

# Exposition de la population française aux polluants de l'environnement

Volet environnemental de l'Étude nationale nutrition santé – Premiers résultats



eau



biologie



alimentation



dosages



polluants



santé

## **Pour la première fois en France, les concentrations biologiques de plusieurs polluants de l'environnement ont été mesurées sur un échantillon représentatif de la population.**

L'exposition de la population française à divers polluants de l'environnement a été estimée par la mesure de 42 biomarqueurs d'exposition. Ils correspondent à des contaminants chimiques de l'alimentation et de l'environnement retenus en fonction de leur intérêt en santé publique : 11 métaux, 6 PCB et trois familles chimiques de pesticides (organochlorés, organophosphorés et pyréthri-noïdes). Ces substances chimiques ou leurs métabolites ont été dosés dans des prélèvements de sang, d'urine, ou de cheveux recueillis auprès d'un échantillon de la population dans le cadre de l'Étude nationale nutrition santé (ENNS).

Les résultats indiquent que la population française présente des niveaux d'exposition aux métaux lourds et aux pesticides organochlorés globalement bas et conformes aux niveaux observés à l'étranger. Concernant les polychlorobiphényles (PCB) et d'autres pesticides (paradichlorobenzène et pyréthri-noïdes), les niveaux français sont notablement plus élevés que ceux observés aux États-Unis et en Allemagne. Toutefois, pour les PCB, une faible proportion de la population dépasse les seuils sanitaires. Les spécificités françaises, alimentaires ou d'usage de produits en cause, méritent d'être élucidées.

L'InVS réalise des études de biosurveillance sur l'exposition de la population aux polluants de l'environnement, en dosant directement le polluant ou ses métabolites dans l'organisme humain. Les substances ainsi dosées sont appelées "biomarqueurs".

La biosurveillance permet une approche intégrée des différentes sources et voies d'exposition, et ainsi de mieux appréhender l'exposition globale, la dose interne et les risques sanitaires encourus. Elle fournit des informations aux acteurs de santé publique, médecins et scientifiques pour les aider à identifier l'existence d'une exposition à certains polluants de l'environnement, faciliter l'identification de leurs sources et prévenir les maladies ou symptômes pouvant provenir d'une telle exposition.

## La biosurveillance à l'Institut de veille sanitaire (InVS)

### Pour en savoir plus :

Biosurveillance humaine et santé environnementale  
Bull Epidémiol Hebd 2009;(hors-série):1-32.  
[www.invs.sante.fr/surveillance/biosurveillance/default.htm](http://www.invs.sante.fr/surveillance/biosurveillance/default.htm)

Cette étude s'inscrit comme une pierre angulaire de la stratégie nationale de biosurveillance.

Les polluants étudiés dans ENNS ont été choisis sur la base des données scientifiques et compte tenu de l'exposition possible en France.

Ce document apporte, pour chacune des substances chimiques étudiées, une synthèse de la répartition dans la population des niveaux d'imprégnation (sang, urine ou cheveux selon les substances), ce qui permettra notamment de servir de référence ou d'établir des comparaisons.

Cette synthèse est accompagnée d'une information générale sur les usages courants et les facteurs associés, et d'une comparaison avec d'autres résultats observés en France et à l'étranger (données allemandes et américaines essentiellement).

## Une première étape de référence dans la stratégie de biosurveillance

## Des résultats à interpréter en fonction des rares seuils de gestion ou de sécurité sanitaire déjà établis et à compléter par d'autres études

L'ensemble de ces données peut également servir à établir des recommandations de gestion des risques.

Seuls quelques biomarqueurs peuvent cependant être interprétés en termes de risques potentiels pour la santé en fonction des niveaux d'imprégnation. Ce sont par exemple la plombémie, le mercure capillaire, la cadmiurie ou les PCB sériques. Pour ces biomarqueurs (sauf peut-être le mercure capillaire), on observe des dépassements des seuils dans une proportion plus (PCB) ou moins (cadmium) importante de la population, ce qui indique que les efforts de réduction de l'exposition à ces polluants doivent être poursuivis. Les autres biomarqueurs n'ont pu faire l'objet que d'une comparaison avec les résultats d'autres études françaises ou étrangères.

Les résultats descriptifs détaillés et les analyses multivariées des facteurs de risque feront l'objet de rapports ultérieurs. Des études et recherches complémentaires seront par ailleurs nécessaires pour approfondir certains des résultats obtenus.

## Volet environnemental d'ENNS : décrire l'exposition de la population à certains métaux et pesticides et leurs déterminants

ENNS est une enquête réalisée auprès d'un échantillon représentatif de la population résidant en France métropolitaine pendant la période 2006-2007 [Usen, 2007]. Cette étude a été conduite par l'InVS et l'Université Paris 13.

Elle avait pour objectif principal d'évaluer les consommations alimentaires, l'état nutritionnel et l'activité physique en lien avec des données de santé dans un échantillon représentatif d'environ 3 100 personnes **adultes âgées de 18 à 74 ans** et 1 700 **enfants âgés de 3 à 17 ans** en France métropolitaine. Elle a été réalisée dans le cadre du Programme national nutrition santé (PNNS).

