - Hexachlorodibenzodioxine	2,8	0,2	30,0
1,2,3,4,6,7,8 - Heptachlorodibenzodioxine	24,4	2,7	384,0
Octachlorodibenzodioxine	195,3	15,0	1 409,7
Total PCDF (en pg TEQ OMS₉₈/g MG)	5,9	1,0	50,0
2,3,7,8 - Tétradibenzofurane	0,3	0,0	3,5
1,2,3,7,8 - Pentadibenzofurane	0,1	0,0	4,6
2,3,4,7,8 - Pentadibenzofurane	9,8	0,8	85,5
1,2,3,4,7,8 - Hexadibenzofurane	2,9	0,8	19,9
1,2,3,6,7,8 - Hexadibenzofurane	4,3	1,2	32,6
1,2,3,7,8,9 - Hexadibenzofurane	0,2	0,1	6,5
2,3,4,6,7,8 - Hexadibenzofurane	1,3	0,1	17,1
1,2,3,4,6,7,8 - Heptadibenzofurane	4,2	1,1	150,2
1,2,3,4,7,8,9 - Heptadibenzofurane		0,3	2,3
Octadibenzofurane		2,8	33,5

⁶ Moyenne géométrique.

Tableau 1 – Suite

	Moyenne	Min	Max
Total PCB-DL (en pg TEQ OMS₉₈/g MG)	13,6	2,5	99,0
PCB 77		93,0	450,9
PCB 81		23,3	180,0
PCB 126	34,3	1,9	476,5
PCB 169	49,1	6,9	348,8
PCB 105	1 878	522	44 097
PCB 114	962	69	9 126
PCB 118	12 041	1837	139 349
PCB 123	72,7	0,3	3 699,8
PCB 156	11 252	1326	81 521
PCB 157	2 489	331	21 418
PCB 167	4 213	545	38 792
PCB 189	1 812	232	13 835
<hr/>			
PCB indicateurs (en ng*/g de MG)	348	8	2 466
PCB 138	55	1,5	367
PCB 153	120	0,9	996
PCB 180	154	1,7	1 039

Les 4 substances en noir comportent 99 % des valeurs non quantifiées, car présentes en trop faible quantité.

* les PCB indicateurs sont présentés en ng/g de MG (1 ng=1 000 pg) ;
le PCB 118 est à la fois un PCB-DL et un PCB indicateur.

COMPARAISON INTERNATIONALE

Les valeurs de dioxines observées dans cette étude sont très similaires à ce que l'on observe dans d'autres pays d'Europe pour une population non exposée professionnellement aux dioxines (tableau 2). Les valeurs obtenues se situent globalement dans la même fourchette, alors que les études n'ont pas procédé au même type

d'échantillonnage, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas nécessairement représentatives de la population générale. Le fait que ces imprégnations en dioxines apparaissent plus faibles que celles d'autres études moins récentes peut être lié à la tendance générale à la décroissance de l'exposition aux dioxines des populations européennes.

Tableau 2 – Concentrations moyennes^a et médianes de PCDD/F sériques au niveau international en pg TEQ/g de MG (nomenclatures OMS⁹⁸ et Otan⁸⁸)

Pays	Année de collecte	Effectif	Âge	Concentrations	Références
Finlande	1998	45	40-70	32 (Otan *, médiane)	Kiviranta et coll. 2000
Belgique (Flandre)	1999	200 47 pools	58,5 50-65	48 (OMS, médiane)	Koppen et coll. 2002
Belgique (Wallonie)	2000	63	53 33-66	24 (OMS, moyenne géométrique)	Fierens et coll. 2003
Japon	1999	253	20-76	9,8 (OMS, médiane)	Arisawa et coll. 2003
	2002	80	26-43	16,1 (OMS, médiane)	Tsukito et coll. 2006
Russie, région d'Irkutsk	2000	50 (pool)	41	14,5 (OMS, moyenne)	Mamontova et coll. 2002
Portugal, région d'Oporto	2001	46	42,7 21-70	21,7 (OMS, moyenne)	Calheiros et coll. 2002
Allemagne	2001	13	np	20,4 (OMS, moyenne)	Fürst et Pärpke, 2002
Espagne, Tarragone autour UIOM	2002	20	19-62	17,8 (OMS, moyenne)	Agramunt et coll. 2005
Grèce, région d'Athènes	2003	105 10 pools	43,5 28-65	6,8 (OMS, moyenne)	Costopoulou, 2006
Taiwan, autour UIOM	2000-2004	1 708	18-65	19,7 (OMS, médiane)	Chen et coll. 2006
France, la présente étude	2005	1 030	51,9 30-65	13,6 (OMS, médiane)	Fréry et coll. 2006

a : moyenne arithmétique.

pool: plusieurs échantillons mis en commun sur lesquels on ne fait qu'un seul dosage.

np : non précisé.

* la nomenclature Otan sous-estime la concentration d'environ 20 % par rapport à la nomenclature OMS.

