

# **IMPRÉGNATION DE LA POPULATION FRANÇAISE** **PAR LES COMPOSÉS PERFLUORÉS : RÉSULTATS** **DE L'ÉTUDE ESTEBAN 2014-2016**

PROGRAMME NATIONAL DE BIOSURVEILLANCE

**Amivi OLEKO**, Clémence FILLLOL, Abdelkrim ZEGHNOUN, Abdessattar SAOUDI  
Santé publique France

**PFAS International Congress**  
**Paris, 20 October 2022**

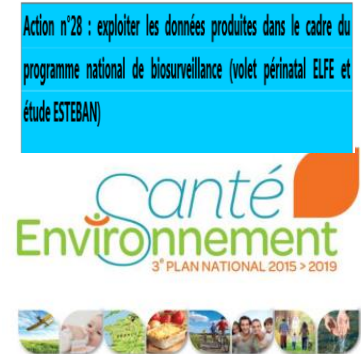
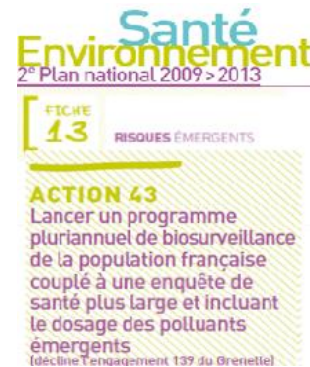
# BACKGROUND

## The French HBM program



DGS et DGPR :  
pilotes  
administratifs

Santé publique  
France : pilote  
opérationnel



## PROGRAMME NATIONAL DE BIOSURVEILLANCE DÉCLINÉ AUJOURD'HUI EN DEUX VOLETS COMPLÉMENTAIRES :



- **Volet périnatal** : sous-échantillon femmes enceintes sélectionnées parmi celles participant à la cohorte Elfe



- **Étude Esteban** : Etude de SanTé sur l'Environnement, la Biosurveillance, l'Activité physique et la Nutrition : adultes (18-74 ans) et enfants (6-17 ans)

# BACKGROUND

## The French HBM program



Toxicologie Analytique et Clinique

Volume 29, Issue 4, December 2017, Pages 517-537



## Esteban design: A cross-sectional health survey about environment, biomonitoring, physical activity and nutrition (2014–2016)

Alexis Balicco <sup>a</sup>, Amivi Oleko <sup>a</sup>, Emmanuelle Szego <sup>b</sup>, Laura Boschat <sup>a</sup>, Valérie Deschamps <sup>c</sup>, Abdessattar Saoudi <sup>a</sup>, Abdelkrim Zeghnoun <sup>a</sup>, Clémence Fillol <sup>a</sup>



Étude de santé sur  
l'environnement,  
la biosurveillance,  
l'activité physique  
et la nutrition

**esteban**

### Biomonitoring

(Exposure to  
chemicals in the  
environment)

### Nutritional Surveillance

(Food consumption,  
physical activity,  
nutritional status)

### Chronic Disease Surveillance

(Cardiovascular risk,  
diabetes, allergies and  
respiratory diseases)



Study on **H**ealth,  
**E**nvironment,  
**B**iomonitoring,  
physical **A**ctivity  
and **N**utrition

- Mise en œuvre par Santé publique France, Esteban avait pour :
- Objectif principal
  - Estimer les niveaux d'imprégnation de la population vivant en France continentale (6-74 ans) à des substances de l'environnement dont **les composés perfluorés (PFAS)**, ayant un impact présumé et/ou avéré sur la santé et d'établir des valeurs de référence de l'exposition (VRE)
- Objectif secondaire
  - Analyser les déterminants des imprégnations, suivre l'évolution des indicateurs ayant déjà fait l'objet d'un premier recueil lors de la réalisation de l'ENNS en 2006-2007, débiter la surveillance d'autres BM, comparer ces données avec celles observés à l'étranger et apporter des informations nécessaires à la définition et au suivi des politiques de santé publique.
  - **Etude transversale Esteban** : avril 2014-mars 2016, Echantillon représentatif de la population française : 3 021 adultes et 1 355 enfants (**2 504** et **1 104** avec ES)