Cette étude comprenait un volet environnemental, dont l'objectif était de décrire l'exposition de la population à certains métaux et pesticides (ces derniers obtenus sur un sous-échantillon), et de connaître les déterminants de cette exposition.





Les différentes informations recueillies, les types de prélèvements et dosages sont présentés dans le tableau 1.

Les dosages concernaient des contaminants chimiques de l'alimentation et de l'environnement : 11 métaux, 6 PCB et trois familles chimiques de pesticides (organochlorés, organophosphorés et pyréthrinoides).

Le volet clinique et biologique a été réalisé, soit dans un Centre d'examen de santé (CES) de l'Assurance maladie, soit à domicile lors du passage d'un infirmier mandaté par l'InVS. Les prélèvements biologiques ont été adressés à différents laboratoires.

| TABLEAU 1 |

### Étude ENNS : informations recueillies, population d'étude et substances dosées (42 biomarqueurs d'exposition : 11 métaux, 6 PCB et trois familles de pesticides)

Informations recueillies	Population (tirage au sort)	Type de prélèvement	Substances dosées	Nombre de dosages
 Enquête alimentaire	Adultes (18-74 ans)	Sang et urines	11 métaux	2 000
 Questionnaires (face-à-face et auto-administrés) Caractéristiques sociodémographiques Professions Environnement (usages domestiques des pesticides...)		Sang et urines	Pesticides (organochlorés, organophosphorés, pyréthrinoides)	400
 Examen clinique (mesures anthropométriques, pression artérielle)		Sang	PCB Non dioxin like	400
 Prélèvements biologiques (sang, urines, cheveux)		Cheveux	Mercure	400
	Enfants (3-17 ans)	Cheveux	Mercure	1 400

## Métaux et métalloïdes

Les différents métaux dosés dans des milieux biologiques sont : l'antimoine, l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cobalt, l'étain, le mercure, le nickel, le plomb, l'uranium et le vanadium.

### 1 – LEURS USAGES

Les métaux et métalloïdes sont présents dans l'environnement naturellement et, du fait de leurs nombreux usages, ils peuvent alors, de manière variable selon la voie d'exposition et la forme chimique, pénétrer dans l'organisme et souvent ils s'y accumulent.

Les différents usages de ces éléments sont présentés à la page suivante.

### 2 – RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

La plombémie moyenne chez les adultes de 18 à 74 ans est de **25,7 µg/L**. On constate ainsi que la plombémie a très fortement baissé (de l'ordre de 60 %) depuis l'étude réalisée chez des adultes en 1995 [Huel, 1997]. Ce résultat traduit les efforts de réduction des expositions au plomb en France. Toutefois, des valeurs élevées de plombémie sont encore retrouvées, notamment chez des personnes ayant effectué des travaux de rénovation dans des logements anciens pouvant contenir d'anciennes peintures au plomb. Seulement 1,7 % des adultes participant à ENNS avaient une plombémie d'au moins 100 µg/L, seuil réglementaire pour le saturnisme infantile et l'exposition de la femme enceinte.

BAISSE  
DE LA PLOMBÉMIE

CADMIUM :  
NIVEAUX COMPARABLES  
EN EUROPE

En revanche, les niveaux de cadmium urinaires, dont la moyenne est de **0,29 µg/g** de créatinine, sont assez similaires à ceux observés dans des études françaises précédentes (en 1997, 2000, 2005) et à ceux d'autres études conduites en Europe et aux États-Unis. La cadmiurie augmente avec l'âge, car le cadmium est un toxique cumulatif. Elle est plus élevée chez les femmes que chez les hommes et est fortement influencée par le tabagisme. Le seuil de 2,5 µg/g de créatinine correspondant à une augmentation du risque d'atteinte rénale n'est dépassé que dans 1,5 % des cas.

Les concentrations mercurielles dans les cheveux sont relativement faibles (**0,59 µg de mercure/g de cheveux chez les adultes et 0,37 µg/g de cheveux chez les enfants**) et toutes inférieures à 10 µg/g (seuil OMS) ; si on se base sur le seuil proposé par le CDC (1 µg/g), 9,2 % des enfants, 19 % des adultes, dont 3,9 % de femmes de 18 à 45 ans, dépassent 1 µg/g de cheveux. Ces niveaux sont bas si on les compare à ceux observés en Guyane où un suivi de l'exposition mercurielle est réalisé depuis plus de 15 ans [Cardoso, 2010]. Ils sont supérieurs à ceux des allemands et des américains mais inférieurs à ceux des espagnols. Ces résultats traduisent probablement la différence de consommation de poisson dans ces pays : la concentration capillaire de mercure est un indicateur de la dose interne de mercure organique et le poisson constitue le principal apport de mercure organique dans la population générale ; la consommation de poisson est deux fois moindre en Allemagne et aux États-Unis qu'en France et supérieure en Espagne.

MERCURE  
ET CONSOMMATION  
DE POISSONS

ARSENIC INORGANIQUE  
RELATIVEMENT BAS

La concentration moyenne d'arsenic inorganique (forme la plus toxique d'arsenic) et de ses dérivés méthylés est égale à **3,3 µg/g** créatinine (12 µg/g pour l'arsenic total). Quarante-deux (96 %) de la population n'ayant pas consommé de produits de la mer au cours des 72 heures précédant le prélèvement se situent en dessous de 10 µg/g de créatinine. Cette valeur est celle en dessous de laquelle se situe 90-95 % des populations dans la plupart des études internationales. Si les concentrations urinaires d'arsenic sont influencées par la consommation de produits de la mer, elles augmentent également avec la consommation de vin.