VALEURS ÉLEVÉES DE DIOXINES ET PCB

Une attention particulière s'est portée sur les personnes ayant les valeurs les plus élevées de dioxines et PCB afin d'identifier d'éventuelles caractéristiques communes. Ainsi, 1 % des personnes de l'étude ont des valeurs supérieures à :

a) 100 pg TEQ₉₈ PCDD/F + PCB-DL/g de MG,

b) 50 pg TEQ₉₈ PCDD/F /g MG,

c) 58 pg TEQ₉₈ PCB-DL/g MG ou

d) 1 115 ng PCB indicateurs/g MG. Ces valeurs ne sont pas des seuils de protection de la santé et elles ne sont définies que statistiquement.

Pour chacune des valeurs citées ci-dessus, environ une dizaine de personnes dépassent la valeur retenue, ce qui correspond au total à 26 personnes différentes qui dépassent au moins une des quatre valeurs. Elles appartiennent majoritairement au site de Senneville-sur-Fécamp et, dans une moindre mesure, à celui de Maubeuge. Quatre personnes dépassent simultanément les 4 valeurs (3 personnes du site de Senneville-sur-Fécamp, 1 du site de Maubeuge).

Même si les personnes ayant une activité professionnelle actuelle pouvant exposer aux dioxines ont été écartées de l'étude, trois à quatre personnes (selon les substances) ont appartenu par le passé au secteur de la pêche, du transport ou de la métallurgie, secteurs susceptibles d'exposer aux dioxines. Par ailleurs, trois à quatre personnes exerçaient le métier d'agriculteur.

Quatre personnes ayant des valeurs élevées de PCB-DL travaillent ou ont travaillé dans le secteur hospitalier et ceci dans différents sites. Il n'y a pas de source a priori identifiée et connue de PCB-DL dans les hôpitaux, il est donc vraisemblable que cette observation soit le fruit du hasard.

Trois personnes avec des valeurs élevées de PCB-DL (ou PCB indicateurs) résidaient en zone non exposée, ce qui est comparable à la proportion observée en zone exposée, puisque dans l'étude il y a environ quatre fois plus d'habitants en zone exposée qu'en zone non exposée.

En revanche pour le TEQ total ou pour les PCDD/F, il y a moins de personnes de la zone non exposée

(1 pour le TEQ total, 2 pour les PCDDF) ; notons toutefois que le nombre de personnes concernées est faible.

D'une façon générale, les personnes avec des valeurs élevées de dioxines et/ou PCB sont plus âgées et ont souvent un surpoids. Ce sont plus souvent des hommes. Une consommation de produits de la pêche plus importante que la moyenne est un élément qui semble également contribuer à ces imprégnations plus élevées, ainsi que l'activité professionnelle actuelle ou passée. La zone d'exposition ne semble pas être un facteur déterminant.

FACTEURS INFLUENÇANT LES CONCENTRATIONS EN DIOXINES INDÉPENDAMMENT DES UIOM

Différents facteurs peuvent influencer les imprégnations par les dioxines indépendamment de toute exposition environnementale. Ainsi, les caractéristiques personnelles des participants ont un rôle prépondérant sur les concentrations de dioxines et PCB : l'âge, le sexe, la corpulence, la fluctuation récente du poids, la consommation tabagique et la catégorie socioprofessionnelle actuelle. D'autres caractéristiques des modes de vie sont également associées aux imprégnations aux dioxines et PCB : alimentation, habitat rural ou urbain, pratiques de bricolage pouvant avoir un lien avec les dioxines, chauffage au bois par foyer ouvert ou poêle. Ces facteurs individuels ont déjà été mis en évidence dans des publications scientifiques internationales, ce qui renforce la cohérence des données recueillies ici.

L'âge est le facteur qui influence le plus fortement les concentrations en dioxines et PCB dans l'organisme. L'imprégnation augmente de 15 % tous les 5 ans pour le TEQ total et de 10 % pour les PCDD/F, ce qui correspond à une augmentation moyenne d'environ 0,3 pg de PCDD/F/g de MG par année d'âge. Il est en effet connu que ces substances s'accumulent au cours du temps dans l'organisme, en particulier dans les graisses et que les

concentrations sériques augmentent avec l'âge. Des augmentations légèrement supérieures ont été documentées par le passé dans divers pays industrialisés : de 0,4 à 0,8 pg TEQ/g de MG par année d'âge (Päpke 1998, Lida 1999).

