John Libbey EUROTEXT

L'essentiel de l'information scientifique et médicale

www.jle.com

Le sommaire de ce numéro

http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/sante_pub/ers/sommaire.md?type=text.html



ARCUEIL, le 23/08/2021

Maxime Jeanjean

Vous trouverez ci-après le tiré à part de votre article au format électronique (pdf) :
Biosurveillance de la population exposée aux émissions de polluants atmosphériques de la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer

paru dans
Environnement, Risques & Santé, 2021, Volume 20, Numéro 4

John Libbey Eurotext

Ce tiré à part numérique vous est délivré pour votre propre usage et ne peut être transmis à des tiers qu'à des fins de recherches personnelles ou scientifiques. En aucun cas, il ne doit faire l'objet d'une distribution ou d'une utilisation promotionnelle, commerciale ou publicitaire. Tous droits de reproduction, d'adaptation, de traduction et de diffusion réservés pour tous pays.
© John Libbey Eurotext, 2021

Biosurveillance de la population exposée aux émissions de polluants atmosphériques de la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer

Maxime Jeanjean[1]
Sylvaine Goix[1]
Marine Periot[1]
Khaled Douib[1]
Julien Dron[1]
Marie-Pierre Etienne[2]
Philippe Marchand[3]
Renaud Persoons[4]
Annabelle Austruy[1]
Gautier Revenko[1]
Philippe Chamaret[1]

[1] Institut écocitoyen pour la connaissance des pollutions
Centre de Vie La Fossette
RD 268
13270 Fos-sur-Mer
France
<maxime.jeanjean@institut-ecocitoyen.fr>
<sylvaine.goix@institut-ecocitoyen.fr>
<marine.periot@institut-ecocitoyen.fr>
<khaled.douib@institut-ecocitoyen.fr>
<annabelle.austruy@institut-ecocitoyen.fr>
<gautier.revenko@institut-ecocitoyen.fr>
<philippe.chamaret@institut-ecocitoyen.fr>

[2] Université de Rennes
Agrocampus Ouest
CNRS, UMR 6625 IRMAR
65, rue de Saint-Brieuc
F-35000 Rennes
France
<marie-pierre.etienne@agrocampus-ouest.fr>

[3] ONIRIS-LABERCA
101, route de Gachet
F-44307 Nantes
France
<philippe.marchand@oniris-nantes.fr>

Résumé. L'étude de biosurveillance INDEX avait pour objectifs de comparer l'imprégnation en polluants atmosphériques industriels des habitants de Fos-sur-Mer avec celle des habitants d'une zone témoin (Saint-Martin-de-Crau/Mouriès), et d'étudier les déterminants de cette imprégnation. Un questionnaire a été rempli par 138 personnes (80 en zone exposée et 58 en zone témoin), chez lesquelles des prélèvements de sang et d'urine ont été effectués afin de doser divers types de polluants (métaux, polychlorobiphényle [PCB], dioxines et furanes [PCDD/F], benzène et hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP]). La majeure partie de la variation des imprégnations était expliquée par des facteurs individuels physiologiques, alimentaires, de loisir, ou encore le fait d'être un ancien fumeur. Après ajustement sur les précédents facteurs, il a toutefois été mis en évidence une imprégnation significativement plus importante à certains polluants de la population résidant à proximité des sites industriels, mais également liée à l'utilisation d'un environnement lui-même contaminé par les pollutions de l'air, du milieu marin et des sols de la zone (consommation de produits de mer locaux, pratique du jardinage et autoconsommation de légumes). Le présent article a pour vocation de présenter les résultats liés à la zone d'exposition. Ces résultats permettent de proposer de nouvelles pistes d'interprétation sur le devenir des polluants depuis l'environnement jusqu'à l'humain dans le contexte particulier de la plus grande zone industrielle d'Europe.

Mots clés : biosurveillance ; pollution de l'air ; pollution industrielle.