Les concentrations urinaires des autres métaux dosés chez les adultes de 18 à 74 ans sont assez similaires à ce qu'on observe à l'étranger. Les concentrations moyennes sont égales à **0,075 µg/g** de créatinine pour l'antimoine, **0,17 µg/g** pour le chrome, **0,21 µg/g** pour le cobalt, **0,51 µg/g** pour l'étain total, **1,23 µg/g** pour le nickel, **4,4 ng/g** pour l'uranium et **0,85 µg/g** pour le vanadium.

Les facteurs associés aux concentrations de métaux retrouvés dans l'organisme sont très souvent l'âge et le sexe. On retrouve parfois également d'autres facteurs plus spécifiques, comme le degré d'urbanisation pour le vanadium, sachant que ce dernier est émis par les pots catalytiques des automobiles.

AUTRES MÉTAUX

## ANTIMOINE

- Microélectronique
- Médicaments
- Munitions
- Alliages (soudures, munitions...)
- Accumulateurs
- Étain domestiques
- Pigments
- Ignifugeants
- Plastiques

## ARSENIC

- Production
  - Alliages métalliques
  - Verre
  - Composants électroniques
  - Pigment (émaux, peinture, verre)
  - Tannage des peaux, naturalisation des animaux
  - Traitement protecteur du bois
  - Médicaments (homme et animal)
  - Pesticides (jusqu'en 2001)

## CADMIUM

- Protection de l'acier contre la corrosion (cadmiage)
  - Alliages (câbles, roulements à bille, soudures)
  - Fabrication de piles et batteries (Cd/Ni)
  - Microélectronique
  - Colorants
  - Stabilisant pour les plastiques
  - Production d'autres métaux (zinc, plomb, cuivre)
  - Fumée de tabac

## CHROME

- Forme métallique : alliages (acier inoxydable)
- Chrome VI et III
  - Électrodéposition de chrome (chromage)
  - Colorants et pigments
  - Tannage des peaux
  - Préservation du bois
  - Ciment

## COBALT

- Production
  - Alliages très résistants (aviation, automobile)
  - Aimants
  - Outils de coupe (scies, forêts)
  - Ustensiles de cuisine
  - Alliages dentaires et chirurgicaux (prothèses)
  - Disques à polir
- Sels de cobalt
  - Pigment bleu (émaux, encres, peintures, verre, porcelaine)
  - Siccatifs de peintures
  - Résines polyesters

## ÉTAIN

- Étain métallique
- Composition
  - Étamage (fer blanc)
  - Alliages (bronzes)
  - Matériaux de soudure
- Applications
  - Plomberie, électricité
  - Bijouterie
  - Amalgames dentaires
  - Récipients pour aliments, boissons, aérosols
- Sels organiques d'étain
- Biocide (en voie d'abandon)
- Additifs, colorants
- Catalyseur
- Industrie textile

## MERCURE

- Applications industrielles
  - Équipements électriques
  - Ampoules (dont à faible consommation d'énergie)
  - Appareils de mesure (manomètres, baromètres, autrefois thermomètres)
  - Amalgames dentaires
  - Production de chlore et de soude
  - Biocides
  - Explosifs
  - Récupération des métaux précieux
  - Dorure

## NICKEL

- Alliages (aciers inoxydables)
- Ustensiles de cuisine
- Pièces de monnaie
- Bijoux (aujourd'hui interdit), boutons
- Mécanique automobile
- Aviation
- Plomberie
- Équipements ménagers
- Agroalimentaire
- Prothèses dentaires et chirurgicales
- Revêtement de protection
- Fabrication d'aimants
- Fabrication de batteries (Cd/Ni)
- Dérivés inorganiques du nickel
  - Catalyseurs
  - Pigments (émaux, céramiques)

## PLOMB

- Industrie métallurgique, automobile, imprimerie
- Isolation
- Couverture des toits, des terrasses, des balcons
- Protection contre le bruit et les radiations
- Batteries
- Alliages (laiton, bronze, acier), fils et bâtons à souder
- Étamage
- Plomberie (anciennes canalisations)
- Plastiques (pigment ou stabilisant)
- Munitions (plombs de chasse)
- Verre (cristal), émaux (céramique, médailles)
- Fabrication et emploi de pigments
- Vernis, mastics, peintures (minium, céruse (anciennes peintures dans les logements))
- Antidétonant dans l'essence (aujourd'hui interdit)

## URANIUM

- Combustible nucléaire, source de radiations ionisantes
- Sels d'uranium
  - Pigments (céramiques, verres, peintures luminescentes, microscope électronique, photographie...)
- L'uranium appauvri
  - Lest pour les quilles de bateaux, avions
  - Arme de guerre (projectile antichars)