- **POP** (PNUE et convention de Stockholm), PFOS 2009 / PFOA 2015, utilisés depuis les années 50
- **Règlements européens et français** encadrent l'usage des PFC (PFOA ET PFOS) : Reach, en France depuis 2013 ces substances figurent sur la liste des substances dites SVHC (substance jugée préoccupante, déclaration d'utilisation)
- **Biens de conso.** : imperméabilisants textiles, mousses anti-incendies, revêtements antiadhésifs, certains emballages alimentaires et pharmaceutiques, mousses, encres, cosmétiques, produits ménagers, ustensiles de cuisine, lubrifiants, revêtements de câbles et fils, etc.
- **Exposition de la population** : eau de consommation, nourriture, produits de consommation, poussières, sols et air (inhalation, absorption cutanée, ingestion).

## ■ 3 CATÉGORIES PRINCIPALES :

- Les carboxylates d'alkyls perfluorés (PFCAs) dont l'acide perfluorooctanoïque (**PFOA**), utilisés comme agents actifs dans la production de sel d'ammonium et du polytétrafluoroéthylène utilisé comme revêtement anti-adhésif (Téflon®) ;
- Les sulfonates d'alkyls perfluorés (PFSAs) dont le sulfonate de perfluorooctane (**PFOS**), utilisés comme imperméabilisants et enduits résistants aux matières grasses ;
- Les sulfamides d'alkyls perfluorés, dont le perfluorooctanesulfonamide (**PFOSA**), précurseurs de synthèse d'autres composés perfluorés, en particulier du PFOS.

## ■ MÉTABOLISME :

- Distribution majoritaire : foie, sang, poumons, reins et os. En partie lipophile bioaccumulable
- Pas de mécanisme de métabolisation connu des PFC dans l'organisme. Peu éliminé par les urines

## ■ DEMI-VIE D'ÉLIMINATION

- Longue: PFOA 5-8 ans, PFOS 3-7 ans, PFUnA 4-12 ans, PFHxS 4-15 ans
- Exception : chaines courtes PFBS (remplacement PFOS) 28 jours, PFBA 72-81 H

## ■ EFFETS SANITAIRES :

- CIRC : PFOA cancérogène possible pour l'homme (groupe 2B) / US-EPA : preuves potentielle cancérogénicité du PFOA/PFOS chez l'homme. (cancer testicules /rein)
- Reproduction : altération de la fertilité et de la morphologie spermatique
- Exposition prénatale : effet du PFOA sur le poids à la naissance
- Immunotoxicité, effet sur la thyroïde, Age puberté et ménopause, métabolisme lipidique, lésions hépatiques
- Commission allemande biosurveillance : plasma, population générale (2016) :
  - **HBM-I Value** : - PFOA : 2 µg/L - PFOS : 5 µg/L
  - **HBM-II Value** : - PFOA : 10 µg/L (5 ♀ âge procréer) - PFOS : 20 µg/L (10 ♀ âge procréer)
- EFSA (2018) : 6,9 µg/L (valeur indicative à visée sanitaire pour  $\Sigma$ (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS))

- Sous-échantillons aléatoires : 744 adultes et 249 enfants analysés,
- Période d'inclusion : avril 2014-mars 2016, prise en compte de la saisonnalité (alimentation + exposition aux substances de l'environnement)
- Données collectées : socio-économiques et démographiques, alimentation, mode de vie, activité physique et sédentarité, environnement résidentiel, professionnel, santé générale et consommation de soins
- Matrice sérum à jeun, 2 mL nécessaire pour le dosage
- 6 replicats
- Méthode analytique : Chromatographie en phase liquide couplée à une spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS), laboratoire Laberca/oniris, Nantes
- Résultats descriptifs pondérés pour les adultes et non pondérés pour les enfants en  $\mu\text{g/L}$
- MG non calculée si le taux de censure  $> 40\%$
- Recherche des déterminants uniquement pour les adultes