Les imprégnations sont en moyenne un peu plus élevées chez les **femmes** que chez les hommes (30,8 contre 26,6 pg TEQ total/g de MG), ce qui a également été observé dans des études réalisées en Espagne (Gonzalez 1998), en Allemagne (Päpke 1998) et à Taïwan (Chen 2003). La raison n'est pas clairement élucidée : différence de régime alimentaire, de réserve de graisse ou hormonale ? Les dioxines sériques augmentent avec la corpulence, comme l'ont déjà rapporté d'autres études (Collins 2006), avec dans la présente étude en moyenne 1 à 2 pg de TEQ total de moins chez les personnes de corpulence moyenne comparées à celles en surpoids ; la **corpulence** est généralement associée à un apport alimentaire plus important, et notamment à un apport de dioxines. Par ailleurs, les personnes avec une forte corpulence éliminent les dioxines plus lentement, le renouvellement des réserves de graisses étant plus lent (Schildkraut 1999). De plus, les **fluctuations récentes de poids** influencent également les imprégnations sériques qui sont plus élevées lors de pertes de poids et plus faibles lors de gains de poids. En effet, une perte de poids s'accompagne d'une remobilisation des dioxines stockées dans les graisses qui se retrouvent dans la circulation sanguine ; un gain de poids a l'effet inverse.

Les concentrations sont différentes selon la **catégorie socioprofessionnelle** avec des niveaux plus élevés chez les agriculteurs. Cette observation n'a pas été décrite précédemment ; elle peut résulter d'habitudes alimentaires ou d'activités particulières exposant davantage aux dioxines telles que l'usage de certains pesticides, l'écobuage ou l'usage de graisses contenant autrefois des PCB et utilisées pour l'entretien des machines agricoles.

La relation un peu surprenante mais bien connue concernant la **consommation tabagique** a été retrouvée dans notre étude. Ainsi, les concentrations

de dioxines chez les fumeurs sont en moyenne inférieures d'environ 4 pg TEQ total/g de MG à celles observées chez les non fumeurs et les ex-fumeurs. L'explication actuelle repose sur la théorie selon laquelle le tabagisme favoriserait un métabolisme particulier des dioxines et donc leur excrétion.

La combustion domestique du bois étant une source de dioxines déjà bien identifiée, il n'est pas étonnant d'observer une imprégnation légèrement plus importante de dioxines chez les personnes ayant un **foyer ouvert** ou un **poêle à bois** dans le logement (différence un peu supérieure à 1 pg TEQ total/g de MG selon la présence ou non de chacun de ces types de combustion au bois). Les appareils de combustion au bois peuvent modifier la qualité de l'air des habitations lorsqu'une partie des gaz de combustion et des particules fines revient à l'intérieur. Ces émissions à l'intérieur de la maison sont plus ou moins importantes selon le type d'appareil utilisé, la qualité de son installation et les façons de le faire fonctionner. L'inventaire européen des rejets de dioxines mené en 2000 estime entre 20 et 25 % la contribution de la combustion domestique du bois aux rejets totaux ; ces rejets non industriels demeurent néanmoins difficiles à quantifier.

Des comportements individuels, tels que la pratique d'activités de **bricolage** sont également susceptibles d'exposer aux dioxines et ont été effectivement retrouvés associés aux niveaux d'imprégnation dans l'étude (augmentation d'environ 3 pg TEQ total/g de MG lors de telles activités). Ainsi, l'usinage ou la manipulation de bois traités (poutres, meubles anciens) peut engendrer une exposition aux dioxines. En effet, le bois a pu être peint avec d'anciennes peintures ou traité avec des agents de conservation pour le bois, renfermant des PCB. Un autre agent protecteur et fongicide du bois, le pentachlorophénol, largement utilisé par le passé, contient des traces de dioxines. Certains herbicides utilisés encore récemment pour débroussailler contenaient également des traces de dioxines, sous-produits libérés lors de la fabrication de ces produits chimiques.

Le type d'**urbanisation** semble jouer un rôle particulier. Les imprégnations par les dioxines sont un peu plus élevées en zone rurale qu'en zone périurbaine, ce qui est cohérent avec une observation, un peu inattendue, effectuée dans l'étude InVS de 1998 sur les dioxines dans le lait maternel (InVS 2000). Les concentrations de PCDD dans le lait maternel augmentaient avec le temps de résidence en zone rurale. Ce résultat posait la question d'un éventuel impact de produits agrochimiques ou d'opérations de brûlage de produits divers dont la combustion aboutit à la formation de dioxines.

L'**alimentation** est reconnue comme le principal apport en dioxines en dehors de situations d'exposition à des sources ponctuelles. Il est donc cohérent de trouver des corrélations significatives entre l'imprégnation par les dioxines de la population étudiée et ses consommations alimentaires "bruit de fond", notamment de produits d'origine animale qui contribuent très majoritairement à l'exposition courante. Ainsi, l'étude fait apparaître une association positive significative entre la consommation d'abats et l'exposition aux dioxines (PCDD/F), ainsi qu'une association négative avec la consommation de porc et charcuterie (respectivement $p = 0,03$ et $p = 0,02$). Ces associations semblent liées à la contamination relative de ces produits, plus élevée pour les abats, plus faible pour le porc et les charcuteries. La contribution spécifique de ces aliments aux apports totaux en dioxines reste cependant minoritaire (Afssa, 2006).

La consommation des principaux groupes d'aliments vecteurs de dioxines dans l'alimentation que sont les poissons-produits de la mer et les produits laitiers n'est que partiellement associée à l'imprégnation. La consommation de produits de la pêche est corrélée à l'imprégnation uniquement pour les sites des départements littoraux (Pluzunet et Senneville-sur-Fécamp) et l'association entre consommation de produits laitiers et imprégnation est positive mais en limite de significativité ($p = 0,095$).