## VANADIUM

- Alliages (aciers spéciaux)
- Catalyseur dans l'industrie chimique
- Pots d'échappement catalytiques
- Modificateur de couleur (lampes à vapeur de mercure)
- Composant de pièces (industrie électrique et électronique)
- Industrie des peintures, laques, vernis, encres, teintures

| TABLEAU 2 |

### Distribution des biomarqueurs de métaux dans la population d'étude

Biomarqueurs	Matrice	Unité	n	Niveau moyen*	Percentiles					
					10	25	50	75	95	
Antimoine	Urine	µg/g cr.	1991	<b>0,075</b>	[0,072;0,078]	0,033	0,048	0,072	0,120	0,250
Arsenic total	Urine	µg/g cr.	1515	<b>11,96</b>	[11,41;12,53]	4,29	6,42	10,72	21,69	61,29
Arsenic inorganique**	Urine	µg/g cr.	1500	<b>3,34</b>	[3,23;3,45]	1,44	2,28	3,53	5,07	8,90
Cadmium	Urine	µg/g cr.	1930	<b>0,29</b>	[0,28;0,31]	0,13	0,18	0,29	0,45	0,91
Chrome	Urine	µg/g cr.	1991	<b>0,17</b>	[0,16;0,18]	0,08	0,12	0,17	0,26	0,54
Cobalt	Urine	µg/g cr.	1991	<b>0,21</b>	[0,20;0,22]	0,09	0,13	0,19	0,32	1,13
Étain	Urine	µg/g cr.	1991	<b>0,51</b>	[0,49;0,53]	0,17	0,30	0,53	0,93	2,28
Mercure adultes	Cheveux	µg/g chev.	365	<b>0,59</b>	[0,54;0,64]	0,26	0,41	0,46	0,85	1,8
Mercure enfants	Cheveux	µg/g chev.	1364	<b>0,37</b>	[0,35;0,38]	0,13	0,24	0,38	0,61	1,2
Nickel	Urine	µg/g cr.	1991	<b>1,23</b>	[1,17;1,28]	0,57	0,88	1,30	1,93	3,77
Plomb	Sang	µg/L	1949	<b>25,7</b>	[24,9;26,5]	12	17	25	39	73
Uranium	Urine	ng/g cr.	1991	<b>4,4</b>	[4,2;4,6]	1	3	5	8	21
Vanadium	Urine	µg/g cr.	1991	<b>0,85</b>	[0,82;0,89]	0,32	0,51	0,87	1,42	2,80

n : nombre de dosages effectués dans l'échantillon ENNS.

µg/g cr. : microgramme par gramme de créatinine; µg/g chev. : microgramme par gramme de cheveux.

\* Niveau moyen : moyenne géométrique et son intervalle de confiance à 95 %.

\*\* Arsenic inorganique : somme de l'arsenic inorganique et de ses dérivés méthylés (Asi+MMA+DMA).

MMA : acide monométhylarsinique; DMA : acide diméthylarsinique.

§ Percentile : valeur de concentration du biomarqueur en dessous de laquelle se retrouvent 10 % (P10), 25 % (P25), 50 % (P50, médiane), 75 % (P75), 95 % (P95) de la population.

## Pesticides

L'originalité de cette étude porte sur les pesticides, puisqu'on dispose de la distribution des concentrations sériques des pesticides ou des excréctions urinaires de métabolites de trois familles chimiques, les organochlorés, les organophosphorés et les pyréthri-noïdes.

### 1 – LEURS USAGES

#### PESTICIDES ORGANOCHLORÉS

Les pesticides organochlorés, dont le DDT, sont efficaces contre de nombreux insectes. Un certain nombre d'organochlorés, dont l'hexachlorobenzène et le pentachlorophénol, a été utilisé principalement comme fongicide et antimicrobien. Tous les chlorophénols ont été employés comme biocides et certains d'entre eux pour la production de produits phytosanitaires. Ces produits chimiques ont été introduits dans les années 1940 et beaucoup de leurs utilisations ont été limitées en raison de leur persistance dans l'environnement. À l'exception des chlorophénols, ces produits chimiques ne sont plus ou peu utilisés en France.

Ainsi, certains pesticides organochlorés ou leurs métabolites connus pour leur rémanence dans l'environnement ont été dosés :

- dans le sérum :
  - le lindane (encore appelé  $\gamma$ -HCH) et l' $\alpha$ -et  $\beta$ -HCH ;
  - le DDT et son métabolite le DDE ;
  - l'hexachlorobenzène (HCB) ;
- ou dans l'urine :
  - le 4-monochlorophénol (4-MCP) ;
  - le 2,4-dichlorophénol (2,4-DCP) ;
  - le 2,5-dichlorophénol (2,5-DCP), métabolite du 1,4-dichlorobenzène, très largement utilisé comme antimitoses ;
  - le 2,4,5- et le 2,4,6-trichlorophénol (2,4,5- et 2,4,6-TCP) ;
  - et le pentachlorophénol (PCP) qui a été utilisé pour le traitement du bois.

#### PESTICIDES ORGANOPHOSPHORÉS

Le développement des organophosphorés en tant que pesticides date du début des années 1970 comme alternative aux composés organochlorés comme le DDT, persistant dans l'environnement et l'organisme humain. Les organophosphorés se sont imposés rapidement par leur grande efficacité notamment contre les insectes.

Leur exposition a été estimée par le dosage dans l'urine de six dialkylphosphates, métabolites communs à de nombreux insecticides organophosphorés différents (3 de type éthyl (DE) et 3 de type méthyl (DM) phosphates).