Abstract

Biomonitoring of the population exposed to airborne pollutant emissions from the industrial harbor of Fos-sur-Mer

The INDEX biomonitoring study set out to investigate whether the residents living close to the core of the largest industrial zone of Fos-sur-Mer (Bouches-du-Rhone, France) were more highly exposed to industrial atmospheric pollutants (based on serum/urine biomarker concentrations) than people living further away (Saint-Martin-de-Crau), and to study the determinants of this exposure. A questionnaire was administered to 138 subjects (80 in the exposed area and 58 in the control area) from whom blood and urine samples were collected to measure several pollutants (heavy metals, PCBs, PCDD/Fs, benzene, and PAHs). Much of the exposure variability was attributed to individual physiological factors, diet, housing characteristics, leisure activities and history of smoking. However, after adjustment for these confounders, we found that particular behaviors such as gardening, consumption of home-grown vegetables, and consumption of local seafoods were significantly associated with a higher accumulation of some pollutants among residents of the industrial port zone compared to residents living further away, as a result of their use of an environment that is itself contaminated by industrial activity. This article focuses on zone-specific results. Our findings provide clues to understanding the pathways of the

Pour citer cet article : Jeanjean M, Goix S, Periot M, Douib K, Dron J, Etienne MP, Marchand P, Persoons R, Austruy A, Revenko G, Chamaret P. Biosurveillance de la population exposée aux émissions de polluants atmosphériques de la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer. *Environ Risque Sante* 2021 ; 20 : 395-401. doi : 10.1684/ers.2021.1572

doi: 10.1684/ers.2021.1572

© John Libbey Eurotext, 2021

[4] Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, CHU Grenoble Alpes, TIMC 621, avenue Centrale 38000 Grenoble France
<rpersoons@chu-grenoble.fr>

Tirés à part : M. Jeanjean

Article reçu le 17 février 2021, accepté le 26 mai 2021

pollutants and their transfer from the environment to the human body in one of the largest industrial zones in Europe.

Key words: *biomonitoring; air pollution; industrial pollution.*

Suite aux préoccupations sanitaires locales [1], l'Institut écocitoyen pour la connaissance des pollutions (IECP)[1] a réalisé une étude d'imprégnation de la population riveraine de la zone industrialo-portuaire (ZIP) de Fos-sur-Mer aux principaux polluants atmosphériques émis dans la zone [2, 3]. Ces polluants sont notamment issus des activités industrielles multiples (sidérurgie, raffinerie, pétrochimie, incinération de déchets ménagers et industriels, stockages de produits pétroliers), lesquelles sont également associées à un important trafic routier, maritime et aérien.

Les objectifs de l'étude INDEX étaient de déterminer les niveaux d'imprégnation des habitants de la ville de Fos, de les comparer à une zone témoin (Saint-Martin-de-Crau/Mouriès) hors du front industriel, et d'étudier les déterminants de l'exposition à ces polluants. Le présent article a pour vocation de dresser un résumé des principaux résultats en développant les facteurs liés à la zone d'exposition.

Description de l'étude

Il s'agit d'une étude multicentrique qui s'est déroulée dans une zone exposée (Fos-sur-Mer, Bouches-du-Rhône) et dans une zone témoin (Saint-Martin-de-Crau). La zone témoin, située à 20 km de la zone exposée, comportait une population comparable et un trafic routier similaire, mais était située à plus de 15 km de toute source d'émission industrielle connue des polluants analysés dans l'étude [4] (*figure 1*). Une étude de la qualité de l'air a été réalisée en parallèle (concentrations sur des prélèvements atmosphériques et bioaccumulation dans les lichens) afin de définir les niveaux d'exposition des deux populations (résultats non présentés dans le cadre de cet article) [2].