FACTEURS ASSOCIÉS AUX UIOM

Les **facteurs de risque** ont été étudiés après prise en compte des facteurs précédemment identifiés. Ils concernent les facteurs d'exposition à l'UIOM (habitat ou non dans la zone du panache, distance de l'habitat à l'UIOM, dépôt surfacique cumulé au sol et durée d'exposition à l'UIOM en années), et l'alimentation locale provenant de la zone de retombée du panache des UIOM.

Zone d'exposition

Le *tableau 3* présente les concentrations en dioxines et PCB dans la population, selon la catégorie d'incinérateur, le site et la zone d'exposition après prise en compte des facteurs cités précédemment. La catégorie d'UIOM et le site d'étude pris globalement influencent la concentration sérique en dioxines, mais vraisemblablement plus en raison des variations géographiques des sites que de l'impact de l'UIOM. En effet, **il n'a pas été mis en évidence que le fait de résider autour d'une UIOM augmentait la concentration moyenne de dioxines ni celle de PCB-DL (tableau 3)**. Par ailleurs, les résultats ne montrent pas de différence entre zone exposée et non exposée selon la catégorie d'UIOM, contrairement à l'hypothèse initiale.

Le seul site où l'imprégnation moyenne en zone exposée est statistiquement supérieure à celle de la zone témoin est celui de Gilly-sur-Isère. Cependant, l'imprégnation en zone exposée à Gilly est inférieure à celle de la moyenne des zones exposées pour tous les autres sites anciens, et similaire à celles des sites récents. Cette différence (exposés - non-exposés) s'explique par une imprégnation particulièrement faible dans la zone témoin de Gilly, située en zone de montagne.

On constate des imprégnations plus élevées au sein de la population du site de Senneville-sur-Fécamp, mais aussi bien en zone exposée qu'en zone non exposée. Cette observation pourrait résulter de la consommation de produits de la pêche (cf. ci-dessus), dont la contamination par les dioxines et PCB dans la Manche-Est est connue pour être un peu supérieure à celle rencontrée sur d'autres parties du littoral.

L'imprégnation moyenne des personnes résidant dans la zone témoin du site de Maubeuge est particulièrement élevée comparativement aux zones non exposées des autres sites, mais également aux zones exposées. Considérer cette zone comme non exposée à une source de dioxines pose question. Toutefois, des investigations plus approfondies à propos d'autres activités industrielles sur la commune n'ont pas révélé de contaminations particulières pouvant expliquer les niveaux observés. Par ailleurs, l'imprégnation par les dioxines n'est pas associée aux niveaux de dépôt surfacique cumulé au sol dans la zone du panache, ni à la distance à l'UIOM.

Ce résultat concernant la zone d'exposition est cohérent avec ceux de diverses études étrangères qui ont montré des niveaux semblables de dioxines chez les habitants résidant au voisinage d'une UIOM et des personnes de la population générale non exposée. C'est le cas par exemple d'une étude allemande (Deml 1996) et de deux études menées en Espagne dans la région catalane, qui rapportent des résultats similaires (Schumacher 1999, Gonzalez 2001). Signalons que ces résultats restent assez sommaires dans la mesure où ces études ne s'étaient pas intéressées à l'impact possible de la consommation de produits locaux.

Tableau 3 – Concentrations moyennes de PCDD/F et PCB-DL en pg TEQ/g MG selon les zones, catégories d'UIOM et sites

PCDD/F + PCB-DL	Exposés		Non exposés		Comparaison Exposés/ Non exposés
	Moyenne ^g	IC 95 %	Moyenne ^g	IC 95 %	P
Ensemble de la population	28,9	[27,4 ; 30,4]	28,4	[26,5 ; 30,3]	0,58
Catégories d'UIOM					
Grosses UIOM récentes	24,9	[22,3 ; 27,8]	25,7	[23,2 ; 28,5]	0,60
Petites UIOM anciennes	29,6	[27,9 ; 31,4]	28,0	[25,7 ; 30,4]	0,18
Grosses UIOM anciennes	30,9	[28,5 ; 33,5]	33,6	[30,5 ; 37,0]	0,14
Sites					
Bessières	23,9	[21,6 ; 26,3]	25,1	[21,6 ; 29,1]	0,47
Pluzunet	25,1	[21,9 ; 28,8]	25,3	[22,6 ; 28,4]	0,91
Cluny	28,3	[26,3 ; 30,5]	28,2	[24,7 ; 32,2]	0,95
Senneville-sur-Fécamp	36,9	[33,6 ; 40,5]	33,5	[29,6 ; 37,9]	0,18
Gilly-sur Isère	26,2	[24,1 ; 28,5]	21,8	[19,5 ; 24,5]	0,01
Vaux-Le-Pénil	30,8	[28,1 ; 33,8]	28,3	[25,1 ; 31,9]	0,24
Dijon	30,2	[28,0 ; 32,6]	29,9	[26,5 ; 33,8]	0,87
Maubeuge	31,8	[28,7 ; 35,1]	35,4	[31,3 ; 40,0]	0,18

^g : sont présentées les moyennes géométriques après prise en compte des facteurs influençant les dioxines indépendamment des UIOM.