# RÉSULTATS DESCRIPTIFS

# LIMITES ET TAUX DE DÉTECTION ET DE QUANTIFICATION DES PFC DANS L'ÉTUDE ESTEBAN

Congénères	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	% > LOQ Enfants	% > LOQ Adultes
<b>Carboxylates d'alkyls perfluorés</b>				
PFBA	0,2	0,5	0,40	1,08
PFPA	0,02	0,05	0,40	0,00
PFHxA	0,05	0,2	0,00	0,00
PFHpA	0,05	0,2	5,22	2,76
PFOA	0,02	0,05	100,00	100,00
PFNA	0,05	0,2	99,60	99,50
PFDA	0,05	0,2	71,08	89,20
PFUnA	0,02	0,05	95,58	99,50
PFDoA	0,02	0,05	8,03	22,31
<b>Sulfonates d'alkyls perfluorés</b>				
PFBS	0,05	0,19	0,00	0,00
PFHxS	0,05	0,19	99,60	99,60
PFHpS	0,05	0,19	3,21	53,40
PFOS	0,03	0,1	100,00	100,00
PFDS	0,05	0,19	0,40	0,00
<b>Sulfamides d'alkyls perfluorés</b>				
n-EtPFOSA-AcOH	0,02	0,05	1,60	2,15
n-MePFOSA-AcOH	0,02	0,05	21,29	24,60
PFOSA	0,05	0,2	0,00	0,40

# RESULTS – PFCs IN CHILDREN (1/2)

## EXPOSURE LEVEL DISTRIBUTION µg/L



Children (6-17 years) Level (µg/L)	n	%>LOQ	GM	CI 95 % GM	P50	P75	P95	CI 95 % P95
PFBA	249	0.4	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
PFPA	249	0.4	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
PFHxA	249	0	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
PFHpA	249	5.22	NC	NC	<LOQ	<LOQ	0.168	[0.130 ; 0.240]
PFOA	249	100	1.56	[1.49 ; 1.64]	1.54	1.89	2.76	[2.52 ; 3.33]
PFNA	249	99.6	0.61	[0.57 ; 0.64]	0.57	0.76	1.35	[1.10 ; 1.91]
PFDA	249	71.1	0.24	[0.23 ; 0.26]	0.24	0.31	0.55	[0.45 ; 0.62]
PFUnA	249	95.6	0.12	[0.11 ; 0.13]	0.12	0.16	0.29	[0.24 ; 0.32]
PFDaA	249	8.03	NC	NC	<LOQ	<LOQ	0.06	[0.04 ; 0.07]
PFBS	249	0	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
PFHxS	249	99.6	0.79	[0.74 ; 0.85]	0.73	1.05	2.26	[1.66 ; 3.47]
PFHpS	249	3.2	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
PFOS	249	100	2.22	[2.06 ; 2.39]	2.000	2.95	6.12	[5.19 ; 8.26]
PFDS	249	0.4	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
n-EtFOSAA	249	1.6	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
n-MeFOSAA	249	21.3	NC	NC	<LOQ	<LOQ	0.13	[0.110 ; 0.186]
PFOSA	249	0	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

NC: not calculated due to high censorship rate (40%)



### ▪ **LIMIT OF QUANTIFICATION %LOQ:**

- PFOA and PFOS =100%
- PFNA=99.6% ; PFHxS=99.6 ; PFUnA=95.6% ; PFDA=71.1%;

### ▪ **GEOMETRIC MEANS IN CHILDREN IN FRANCE:**

- PFOS > PFOA > PFHxS > PFNA > PFDA > PFUnA

### ▪ **INTERNATIONAL COMPARISONS:**

- PFCs levels in France were slightly lower for PFOS and PFHxS than those described in Nhanes (USA); higher for PFOA and PFNA over the same period

### ▪ **DETERMINANTS:**

- No research on determinants in children due to the small size of the sample (N=249)