#### PESTICIDES PYRÉTHRINOÏDES

Les pyréthri-noïdes ont représenté dans les années 1970 une alternative aux molécules plus anciennes (organochlorés, organophosphorés, carbamates...), dont l'écotoxicité commençait à être dénoncée. Les pesticides pyréthri-noïdes comme les organophosphorés sont aujourd'hui parmi les insecticides les plus utilisés.

Les pesticides pyréthri-noïdes sont utilisés contre une grande variété d'insectes en agriculture, horticulture, dans le domaine forestier, en santé publique (dans les hôpitaux), dans les constructions publiques et commerciales, dans les installations pour les animaux, dans les entrepôts, les serres et pour un usage domestique. Ainsi, dans les maisons, les pyréthri-noïdes, tels que la perméthrine, ne sont pas utilisés uniquement pour des opérations de lutte contre les insectes, sur les plantes, mais aussi pour la protection des textiles, tels que les tapis. Certains insecticides pyréthri-noïdes (comme la perméthrine, la resméthrine et la sumithrine) sont aussi utilisés dans la lutte antimoustique ou pour lutter contre des parasites.

Les métabolites des pyréthri-noïdes dosés dans l'étude sont au nombre de cinq :

- Br<sub>2</sub>CA : l'acide cis-3-(2,2-dibromo-vinyl)-2,2-diméthylcyclopropane-carboxylique ;
- cis-Cl<sub>2</sub>CA et trans-Cl<sub>2</sub>CA : les acides cis- et trans-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-diméthylcyclopropane-carboxylique ;
- F-BPA : l'acide 4-fluoro-3-phénoxybenzoïque, métabolite de la cyfluthrine ;
- et 3-BPA : l'acide 3-phénoxybenzoïque, métabolite de la perméthrine, cyperméthrine, deltaméthrine et d'autres pyréthri-noïdes.



## 2 – RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

Les pesticides organochlorés ou leurs métabolites ont pu être **quantifiés pour l'ensemble des individus ou presque, à l'exception du lindane** qui n'a pu être quantifié que **chez seulement 7 % des individus environ**.

**PESTICIDES  
ORGANOCHLORÉS :  
DES NIVEAUX ASSEZ BAS  
SAUF POUR LE 2,5-DCP**

Les **concentrations sériques moyennes** des pesticides organochlorés sont de **24 ng/g** de lipides pour l'**HCB**, **0,6 et 0,30 ng/g** pour l' $\alpha$ -et  $\beta$ -**HCH**, **4 ng/g** et **120 ng/g** de lipides pour le **DDT** et son métabolite le **DDE**.

Les concentrations urinaires moyennes des pesticides organochlorés sont de 5,42  $\mu\text{g/g}$  de créatinine pour le **4-MCP**, **1,07  $\mu\text{g/g}$  cr.** pour le **2,4-DCP**, **10,30  $\mu\text{g/g}$  cr.** pour le **2,5-DCP**, **0,14 et 0,36  $\mu\text{g/g}$  cr.** pour le **2,4,5-** et **2,4,6-TCP** et **0,88  $\mu\text{g/g}$  cr.** pour le **PCP**. Selon les pesticides, on observe des niveaux plus ou moins élevés par comparaison avec d'autres pays.

En moyenne, les niveaux français d'**HCB** se situent entre les niveaux observés dans les populations américaines et allemandes et généralement plus bas que ceux observés dans d'autres pays européens. Les concentrations moyennes françaises de **DDT** ou de **DDE** dans le sérum sont faibles et inférieures à celles signalées dans d'autres pays étrangers et avec un faible rapport **DDT/DDE**, confirmant ainsi que, du fait de son interdiction, l'exposition au **DDT** a cessé depuis longtemps en France.

Globalement, les données françaises concernant les chlorophénols sont similaires à celles rapportées aux États-Unis [CDC, 2009] et en Allemagne (il y a 10 ans; Becker, 2002), excepté pour le **2,5-DCP** dont le niveau moyen est environ 10 fois plus élevé en France qu'en Allemagne; ce biomarqueur est un métabolite du paradichlorobenzène utilisé comme antimite, désodorisant ou désinfectant. Cette observation doit conduire à la recherche d'une possible particularité française dans l'exposition à cette substance.

Les métabolites dialkylphosphates (**DAP**), communs à de nombreux insecticides organophosphorés, ont été retrouvés dans plus de 90 % des échantillons urinaires. La majorité de ces échantillons contenait à la fois des métabolites de type éthyl (**DE**) et méthyl (**DM**) phosphates. Les niveaux moyens les plus élevés parmi les six métabolites **DAP** sont observés pour le diméthylphosphate (**DMP**) et le diméthylthiophosphate (**DMTP**).

Les concentrations moyennes dans les urines sont égales à **7,10  $\mu\text{g/g}$  cr.** pour le **DMP**, **6,57  $\mu\text{g/g}$  cr.** pour le **DMTP** et à **0,75  $\mu\text{g/g}$  cr.** pour le **DMDTP** (diméthylthiophosphate).

Pour les trois diéthylphosphates (diéthylphosphate (**DEP**), diéthylthiophosphate (**DETP**) et diéthylthio-phosphate (**DEDTP**)), elles sont égales à **3,89  $\mu\text{g/g}$  cr.**, **1,05  $\mu\text{g/g}$  cr.** et **0,018  $\mu\text{g/g}$  cr.** respectivement.