IC 95 % signifie l'intervalle de confiance de la moyenne ; il permet d'estimer la précision de cette moyenne.

P : la signification statistique est atteinte quand la probabilité associée au test est inférieure à 0,05 (p<0,05).

Résider dans la zone du panache peut exposer à la pollution de l'incinérateur par inhalation et/ou par ingestion de produits locaux. Une possible relation pouvant être présente uniquement chez les consommateurs de produits locaux, l'étude a été approfondie chez ces consommateurs : "autoconsommateurs" (consommant leurs propres productions) et consommateurs des produits de voisinage.

Exposition par seule inhalation

Il n'a pas été mis en évidence de contamination des riverains des incinérateurs par l'inhalation.

La différence d'imprégnation a été étudiée entre les individus exposés non-autoconsommateurs de produits d'origine locale et les individus non-exposés (notamment les non-autoconsommateurs), l'imprégnation des premiers étant supposée être supérieure à celle des seconds si un effet par inhalation est présent.

Cette différence entre les individus exposés non-autoconsommateurs et les individus non-exposés non-autoconsommateurs n'est pas significative d'un point de vue statistique pour le TEQ total (27,2 pg TEQ/g de MG [exposés] versus 25,7 [non exposés]), ni pour les PCDD/F (13,5 pg TEQ/g de MG [exposés] versus 12,9 [non exposés]).

Hors d'une source ponctuelle de dioxines, il est admis dans la communauté scientifique que l'apport de dioxines par inhalation contribue faiblement à l'apport total (environ 5%). Dans le cas présent d'une source ponctuelle due à un incinérateur, l'apport par cette seule voie semble négligeable.

Exposition par ingestion d'aliments locaux

Type de consommateurs

L'impact de l'incinérateur via la contamination par ingestion est étudié en explorant l'influence de la consommation de produits locaux en fonction de la zone d'exposition, mais aussi en fonction du type de consommateur : agriculteurs autoconsommateurs, particuliers autoconsommateurs de produits animaux

et végétaux, particuliers autoconsommateurs seulement de produits végétaux, particuliers consommant des produits du voisinage et particuliers ou agriculteurs non autoconsommateurs. Dans la figure 1, la moyenne (géométrique) pour chaque classe est représentée par un losange et sa précision par un trait vertical (IC95%); l'axe vertical de 20 à 55 indique les concentrations du TEQ total en pg/g de MG. Ces résultats prennent en compte les facteurs non associés aux incinérateurs (ajustement).

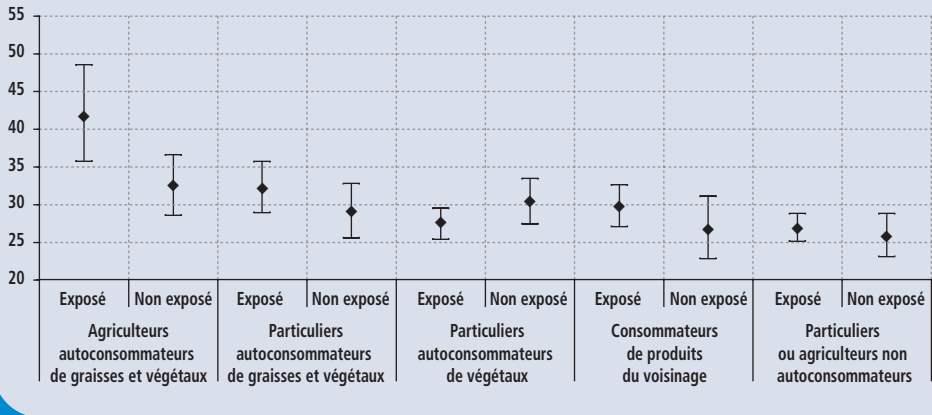
En fait, l'imprégnation des résidents de la zone exposée n'est statistiquement supérieure à celle des personnes résidant en zone non exposée que pour les agriculteurs consommateurs de produits locaux. Ces derniers ont une imprégnation plus élevée que tous les autres groupes exposés.

Comparée aux personnes non exposées, leur imprégnation est supérieure d'environ 16 pg TEQ totaux/g MG à celle des non-autoconsommateurs et d'environ 9 pg TEQ totaux/g MG à celle des agriculteurs autoconsommateurs (cf. figure 1). Ces agriculteurs autoconsommateurs de produits animaux sont cependant peu nombreux dans notre échantillon (46 en zone exposée et 40 en zone non exposée).