# RESULTS – PFCS IN ADULTS

## EXPOSURE LEVEL DISTRIBUTION $\mu\text{g/L}$



Adults (18 – 74 years) Level ( $\mu\text{g/L}$ )	n	%>LOQ	GM	CI 95 % GM	P50	P75	P95	CI 95 % P95
PFBA	744	1.08	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
PFPA	744	0	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
PFHxA	744	0	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
PFHpA	744	2.76	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
PFOA	744	100	2.08	[1.97 ; 2.20]	2.12	3.02	5.26	[4.82 ; 5.67]
PFNA	744	99.5	0.80	[0.75 ; 0.85]	0.8	1.1	1.91	[1.66 ; 2.07]
PFDA	744	89.2	0.34	[0.32 ; 0.36]	0.32	0.46	0.78	[0.74 ; 0.84]
PFUnA	744	99.5	0.17	[0.16 ; 0.19]	0.18	0.25	0.42	[0.39 ; 0.48]
PFDoA	744	22.3	NC	NC	<LOQ	<LOQ	0.08	[0.08 ; 0.10]
PFBS	744	0	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
PFHxS	744	99.6	1.37	[1.27 ; 1.48]	1.48	2.11	3.42	[3.07 ; 3.89]
PFHpS	744	53.4	0.18	[0.16 ; 0.19]	0.19	0.28	0.48	[0.43 ; 0.54]
PFOS	744	100	4.03	[4.03 ; 4.67]	4.23	6.62	13.54	[11.33 ; 15.59]
PFDS	744	0	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
n-EtFOSAA	744	2.2	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC
n-MeFOSAA	744	24.6	NC	NC	<LOQ	<LOQ	0.13	[0.12 ; 0.18]
PFOSA	744	0.4	NC	NC	<LOQ	<LOQ	<LOQ	NC

NC: not calculated due to high censorship rate (40%)

# RECHERCHE DES DÉTERMINANTS (ADULTES)

# RECHERCHE DES DÉTERMINANTS **ADULTES** : VARIABLES DANS LES MODÈLES

- **6 modèles construits** : PFOA, PFNA, PFDA, PFUnA, PFHxS, PFOS (60%>LOQ)
- **Facteurs d'ajustements et déterminants forcés dans le modèle** : IMC, âge, sexe, diplôme, présence d'enfants, **consommations de poissons et produits de la mer**, ostéoporose
- **Déterminants testés**:
  - **Consommations alimentaires** : eau de robinet, Consommation viandes et charcuteries, œufs, lait et produits laitiers, plats préparés, achats d'aliments pré-emballés (viande, poisson, fromage), fruits, légumes, autoconsommations laits et œufs, œufs, volailles et viandes issus de l'agriculture biologique
  - **Autres déterminants et variables testées** : Revêtement (salon et chambre), habitudes de nettoyage du logement(humide et sec), fréquences d'utilisations : de cosmétiques (rouges à lèvres, crayons, fond de teint, etc.), vernis à ongle, de produits pour cheveux (gel, mousses, laques, etc.), crèmes, huiles, lotions pour le corps, parfum, eau de cologne, déodorant, de produits ménagers (cire, produits d'entretien, assouplissant, liquide vaisselle, etc.), matériaux bricolage (colles, encres, vernis, teintures), résidence à coté d'incinérateur ou de déchetterie, le temps passé devant un écran (>3h ; <3h), niveau de sédentarité, les fréquences d'aération du logement (printemps été/automne hiver), statut tabagique, domaines d'activités/activités de loisirs exposantes,