Les polluants investigués étaient les métaux (arsenic [As] inorganique et total, cadmium [Cd], chrome [Cr], cobalt [Co], mercure [Hg], nickel [Ni], plomb [Pb], antimoine [Sb], vanadium [V]), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (naphtalène, pyrène et benzo[a]pyrène), le benzène, les polychlorobiphényles (12 *dioxin-like*, dits « PCB-DL », et 6 non *dioxin-like*, dits « PCB-NDL »), et 17 dioxines/furanes (PCDD/F). Les métaux (à l'exception du Pb), les métabolites du benzène et des HAP ont été mesurés dans les urines, le Pb dans le sang, et les PCB et dioxines dans le sérum. Des métabolites ont été mesurés pour les HAP (1-hydroxypyrène [1-OHP] pour le pyrène, 3-hydroxybenzo(a)pyrène [3-OHBaP] pour le benzo[a]pyrène [BaP] et 1- et 2-hydroxynaphtalène pour le naphtalène) ainsi que pour le benzène (acide S-phényl mercapturique [S-PMA]).

Les critères d'inclusion étaient d'être âgé(e) de 30 à 65 ans, d'habiter dans la zone (témoin ou exposée) depuis au moins trois ans et d'y exercer son activité principale. Les principaux critères d'exclusion étaient de travailler ou d'avoir travaillé durant les dix dernières années dans la zone industrielle, d'être enceinte ou allaitante, ou d'avoir allaité ou eu un enfant lors de la dernière année, et enfin d'être fumeur ou ancien fumeur ayant arrêté depuis moins d'un an.

L'étude de terrain s'est déroulée de septembre à novembre 2016 et a été mise en œuvre et coordonnée par l'IECP. Le recrutement a été effectué par sondage aléatoire stratifié par site, par sexe et par catégorie d'âge (30-39, 40-49, et 50-65 ans), à partir des listes électorales fournies par les municipalités et des coordonnées téléphoniques issues d'annuaires en ligne. Suite au recrutement téléphonique, un formulaire de consentement et une notice d'information ont été envoyés aux participants. Après réception du formulaire de consentement, un questionnaire en face-à-face a été réalisé au domicile de la personne par l'investigatrice principale et une enquêtrice médicale de l'IECP. À cette occasion, les pots de prélèvement d'urines étaient remis aux volontaires et un rendez-vous était pris avec un laboratoire d'analyse médicale pour réaliser les prélèvements sanguins. Les échantillons ont été ensuite acheminés aux laboratoires d'analyses spécialisés (Laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments) pour les analyses de PCB et PCDD/F, Laboratoire de toxicologie professionnelle et environnementale du CHU Grenoble Alpes pour les autres polluants).

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R. L'analyse descriptive a été effectuée à l'aide de quantiles et de la moyenne géométrique (distributions log-normales). Les indicateurs d'imprégnation ont été calculés par des régressions linéaires multiples (sélection bidirectionnelle basée sur le critère d'information d'Akaike) pour les biomarqueurs avec peu de données censurées (< 15 %), avec des modèles de régressions