En zone exposée, l'imprégnation moyenne des particuliers autoconsommateurs uniquement de végétaux ne diffère pas de celle des non autoconsommateurs de produits locaux. Par contre, l'imprégnation moyenne des particuliers autoconsommateurs de produits animaux et de végétaux est statistiquement supérieure à celle des particuliers autoconsommateurs seulement de produits végétaux, et également à celle des non autoconsommateurs de produits locaux.

Pour les riverains des incinérateurs récents, l'imprégnation des particuliers autoconsommateurs de produits animaux et végétaux est similaire à celle des particuliers non autoconsommateurs (respectivement de 25,8 et 25,0 pg TEQ total/g de MG). En revanche, il existe une différence marquée pour les incinérateurs anciens (33,4 et 28,6 pg TEQ total/g de MG) statistiquement significative.

Figure 1 – Moyennes des PCDD/F et PCB-DL en pg TEQ₉₈/g MG selon le type de consommateur et la zone d'exposition (Mg (IC_{95%}) ajustées)



Quantités d'aliments consommés d'origine locale

Du fait du caractère lipophile des dioxines, et conformément aux études internationales déjà réalisées sur ce sujet, l'exposition aux dioxines via la consommation d'aliments d'origine locale a été appréhendée principalement par la consommation de matières grasses d'origine animale (produits laitiers, œufs, viandes) et locale. Les apports moyens journaliers sont en général faibles chez les consommateurs concernés (7,7 g de lipides d'origine animale et locale par jour) mais peuvent atteindre ponctuellement des valeurs plus élevées. Huit grammes par jour séparent le niveau de consommation atteint par le quart de la population la moins consommatrice de produits locaux et celui du quart de la population la plus consommatrice. L'augmentation de la consommation d'un œuf ou d'une tasse de lait par jour d'origine locale (correspondant à 8 grammes de lipides) est associée à une augmentation très modérée de l'imprégnation par les dioxines et PCB-DL (TEQ total), de 5,8 % pour les habitants des zones exposées (équivalent à 1,6 pg/g de MG en moyenne) et de 2,6 % pour ceux

des zones témoins éloignées des UIOM. Cette augmentation est un peu plus importante si l'on ne tient pas compte des lipides d'origine porcine car la viande de porc est très peu contaminée par les dioxines (augmentation de dioxines et PCB-DL de 7 % en zone exposée et de 2,5 % en zone non exposée) ; l'augmentation observée en zone exposée est statistiquement supérieure à celle observée en zone non exposée.

Donc, d'une part, **une augmentation de l'imprégnation par les dioxines et PCB-DL avec la consommation de lipides d'origine locale est observée même dans des zones éloignées de tout incinérateur.** Ce résultat est cohérent avec parfois une forte contamination des aliments issus d'élevages familiaux déjà constatée dans d'autres études, notamment pour les volailles et les œufs, en lien avec les pratiques d'élevage et sans proximité de source d'émission de dioxines.

D'autre part, **l'augmentation plus marquée chez les autoconsommateurs résidant au voisinage de l'incinérateur** est cohérente avec les données de plus forte contamination des aliments produits autour des UIOM anciennes et relevées sur plusieurs sites de l'étude.

Par type d'aliments, cette augmentation modérée de l'imprégnation avec la consommation de lipides d'origine locale n'est observée que pour les **produits laitiers** en zone exposée et témoin, pour les **œufs** en zone exposée uniquement et en limite de significativité pour les **abats** en zones exposée et témoin. Il faut souligner que, compte tenu de la taille d'échantillon plus faible en zone témoin, la significativité statistique est plus difficile à atteindre dans cette zone.

La consommation quotidienne de 380 ml de lait entier ou de 38 grammes de fromage à 45 % de matière grasse correspond à 17 grammes de lipides de produits laitiers. Une telle consommation est associée à une augmentation de 18,7 % du TEQ total en zone exposée et de 5,4 % en zone non exposée. Une consommation de 3 œufs par semaine (qui correspond à 3 grammes de lipides) augmente le TEQ total de 4,8 % en zone exposée.

La consommation quotidienne d'un gramme de lipides provenant d'abats augmente également l'imprégnation, respectivement de 9,5 % et 4,8 % en zone exposée et non exposée. Cette augmentation n'est pas statistiquement différente selon la zone, soit en raison d'un problème de puissance statistique car la consommation d'abats d'origine locale est assez faible ou soit parce que la consommation d'abats influence l'imprégnation indépendamment de l'incinérateur.

La consommation de végétaux n'augmente pas sensiblement l'imprégnation par les dioxines et PCB : + 1,3 % en zone exposée et - 1,3 % en zone non exposée pour une consommation quotidienne d'environ 240 grammes de végétaux d'origine locale, ce qui n'est pas statistiquement différent. Les particules du panache déposées sur les végétaux sont éliminées lors du lavage avant consommation de ces aliments.

Ces résultats sont uniquement fournis pour l'ensemble de la population selon la zone d'exposition. Les effectifs des autoconsommateurs pour chacun des 8 sites et selon la zone d'exposition sont trop faibles pour avoir suffisamment de puissance statistique et permettre une analyse pertinente pour chaque site.