# RESULTS – PFCS IN ADULTS

## DETERMINANTS



Variables	n (%)	% of GM increase of PFCs [IC95%]					
		PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFHxS	PFOS
Sex							
Woman	428 (51.0)	Référence	Référence	Référence	Référence	Référence	Référence
Man	316 (49.0)	25.3 [12.4 ; 39.7]	5.9 [-4.5 ; 17.3]	1.35 [-10.1 ; 14.3]	-9.8 [-19.3 ; 0.8]	53.8 [38.6 ; 70.7]	20.9 [6.8 ; 36.8]
Housing ventilation (spring/summer)							
very day > 2 times	603 (82.4)	Référence	Référence	Référence	Référence	-	Référence
Every day 1 to 2 times	102 (13.6)	16.1 [-2.9 ; 38.7]	18.0 [1.4 ; 37.2]	18.0 [1.6 ; 37.1]	17.6 [-0.1 ; 38.6]	-	29.9 [1.1 ; 66.8]
Several times/week to less than 1 times/week	37 (4.0)	19.9 [-7.9 ; 56.2]	5.9 [-12.8 ; 28.7]	8.9 [-10.4 ; 32.6]	5.8 [-11.9 ; 27.1]	-	24.2 [-4.2 ; 60.9]
Self consumption of milk and eggs							
No	513 (70.9)	Référence	Référence	Référence	Référence	-	Référence
Yes	137 (29.1)	5.7 [-8.1 ; 21.6]	23.4 [9.0 ; 39.6]	36.3 [19.2 ; 55.8]	23.2 [7.1 ; 41.7]	-	42.9 [22.9 ; 66.2]
Current / past professional activities							
No	707 (91.8)	-	-	-	Référence	-	-
Yes	35 (8.2)	-	-	-	25.0 [-2.1 ; 59.7]	-	-
Frequency of use of products during leisure/DIY							
Never	562 (76.0)	-	Référence	-	-	-	-
Less than once/ month	104 (13.5)	-	19.1 [2.5 ; 40.0]	-	-	-	-
Once/ month or more	76 (10.5)	-	12.4 [-5.4 ; 33.5]	-	-	-	-



# RESULTS – PFCS IN ADULTS

## DETERMINANTS



Variables	P50 [P25 – P75]	Variation between P25 and P75					
		% [CI 95%]					
		PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFHxS	PFOS
Age (years)	47.0 [35.0 ; 59.0]	<b>27.0</b> <b>[3.5 ; 55.9]</b>	15.9 [-1.5 ; 36.5]	11.4 [-5.6 ; 231.4]	3.6 [-13.1 ; 23.4]	<b>27.8</b> <b>[14.6 ; 42.6]</b>	15.3 [-6.9 ; 42.6]
Body Mass Index BMI (kg/m²)	24.7 [22.2 ; 27.8]	<b>-9.1</b> <b>[-16.8 ; -0.6]</b>	-6.9 [-14.7 ; 1.7]	<b>-10.8</b> <b>[-18.3 ; -2.7]</b>	<b>-12.9</b> <b>[-20.4 ; -4.7]</b>	<b>-4.8</b> <b>[-12.5 ; -3.6]</b>	<b>-10.3</b> <b>[-18.7 ; -1.0]</b>
Fish and seafood consumption (g/day)	26.0 [21.2 ; 35.0]	5.4 [-3.5 ; 15.1]	7.5 [-2.6 ; 18.6]	<b>10.5</b> <b>[0.8 ; 21.1]</b>	<b>31.6</b> <b>[17.9 ; 46.8]</b>	6.4 [-2.4 ; 16.0]	7.8 [-3.9 ; 21.0]
Vegetable consumption (g/day)	182.7 [132.6 ; 236.8]	8.5 [-5.9 ; 25.1]	<b>15.1</b> <b>[5.7 ; 25.2]</b>	<b>13.8</b> <b>[4.3 ; 24.1]</b>	<b>19.1</b> <b>[7.5 ; 31.8]</b>	-	<b>18.6</b> <b>[2.2 ; 37.6]</b>

## **PFOA :**

- augmentation de :
  - **25%** chez les hommes
  - **27%** avec l'âge quand on passe de 35 à 59 ans
- diminution de **9%** avec l'IMC quand on passe de 22 à 27 kg/m<sup>2</sup>

## **PFNA :** augmentation de :

- **15%** avec la conso de légumes quand celle-ci passe de 123 à 236 g/jour
- **18%** avec la fréquence d'aération du logement pendant le printemps et l'été (<2 fois/j)
- **23%** chez les conso de laits et œufs autoproduits
- **19%** avec la fréquence d'utilisation de produits exposants aux PFAS pendant activités de bricolage/loisirs