[1] https://www.institut-ecocitoyen.fr/

© John Libbey Eurotext, 2021

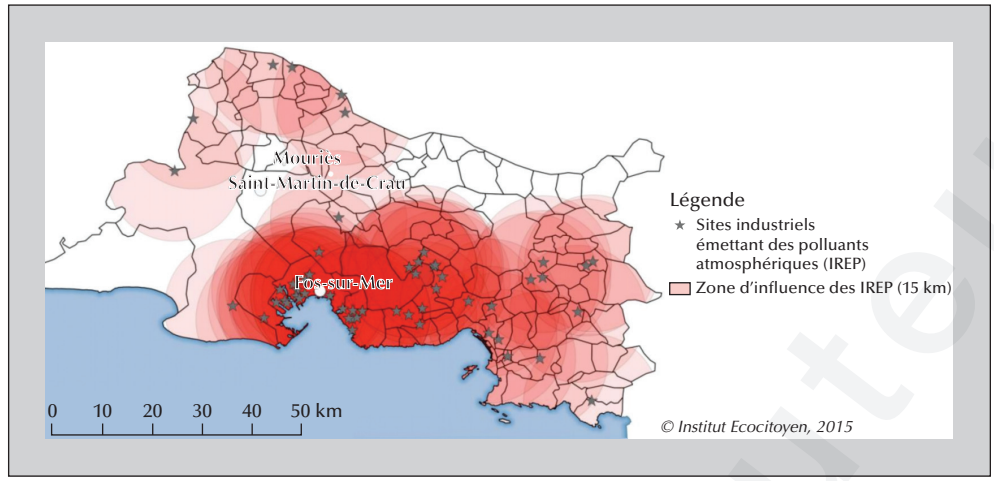

Figure 1. Zones d'influences schématisées des principaux émetteurs industriels sur les communes des Bouches-du-Rhône.

Figure 1. Diagram of zones of influence of the main industrial polluters in towns in the Bouches-du-Rhône district.

linéaires multiples pour données censurées de type Tobit pour les biomarqueurs ayant un niveau plus élevé de données censurées (entre 15 et 30 %), et à l'aide de régressions logistiques pour les biomarqueurs ayant plus de 50 % de données censurées.

Résultats

Populations d'étude

L'échantillon d'étude avait une moyenne d'âge de 47,6 ans et était composé de 55,8 % de femmes. Les deux populations (exposée et référence) étaient comparables sur l'ensemble de leurs critères sociodémographiques à l'exception de l'habitat en zone rurale qui ne concernait que les habitants de la zone témoin du fait de l'urbanisme particulier de la zone exposée. Des différences étaient notées sur la consommation de produits alimentaires locaux, les volontaires de la zone témoin pratiquant davantage la culture du potager, et les volontaires de la zone exposée consommant plus de produits locaux de la mer (principalement issus du Golfe de Fos). Il n'y avait pas de différence significative de concentrations en polluants entre les deux populations (*tableau 1*).

Principaux facteurs de variation et confusion

Les résultats sur les principaux facteurs de variations et confusion non associés à la zone d'étude sont présentés en détail dans d'autres sources [2, 3].

Facteurs physiologiques

Les facteurs physiologiques expliquaient une part importante de la variabilité des imprégnations en biomarqueurs [2], notamment la fonction rénale explorée par la créatininémie (Cd, V, Ni, Sb, Co, As), l'âge des sujets (PCB, PCDD/F, Pb, Cd et V), le sexe (différences métaboliques entre hommes et femmes) et le stock de fer évalué par le taux de ferritine (Ni et Co). Les polluants lipophiles (PCB, PCDD/F) étaient particulièrement affectés par la corpulence, une variation récente de poids ou encore la parité et la durée d'allaitement cumulée. Une imprégnation statistiquement plus faible était observée chez les anciens fumeurs (PCB et PCDD/F).

Facteurs alimentaires

L'alimentation était la principale voie d'exposition de la majeure partie des polluants recherchés dans cette étude [2]. La consommation de certains aliments expliquait une part importante de la variabilité des imprégnations. Ainsi, les concentrations en polluants lipophiles, comme les PCB et les dioxines, étaient fortement influencées par la consommation de gibier ou de produits de la mer. La consommation récente de produits de la mer augmentait l'imprégnation en As inorganique (et métabolites méthylés). La consommation de volaille était associée à une augmentation de l'imprégnation en Sb tandis que celle des autres viandes à une augmentation du Cd, Co et Ni. L'eau de boisson n'a été trouvée associée à aucune imprégnation en polluant, alors que la consommation fréquente de vin augmentait les plombémies. La plupart des facteurs alimentaires retrouvés avaient déjà été documentés dans d'autres études.

Autres facteurs de variation (habitat, loisirs, etc.)

D'autres facteurs d'exposition non liés aux émissions industrielles pouvaient influencer les imprégnations [2]. Il s'agissait des habitudes de vie, de loisir ou de facteurs en lien avec l'habitat. Ainsi, la pratique de la chasse augmentait les plombémies, l'utilisation de peinture

© John Libbey Eurotext, 2021

Tableau 1. Concentrations brutes sériques et urinaires des polluants de l'étude.

Table 1. Serum and urine concentrations of pollutants in the study.