Pour les UIOM récentes (sites de Bessières et Pluzunet), l'influence sur l'imprégnation par les dioxines et PCB de la consommation de lipides animaux d'origine locale, n'est pas différente d'un point de vue statistique entre les riverains de l'incinérateur et les résidents non exposés à l'UIOM : augmentation de 3,9 % (IC_{95%} [0,2 % ; 7,8 %]) en zone exposée contre 0,4 % (IC_{95%} [- 4,8 % ; 5,9 %]) en zone non exposée. Pour cette catégorie d'UIOM, les consommateurs de lipides issus de produits animaux sont cependant peu nombreux dans notre échantillon (126 en zone exposée et 37 en zone non exposée).

CONCLUSION

En conclusion, on ne distingue pas globalement une différence d'imprégnation par les dioxines et les PCB entre les riverains d'UIOM et les résidents non soumis à une source connue de dioxines. En revanche, l'étude réalisée auprès des autoconsommateurs montre l'influence de la consommation de produits locaux tels que les produits laitiers, les œufs et les lipides animaux. Il est toutefois important de souligner que pour les UIOM récentes, il n'y a pas de réelles différences d'imprégnation parmi les autoconsommateurs entre les riverains de l'UIOM et les populations témoins non exposées.

Par ailleurs, la moyenne des teneurs sériques françaises de dioxines se situe dans la moyenne des valeurs européennes, et même parmi les plus faibles en comparaison à des études moins récentes, en raison notamment de la décroissance de l'exposition aux dioxines des populations européennes.

Les résultats de cette étude montrent une grande cohérence avec ce qui est connu dans les travaux scientifiques internationaux.

Il n'a pas été mis en évidence de contamination par inhalation, par les dioxines et les PCB, des riverains des incinérateurs.

Les différences d'imprégnation observées entre les 8 sites d'étude semblent plus être le fait d'une variation géographique du site d'étude que de l'impact de l'UIOM, puisque l'imprégnation moyenne est semblable, que le lieu de résidence soit à proximité ou éloigné d'une UIOM. La seule exception concerne le site de Gilly-sur-Isère, où toutefois, la moyenne d'imprégnation par les dioxines et les PCB des riverains de l'incinérateur est faible par rapport à celles des autres sites comparables de l'étude. La différence entre exposés et témoins pour Gilly s'explique par l'imprégnation particulièrement faible dans la zone témoin, située en zone de montagne. Sur le site de Senneville-sur-Fécamp, les valeurs d'imprégnation plus élevées sont liées en partie à la consommation de produits de la mer.

La faible augmentation d'imprégnation visible uniquement chez les consommateurs de produits locaux, en particulier de produits d'origine animale, est masquée lorsque l'on considère la population totale.

La consommation de végétaux provenant de zones riveraines d'UIOM ne semble pas influencer

l'imprégnation par les dioxines et les PCB. En revanche, la consommation de lipides de produits locaux d'origine animale et, en particulier, ceux des œufs ou des produits laitiers, augmente l'imprégnation par les dioxines et les PCB. Cette augmentation d'imprégnation varie d'environ 5 % pour une consommation de 3 œufs par semaine à un peu moins de 20 % pour une consommation quotidienne de 380 ml de lait entier ou de 38 grammes de fromage à 45 % de matière grasse (correspondant en moyenne à une variation d'environ 1,3 à 5,2 pg TEQ total/g de MG). Elle est également observée à un degré moindre en zone non exposée. Par ailleurs, cette étude a montré une plus forte imprégnation des agriculteurs, qui traduit donc une plus forte exposition aux dioxines et PCB, que des autres personnes étudiées, aussi bien en zone exposée qu'en zone non exposée. Ce résultat devra faire l'objet d'analyses plus développées ultérieurement.

En complément de l'objectif fixé, cette étude fournit les premières données sur les niveaux de dioxines sériques dans la population générale française.

RÉFÉRENCES

Afssa. Dioxines, furanes et PCB de type dioxine, évaluation de l'exposition de la population française. Rapport Agence française de sécurité sanitaire des aliments. 2006.

Agramunt MC, Schumacher M, Hernandez JM, Domingo JL. Levels of dioxins and furans in plasma of nonoccupationally exposed subjects living near a hazardous waste incinerator. *J. Exposure Analysis Environ. Epidemiology*. 2005;15:29-34.

Arisawa K, Matsumura T, Tohyama HS, Satoh H, Nagai M, Morita M, Suzuki T. Fish intake, plasma ω -3 polyunsaturated fatty acids, and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/polychlorinated dibenzofurans and coplanar polychlorinated biphenyls in the blood of the Japanese population. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 2003;78:205-215.

Calheiros JM, Coutinho M, Borrego C, Santos R, and Päpke O. PCDD/PCDF levels in human blood and breast milk in the region of Oporto, Portugal. *Organohalogen Compd* 2002;55:279-282.