Globalement, les niveaux de dialkylphosphates dans les urines des français âgés de 18 à 74 ans sont similaires à ceux des allemands [Heudorf, 2006] et supérieurs à ceux des américains [CDC, 2009].

**PESTICIDES  
PYRÉTHRINOÏDES :  
NIVEAUX SUPÉRIEURS  
À CEUX DES AMÉRICAINS  
ET DES ALLEMANDS**

Les métabolites des pesticides pyréthrinoïdes ont été **retrouvés dans plus de 80 % des échantillons, à l'exception du F-BPA (30 %) et du cis-Cl<sub>2</sub>CA (55 %)**.

Les niveaux les plus élevés de métabolites de pyréthrinoïdes ont été retrouvés pour le **3-BPA**, qui est un métabolite de nombreux insecticides pyréthrinoïdes, dont la cyperméthrine, la deltaméthrine, la perméthrine. Ces niveaux sont deux fois supérieurs à ceux du **trans-Cl<sub>2</sub>CA** et du **Br<sub>2</sub>CA** (métabolite de la deltaméthrine), eux même deux fois plus élevés que pour le **cis-Cl<sub>2</sub>CA** (présent dans 55 % des échantillons). Quant au **F-BPA**, métabolite spécifique de la cyfluthrine, il n'a pu être quantifié que dans 30 % des cas. Le rapport **trans/cis Cl<sub>2</sub>CA** dans la population française est environ égal à 2/1, indiquant une exposition principalement par voie orale ou respiratoire plutôt que par voie cutanée.

Les concentrations moyennes dans les urines sont égales à **0,72  $\mu\text{g/g}$  cr.** pour le **3-BPA**, **0,36  $\mu\text{g/g}$  cr.** pour le **Br<sub>2</sub>CA**, **0,16  $\mu\text{g/g}$  cr.** et **0,36  $\mu\text{g/g}$  cr.** pour le **cis-Cl<sub>2</sub>CA** et le **trans-Cl<sub>2</sub>CA** respectivement.

Les niveaux moyens français des métabolites des pyréthrinoïdes semblent environ trois fois plus élevés que ceux observés aux États-Unis [CDC, 2009] et encore supérieurs aux niveaux allemands [Heudorf, 2006]. Il est vraisemblable que les usages soient différents en France et dans ces pays.

**PESTICIDES  
ORGANOPHOSPHORÉS :  
NIVEAUX SUPÉRIEURS  
À CEUX DES AMÉRICAINS  
ET SIMILAIRES À CEUX  
DES ALLEMANDS**

## Distribution des biomarqueurs de pesticides dans la population d'étude

Biomarqueurs	Matrice	Unité	n	Niveau moyen*	Percentiles					
					10	25	50	75	95	
<b>Organochlorés</b>										
HCB	Sérum	ng/g lip.	386	<b>24</b>	[23;26]	12	16	23	33	73
α-HCH	Sérum	ng/g lip.	386	<b>0,6</b>	[0,5;0,7]	0,13	0,4	0,7	1,1	1,8
β-HCH	Sérum	ng/g lip.	386	<b>30</b>	[28;38]	8,4	14	27	71	190
γ-HCH	Sérum	ng/g lip.	386	<LOD	-	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
DDT	Sérum	ng/g lip.	386	<b>4</b>	[3;5]	1,2	2,2	3,8	6,9	33
DDE	Sérum	ng/g lip.	386	<b>120</b>	[100;140]	38	61	100	210	730
4-MCP	Urine	µg/g cr.	393	<b>5,42</b>	[4,7;6,3]	2,22	2,59	4,35	7,94	35,11
2,4-DCP	Urine	µg/g cr.	393	<b>1,07</b>	[1,0;1,2]	0,34	0,53	0,97	1,86	7,92
2,5-DCP	Urine	µg/g cr.	393	<b>10,30</b>	[8,4;12,7]	1,25	2,50	7,99	31,87	221,48
2,4,5-TCP	Urine	µg/g cr.	393	<b>0,14</b>	[0,13;0,16]	0,05	0,08	0,14	0,24	0,53
2,4,6-TCP	Urine	µg/g cr.	393	<b>0,36</b>	[0,34;0,39]	0,18	0,25	0,35	0,52	0,96
PCP	Urine	µg/g cr.	393	<b>0,88</b>	[0,78;0,98]	0,29	0,48	0,90	1,56	3,29
<b>Organophosphorés</b>										
DMP	Urine	µg/g cr.	392	<b>7,10</b>	[6,10;8,26]	1,82	3,94	8,04	14,15	59,46
DMTP	Urine	µg/g cr.	392	<b>6,57</b>	[5,6;7,7]	1,66	3,01	5,95	13,54	48,74
DMDTP	Urine	µg/g cr.	392	<b>0,75</b>	[0,6;0,9]	0,21	0,35	0,54	1,74	7,31
DEP	Urine	µg/g cr.	392	<b>3,89</b>	[3,40;4,40]	1,17	2,30	3,66	6,57	15,91
DETP	Urine	µg/g cr.	392	<b>1,05</b>	[0,9;1,2]	0,2	0,44	1,12	2,53	6,53
DEDTP	Urine	µg/g cr.	392	<b>0,018</b>	[0,015;0,022]	0,005	0,008	0,015	0,03	0,26
<b>Pyréthroïdes</b>										
3-PBA	Urine	µg/g cr.	396	<b>0,72</b>	[0,64;0,81]	0,24	0,38	0,63	1,40	3,48
F-BPA	Urine	µg/g cr.	396	<LOD	-	<LOD	<LOD	<LOD	0,11	0,98
Br <sub>2</sub> CA	Urine	µg/g cr.	396	<b>0,36</b>	[0,31;0,41]	0,096	0,17	0,35	0,67	2,18
cis-Cl <sub>2</sub> CA	Urine	µg/g cr.	396	<b>0,16</b>	[0,14;0,19]	0,048	0,077	0,14	0,29	1,24
trans-Cl <sub>2</sub> CA	Urine	µg/g cr.	396	<b>0,38</b>	[0,32;0,45]	0,10	0,18	0,31	0,69	2,64