			MG[a] [IC 95%]		
	N[b]	<LOQ (%)[c]	Exposée	Référence	p
Métaux urinaires (hors Pb sanguin)					
Plomb (Pb) (sang total, µg/l)	129	2,2 %	16,4 [14,3-18,8]	16,0 [13,7-18,6]	0,80
Vanadium (V) (µg/g de créatinine)	135	3,7 %	0,42 [0,36-0,48]	0,49 [0,42-0,58]	0,13
Cadmium (Cd) (µg/g de créatinine)	135	5,9 %	0,23 [0,21-0,26]	0,23 [0,20-0,27]	0,94
Nickel (Ni) (µg/g de créatinine)	135	17,8 %	1,50 [1,33-1,68]	1,59 [1,37-1,85]	0,52
Antimoine (Sb) (µg/g de créatinine)	135	22,2 %	0,07 [0,06-0,08]	0,07 [0,06-0,08]	0,75
Cobalt (Co) (µg/g de créatinine)	135	32,6 %	0,21 [0,17-0,25]	0,25 [0,20-0,31]	0,21
Mercure (Hg) (µg/g de créatinine)	126	52,9 %	0,42 [0,35-0,51]	0,39 [0,32-0,49]	0,63
Arsenic total (Astot) (µg/g de créatinine)	135	13,3 %	10,2 [7,96-13,1]	8,33 [6,24-11,1]	0,94
Arsenic inorganique (Asi) (µg/g de créatinine)	135	62,2 %	3,56 [3,03-4,20]	3,60 [2,96-4,37]	0,29
Chrome (Cr) (µg/g de créatinine)	135	68,1%	0,21 [0,19-0,25]	0,26 [0,21-0,32	0,14
Organochlorés sanguins					
PCB-NDL (ng/g MG)*	138	0%	326 [279-380]	294 [248-349]	0,37
PCB-DL (pg TEQ2006/g MG)**	138	0%	5,06 [4,50-5,68]	5,00 [4,40-5,69]	0,91
PCDD/F (pg TEQ2006/g MG)***	138	0-40%	7,21 [6,65-7,82]	7,40 [6,72-8,14]	0,76
Hydrocarbures aromatiques urinaires					
S-PMA (métabolite du benzène, µg/g de créatinine)	135	52 %	0,07 [0,06-0,08]	0,07 [0,05-0,09]	0,91
1-hydroxypyrène (métabolite du pyrène, ng/g de créatinine)	127	5,9%	45,2 [37,8-54,1]	49,6 [38,7-63,7]	0,54
1-hydroxynaphtalène (métabolite du naphtalène, µg/g de créatinine)	129	3%	0,39 [0,32-0,48]	0,51 [0,35-0,75]	0,22
2-hydroxynaphtalène (métabolite du naphtalène, µg/g de créatinine)	135	1,5 %	2,77 [2,36-3,26]	2,69 [2,11-3,44]	0,84

[a] MG : moyenne géométrique [intervalle de confiance à 95%] ; [b] N : nombre d'échantillons conformes sur les 138 participants ; [c]<LOQ (%) : pourcentage des échantillons sous la limite de quantification (LOQ) ; * PCB-NDL : correspond aux polychlorobiphényles [PCB] totaux, c'est-à-dire à la somme des congénères PCB138, 153 et 180 ; ** PCB-DL : correspond à la somme des concentrations individuelles des congénères *dioxin-like* ; *** PCDD/F : correspond à la somme des concentrations individuelles des congénères dioxines/furanes.

augmentait l'imprégnation en Co, la manipulation de bois traité exposait à certains métaux (Pb et Sb) ou HAP (2-Naphtol). Les facteurs en lien avec le trafic routier (intensité du trafic dans les 200 mètres autour de l'habitation, temps hebdomadaire passé en voiture) étaient associés à une augmentation de l'imprégnation en V. L'exposition aux fumées (barbecue, utilisation de la cheminée avant le prélèvement, présence d'un chauffage au bois) augmentait les imprégnations en certains métaux (Ni et Hg), HAP (hydroxy-naphtalènes) et PCB. L'utilisation de pesticides (produits chimiques dans le jardin, moyens de protections chimiques contre les moustiques) était associée à une augmentation des imprégnations en Pb, V, HAP, PCDD/F. Le fait d'habiter un logement construit avant 1948 augmentait les concentrations urinaires en Sb et Hg.