Chen HS, Lee CC, Liao PC, Guo YL, Chen CH, Su HJ. Associations between dietary intake and serum polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran (PCDD/F) levels in Taiwanese. *Environ. Research.* 2003; 91:172-178.

Chen HL, Su HJ, Lee CC. Patterns of serum PCDD/Fs affected by vegetarian regime and consumption of local foods for residents living near municipal waste incinerators from Taiwan. *Environ. Research.* 2006;32: 650-655.

Collins JJ, Bodner K, Burns CJ, Budinsky RA, Lamparski LL, Wilken M, Martin GD, Carson ML. Body mass index and serum chlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran levels. *Chemosphere.* 2006;10-1016.

Costopoulou D, Vassiliadou I, Papadopoulos A, Makrapoulos V, Leondiadis L. Levels of dioxins, furans and PCB in human serum and milk of people living in Greece. *Chemosphere.* 2006;65:1462-1469.

Deml E, Mangelsdorf I, Greim H. Chlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans (PCDD/F) in blood and human milk of non-occupationally exposed persons living in the vicinity of a municipal waste incinerator. *Chemosphere.* 1996;33:1941-1950.

Evans RG, Shadel BN, Roberts DW, Clardy S, Jordan-Izaguirre D, Patterson DG, Needham LL. Dioxin incinerator emission exposure study Times Beach. Missouri. *Chemosphere.* 2000;40:1063-1074.

Fierens S, Mairese H, Hermans C, Bernard A, Eppe G, Focant JF, De Pauw. Dioxin accumulation in residents around incinerators. *J. Toxicology and Environ. Health.* 2003;Part A,66:1287-1293.

Fürst P and Pöpke O. PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs in human milk and blood from Germany. *Organohalogen Compd* 2002;55:251-254.

Gonzalez CA, Kogevinas M, Huici A, Gadea E, Ladona M, Bosch A, Bleda MJ. Blood levels of polychlorinated dibenzodioxins, polychlorinated dibenzofurans and polychlorinated biphenyls in the general population of a Spanish Mediterranean city. *Chemosphere.* 1998;36:419-426.

Gonzalez C.A, Kogevinas M, Gadea E, Pera G, and Pöpke O. Increase of dioxin blood levels over the last 4 years in the general population in Spain. *Epidemiology* 2001;12:365.

InVS. Étude sur les dioxines et les furanes dans le lait maternel en France. InVS Ed. 2000. 175 p.

Kiviranta H, Vartiainen T, Verta M, Tuomisto JT and Tuomisto J. High fish-specific dioxin concentrations in Finland. *Lancet* 2000;355:1883-1885.

Koppen G, Covaci A, Van Cleuvenbergen R, Schepens P, Winneke G, Nelen V, Van Larebeke N, Vlietinck R, Schoeters G. Persistent organochlorine pollutants in human serum of 50-65 years old women in the Flanders Environmental and Health Study (FLESH). Part1: concentrations and regional differences. *Chemosphere.* 2002; 48:811-825.

Lida T *et al.* Recent trend of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and their related compounds in the blood and sebum of Yusho and Yu Cheng patients. *Chemosphere*. 1999;38(5):981-993.

Mamontova EA, Tarasova EN, Mamontov AA and Pöpke O. PCDDs, PCDFs and PCBs levels in blood of the Schelekhovo population, the Irkutsk region, Russia. *Organohalogen Compd* 2002;58:281-284.

Pöpke O. PCDD/F: human background data for Germany, a 10-year experience. *Environ. Health Persp.* 1998; 106 suppl2:723-731.

Schuhmacher M, Domingo JL, Llobet JM, Lindström G and Wingfors H. Dioxin and dibenzofuran concentrations in blood of a general population from Tarragona, Spain. *Chemosphere* 1999;38:1123-1133.

Schildkraut JM, Demark-Wahenfried W *et al.* Environmental contaminants and body fat distribution. *Cancer Epidemiol. Biomark. Prevention*. 1999;8:179-183.

Tsukino H, Hanaoka T, Sasaki H, Motoyama H, Hiroshima M, Tanaka T, Kabuto M, Turner W, Patterson DG, Needham L, Tsugane S. Fish intake and serum levels of organochlorines among Japanese women. *Science Total Environ*. 2006;359:90-100.

Volatier (2000). Étude Individuelle et Nationale sur les Consommations Alimentaires, étude INCA, éditions TEC et DOC Lavoisier.

Remerciements

Nos remerciements vont tout particulièrement aux personnes qui ont donné de leur temps et même un peu de leur sang, sans lesquelles cette étude n'aurait pu voir le jour, et aux mairies des sites étudiés qui nous ont apporté leur soutien dans l'organisation.

Institut de veille sanitaire

Département santé environnement

12, rue du Val d'Osne - 94415 Saint-Maurice cedex

Tél. : 33(o) 1 41 79 67 00 - Fax : 33(o) 1 41 79 67 67

<http://www.invs.sante.fr>

ISBN : 978-2-11-096479-3

Tirage : 10 000 exemplaires

Dépôt légal : Novembre 2006

Imprimé par Labrador