## **PFDA**

- augmentation de :
  - **14%** avec la conso de légumes quand celle-ci passe de 123 à 236 g/jour
  - **11%** avec la conso de poissons/fruits de mer.
  - **18%** avec la fréquence d'aération du logement pendant le printemps et été (<2 fois/j)
  - **36%** chez les conso de laits et œufs autoproduits
- diminution de **19%** avec l'IMC quand on passe de 22 à 27 kg/m<sup>2</sup>

## **PFUnA :**

- augmentation de :
  - **19%** avec la consommation de légumes quand celle-ci passe de 132 à 236 g/jour
  - **32%** quand la consommation de poissons et fruits de mer passe de 21 à 35 g/jour
  - **23%** chez les consommateurs de laits et œufs autoproduits
  - **18%** fréquence d'aération du logement pendant le printemps et l'été par rapport à ceux qui aèrent le moins leur logement (<2 fois/j)
- diminution **-13%** lorsque l'IMC passe de 22 à 27 kg/m<sup>2</sup>,

## **Tendance observée :**

- Activités professionnelles passées et actuelles qui exposent aux PFAS

## **PFHxS**

- Augmentation de :
  - **28%** quand l'âge passe de 35 à 59 ans.
  - **54%** chez les hommes

## **PFOS**

- Augmentation de :
  - **21%** chez les hommes
  - **30%** avec la fréquence d'aération du logement ((<2 fois/j)
  - **43%** chez les consommateurs de laits et œufs autoproduits
  - **19%** avec la conso de légumes
- Diminution de **10%** avec l'IMC

## REFERENCE VALUES OF EXPOSURE (RV<sub>95</sub>) FOR FRENCH ADULTS (18-74 YEARS) MEASURED IN SERUM FROM THE ESTEBAN STUDY 2014-2016



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Environment International

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envint](http://www.elsevier.com/locate/envint)



Exposure of the French population to bisphenols, phthalates, parabens, glycol ethers, brominated flame retardants, and perfluorinated compounds in 2014–2016: Results from the Esteban study



Clémence Fillol<sup>a,\*</sup>, Amivi Oleko<sup>a</sup>, Abdesattar Saoudi<sup>a</sup>, Abdelkrim Zeghnoun<sup>a</sup>, Alexis Balicco<sup>a</sup>, Jessica Gane<sup>a</sup>, Loïc Rambaud<sup>a</sup>, Alain Leblanc<sup>b</sup>, Éric Gaudreau<sup>b</sup>, Philippe Marchand<sup>c</sup>, Bruno Le Bizec<sup>c</sup>, Valérie Bouchart<sup>d</sup>, Florent Le Gléau<sup>e</sup>, Gaël Durand<sup>e</sup>, Sébastien Denys<sup>a</sup>

## QUANTIFICATION:

- Variables selon les composés de perfluorés, expositions généralisées pour PFOS et PFOA dans la population (quantifiés dans l'ensemble des échantillons analysés).
- 7 PFAS quantifiés à plus de 40% chez les adultes

## DETERMINANTS DE L'EXPOSITION

Variation de niveaux d'imprégnation observées en fonction du sexe, de l'âge, de l'IMC pour la plupart des PFC (½ vie longue, bioaccumulatif, amphiphile)

Augmentation des niveaux avec la conso de poissons/fruits de mer, de légumes, de l'autoconsommation d'œufs et de lait, l'utilisation de produits ou matériels de loisirs ou de travaux manuels, la plus faible fréquence d'aération pendant l'été et le printemps.

Les déterminants identifiés sont cohérents avec la littérature.

**CONCLUSION :** Impact de la réglementation des PFAS difficile à évaluer : premières données HBM sur les PFAS en pop. générale française.

Nécessité de poursuivre la surveillance des PFAS

**THANK YOU FOR YOUR  
ATTENTION**