Principaux facteurs d'exposition associés à la zone d'étude

Lieu de résidence

Une fois ajustées sur les autres facteurs de variation et de confusion (physiologiques, alimentaires, sociaux, de loisir et d'habitat), seules les imprégnations en Pb étaient significativement plus élevées à Fos-sur-Mer (moyenne géométrique ajustée [MG_{ajust}] de 17,2 [15,8-18,7] µg/l) de sang) qu'à Saint-Martin-de-Crau (15,1 [13,7-16,7]) µg/l, p = 0,05). Par ailleurs, les concentrations urinaires en S-PMA chez les individus de 50-65 ans avaient tendance à être plus élevées en zone exposée (MG_{ajust} : 0,12 [0,07-0,19] µg/g de créatinine) qu'en zone témoin (MG_{ajust} : 0,07 [0,04-0,12] µg/g de créatinine, p = 0,10). Si le benzène était significativement plus concentré dans l'atmosphère de la zone exposée que dans la zone témoin, ce n'était pas le cas du Pb. Cependant, l'imprégnation en Pb des lichens, utilisés comme bioaccumulateurs des contaminants de l'air pendant la durée de l'étude, était significativement plus élevée dans la zone exposée [2]. Le Pb pourrait être présent sous forme de particules ultrafines, plus biodisponibles mais avec une faible masse, ce qui expliquerait pourquoi on retrouve cet élément dans les organismes de la zone exposée (humains, lichens) alors que les particules atmosphériques n'étaient pas plus concentrées en masse.

Consommation de produits de la mer locaux

La consommation de produits de la mer locaux (poissons et/ou fruits de mer), majoritairement en

© John Libbey Eurotext, 2021

provenance du Golfe de Fos, avait une influence sur les imprégnations en polluants. Ainsi, une consommation fréquente (journalière à hebdomadaire) de ces produits était associée à une augmentation de l'imprégnation en PCB (DL et NDL) et PCDD/F (*figure 2*). Bien qu'aucune différence ne soit observée parmi les consommateurs occasionnels de poisson, quelle que soit leur provenance, les concentrations étaient significativement plus élevées chez les consommateurs fréquents de produits de la mer locaux par rapport aux non locaux (poissons : + 57 % pour les NDL, + 40 % pour les DL et + 18 % pour les PCDD/F, $p < 0,05$; fruits de mer : + 75 % pour les NDL, $p < 0,05$). De plus, les consommateurs fréquents de produits de la mer locaux avaient une imprégnation significativement plus importante que les consommateurs occasionnels (poissons : + 84 % pour les NDL, + 48 % pour les DL, + 17 % pour les PCDD/F, $p < 0,05$; fruits de mer : + 94 % pour les NDL et 63 % pour les DL, $p < 0,05$). Consommer des produits de la mer d'origine locale, que ce soit du poisson ou des fruits de mer, était également associé à une augmentation du risque d'avoir une concentration urinaire en mercure supérieure à 0,25 µg/l (OR = 8,22 [2,40-64,74], p = 0,002).