n : nombre de dosages effectués dans l'échantillon ENNS.

µg/g cr. : microgramme par gramme de créatinine ; ng/g lip. : nanogramme par gramme de lipides.

<LOD : inférieur à la limite de détection : 0,1 µg/L pour FBPA, 10 ng/L pour γ-HCH.

\* Niveau moyen : moyenne géométrique et son Intervalle de confiance à 95 %.

# Polychlorobiphényles

Également connus, en France, sous le nom de pyralènes.

Six polychlorobiphényles (PCB) indicateurs ont été dosés : PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

## 1 – LEURS USAGES

Les PCB ont été utilisés par l'industrie, sous forme de mélange, pour leurs propriétés isolantes (transformateurs électriques) ainsi que pour leur stabilité chimique et physique (encres, peintures). Le pic de production a eu lieu au début des années 1970. Ensuite, leur production et leur utilisation ont progressivement été réduites au cours des années 1970 pour être finalement interdite en 1987.

Les PCB dosés dans l'étude sont les PCB non "dioxin-like" (PCB-NDL), qui agissent selon un mécanisme d'action différent de celui des dioxines. Certains d'entre eux étant particulièrement abondants dans l'environnement et les aliments (50 % de la quantité des PCB), on les nomme aussi PCB indicateurs.

## 2 – RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

Les PCB-NDL 138, 153 et 180 sont les substances présentes en plus grande quantité.

Les concentrations moyennes dans le sérum sont égales à **2,2, 1 et 1,1 ng/g** de lipides pour les **PCB 28, 53 et 101** respectivement et **70 ng/g** de lipides pour le **PCB 138**, **110 ng/g** pour le **PCB 153** et **90 ng/g** pour le **PCB 180**, la moyenne de la somme des **6 PCB** étant égale à **290 ng/g** de lipides.

Ces niveaux sont similaires à ceux observés dans l'étude d'imprégnation au voisinage des incinérateurs réalisée par l'InVS en 2005. Ils sont un peu supérieurs à ceux rapportés dans la population allemande il y a 10 ans [Becker, 2002]; il est vraisemblable que ces niveaux observés en Allemagne ont diminué depuis. Les niveaux français sont également quatre à cinq fois plus élevés que ceux de la population américaine [CDC, 2009] ou néo-zélandaise [Bates, 2004]. En revanche, ils sont inférieurs à ceux observés en République tchèque [NIPH, 2005]. Cette observation doit inciter à une analyse des spécificités des différents pays afin de mieux comprendre l'origine des différences d'exposition observées.

Si on considère les seuils sanitaires proposés par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) (5 mars 2010), 3,6 % des femmes en âge de procréer (18-45 ans) ont une concentration de PCB totaux supérieure au seuil de 700 ng/g de lipides et 0,4 % des autres adultes ont une concentration supérieure au seuil de 1 800 ng/g de lipides.

Comme d'autres substances organochlorées dosées dans le sérum, les concentrations de PCB sont influencées par l'âge, le sexe et la corpulence.

### | TABLEAU 4 |

#### Distribution des biomarqueurs de PCB-NDL dans la population d'étude

Biomarqueurs	Matrice	Unité	n	Niveau moyen*	Percentiles					
					10	25	50	75	95	
PCB 28	Sérum	ng/g lip	386	2,2	[1,9;2,5]	0,5	1,6	2,7	3,9	5,7
PCB 52	Sérum	ng/g lip	386	1	[0,2;3,1]	0,33	0,58	0,89	1,4	2,2
PCB 101	Sérum	ng/g lip	386	1,1	[0,9;1,3]	0,23	0,62	1,3	2	3,7
PCB 138	Sérum	ng/g lip	386	70	[60;80]	29	48	73	120	190
PCB 153	Sérum	ng/g lip	386	110	[100;130]	40	80	130	190	290
PCB 180	Sérum	ng/g lip	386	90	[80;110]	34	64	110	150	270
Somme des 6 PCB	Sérum	ng/g lip	386	290	[260;320]	110	210	320	470	720
PCB totaux**	Sérum	ng/g lip	386	480	[430;530]	180	340	540	790	1210

n : nombre de dosages effectués dans l'échantillon ENNS.

ng/g lip. : nanogramme par gramme de lipides.