Ces résultats étaient cohérents avec une pollution en PCB historique du Rhône qui est susceptible d'atteindre le Golfe de Fos, et avec des contaminations en mercure

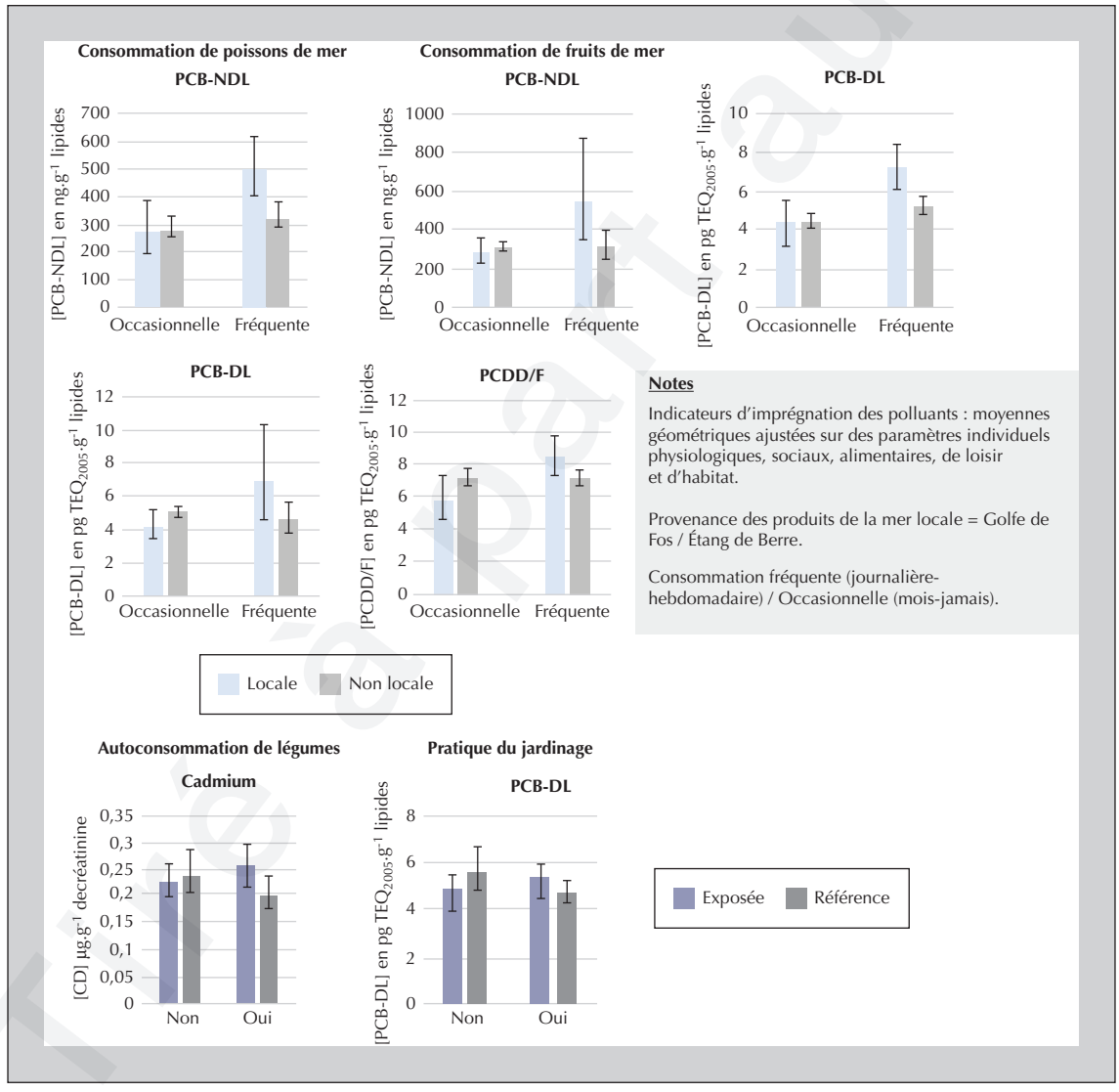

Figure 2. Principaux résultats d'imprégnation en polluants de la population.

Figure 2. Main results of the population pollution burden.

© John Libbey Eurotext, 2021

relevées dans de précédentes études de l'IECP sur le milieu marin et attribuées à des rejets industriels [5]. Paradoxalement, la consommation de produits locaux de la mer avait un effet protecteur sur les imprégnations en Co, Cd et As inorganique. Ce résultat peut refléter l'ampleur internationale des contaminations du milieu marin, avec des contaminants variés et dépendants du contexte environnemental local.