\* Niveau moyen : moyenne géométrique et son intervalle de confiance à 95 %.

\*\* Somme des 3 PCB-NDL (138, 153, 180)x1,7.

- Afssa, Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Avis du 5 mars 2010 relatif à l'interprétation sanitaire des niveaux d'imprégnation de la population française en PCB. 2010, 20 p. [www.afssa.fr/Documents/RCCP2008sa0053.pdf](http://www.afssa.fr/Documents/RCCP2008sa0053.pdf).
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile. US Department of Health and Human Services, Public Health Service. [www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html#bookmark05](http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html#bookmark05).
- Bates MN, Buckland SJ, Garrett N, Ellis H, Needham LL, Patterson DG Jr *et al.* Persistent organochlorines in the serum of the non-occupationally exposed New Zealand population. *Chemosphere* 2004;54:1431-43.
- Batista J, Schuhmacher M, Domingo JL, Corbella J. Mercury in hair for a child population from Tarragona province, Spain. *Sci. total environ.* 1996;193(2):143-148.
- Becker K, Kaus S, Krause C, Lepom P, Schulz C, Seiwert M *et al.* German Environmental Survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in blood of the German population. *Int J Hyg Environ Health* 2002;205:297-308.
- CDC, Centers for Disease Control and Prevention. Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, 2009, 520 p. [www.cdc.gov/exposurereport/](http://www.cdc.gov/exposurereport/).
- Cardoso T, Blateau A, Chaud P, Ardillon V, Boyer S, Flamand C, Godard E, Fréry N, Quénel P. Le mercure en Guyane française: synthèse des études d'imprégnation et d'impact sanitaires menées de 1994 à 2005. *Bull Epidemiol Hebd* 2010;13:118-20. [www.invs.sante.fr/BEH](http://www.invs.sante.fr/BEH).
- Fréry N, Volatier JL, Zeghnoun A, Sarter H, Falq G, Thébault A, Pascal M, Bérat B, De Crouy-Chanel P. Étude d'imprégnation par les dioxines des populations vivant à proximité d'usines d'incinération d'ordures ménagères. Rapport d'étude. Saint-Maurice (Fra) : Insitut de veille sanitaire, février 2009, 228 p. Disponible sur : [www.invs.sante.fr/surveillance/incinerateurs/default.htm](http://www.invs.sante.fr/surveillance/incinerateurs/default.htm).
- Heudorf U, Butte W, Schulz C, Angerer J. Reference values for metabolites of pyrethroid and organophosphorous insecticides in urine for human biomonitoring in environmental medicine. *Int J Hyg Environ Health* 2006;209(3):293-9.
- Huel G, Jouan M, Fréry N *et al.* Surveillance de la population française vis-à-vis du risque saturnin. Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale) – RNSP (Réseau national de santé publique). 1997, 90 p. et annexes.
- McDowell MA, Dillon CF, Osterloch J *et al.* Hair mercury levels in US children and women of childbearing age: reference range data from Nhanes 1999-2000. *Environ Health Persp* 2004;112(11):1165-171.
- NIPH, National Institute of Public Health. Summary report – 2005. Environmental health monitoring system in the Czech Republic. Prague, November 2006, 126 p. [www.szu.cz/chzpa/sumrep.htm](http://www.szu.cz/chzpa/sumrep.htm).
- Usen, Unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle. Étude nationale nutrition sante (ENNS, 2006) – Situation nutritionnelle en France en 2006 selon les indicateurs d'objectif et les repères du Programme national nutrition sante (PNNS). Institut de veille sanitaire, Université de Paris 13, Conservatoire national des arts et métiers. 2007 : 74 p. Disponible sur : [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr), dossier thématique "nutrition et santé".

**Mots clés :** exposition, métaux, pesticides, PCB, environnement, biomarqueurs, biosurveillance, polluants, population française

Citation suggérée :

Fréry N, Saoudi A, Garnier R, Zeghnoun A, Falq G, Guldner L. Exposition de la population française aux polluants de l'environnement – Volet environnemental de l'Étude nationale nutrition santé – Premiers résultats. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, septembre 2010, 12 p. Disponible sur : [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)

**Auteurs**

Nadine Fréry<sup>1</sup>, Abdelsattar Saoudi<sup>1</sup>, Robert Garnier<sup>2</sup>, Abdelkrim Zeghnoun<sup>1</sup>, Grégoire Falq<sup>1</sup>, Laurence Guldner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de veille sanitaire – Département santé environnement – Saint-Maurice

<sup>2</sup> Centre antipoison et de toxicovigilance de Fernand Widal – Paris

**Nos remerciements vont tout particulièrement aux participants qui ont donné de leur temps et sans lesquels cette étude n'aurait pu voir le jour.**

INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE

12 rue du Val d'Osne

94 415 Saint-Maurice Cedex France

Tél. : 33 (0)1 41 79 67 00

Fax : 33 (0)1 41 79 67 67

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

ISSN : 1958-9719

ISBN : 978-2-11-099217-8

ISBN-NET : 978-2-11-099430-1

Imprimé par Bialec-Nancy

Tirage : 2 200 exemplaires

Réalisé par Diadeis-Paris

Dépôt légal : septembre 2010