Consommation des légumes du jardin

La consommation de légumes du jardin était associée à une augmentation de l'imprégnation en Cd en zone exposée (MG_{ajust} = 0,26 [0,22-0,30] µg/g de créatinine en zone exposée contre MG_{ajust} = 0,20 [0,18-0,24] µg/g en zone témoin, p = 0,032) (*figure 2*). Ce résultat est cohérent avec littérature [6, 7] et de précédentes études de l'IECP [8] sur les sols et les végétaux qui montraient une bioaccessibilité totale du Cd dans les salades, associée à des concentrations plus élevées dans ces mêmes végétaux à Fos-sur-Mer que dans le reste du territoire.

Pratique du jardinage

Dans la zone témoin, l'imprégnation en PCB-DL avait tendance à être moins élevée chez les jardiniers par rapport aux non-jardiniers, révélant un effet protecteur du jardinage (MG_{ajust} = 4,76 [4,30-5,27] pg TEQ/g MG pour les jardiniers contre 5,71 [4,86-6,70] pour les non-jardiniers, p = 0,066). De plus, les jardiniers avaient une imprégnation significativement plus élevée (+ 15,3 %) dans la zone exposée par rapport à la zone témoin (p = 0,04). Ce résultat est cohérent avec une étude de l'IECP montrant que les sols de Fos-sur-Mer sont plus concentrés en PCB-DL que les sols d'autres communes du département [9].

Points de discussion et perspectives

La majeure partie de l'imprégnation en polluants était expliquée par des facteurs de variation et de confusion classiques dans ce type d'étude. Les concentrations en biomarqueurs n'étaient jamais supérieures aux niveaux nationaux, mais ces derniers dataient de 2007 [10]. Il est également probable que les nouveaux résultats de biosurveillance de l'étude nationale ESTEBAN (Santé publique France), prochainement à paraître, soient également inférieurs à ceux de 2007, du fait de l'évolution des réglementations. En moyenne, les imprégnations en polluants de l'échantillon d'étude étaient inférieures aux seuils sanitaires quand ils existaient. Après ajustement sur de nombreux facteurs, l'étude INDEX a montré une imprégnation significativement plus importante de la population de Fos-sur-Mer en Pb. De plus, des comportements particuliers (jardinage, consommation de légumes du jardin et de produits de la mer locaux notamment) étaient associés à une augmentation de l'imprégnation en polluants (par exemple, PCB, PCDD/F et Cd) dans la zone exposée du fait de l'utilisation d'un environnement lui-même contaminé par les activités industrielles. Des travaux supplémentaires sont encore nécessaires pour investiguer la part relative jouée par l'ensemble des congénères organochlorés et l'influence de certains facteurs environnementaux. Notons que chaque polluant possède des caractéristiques toxicocinétiques spécifiques et certains peuvent être éliminés en plusieurs phases. Certains biomarqueurs présentent des demi-vies courtes et sont éliminés de l'organisme en quelques heures (par exemple, benzène et naphtalène), quelques jours (par exemple, As, Sb, pyrène et V), alors que d'autres nécessitent plusieurs années pour être éliminés (par exemple, dioxines, PCB et Cd). Le prélèvement urinaire ne permet donc pas de conclure à une exposition chronique pour les polluants à demi-vie courte. L'effectif de 138 individus de l'étude ne permet pas, malgré l'homogénéité de la population acquise grâce aux critères de sélection stricts, de mettre en avant de faibles différences d'imprégnation entre les deux zones et peut produire des résultats contre-intuitifs [2, 3]. Enfin, il est nécessaire de préciser que Saint-Martin-de-Crau reste une ville sous influence de la ZIP et est au cœur d'une zone agricole encore très concernée par l'agriculture conventionnelle. Une étude avec de plus larges effectifs et des zones de référence plus à l'écart de la ZIP pourrait conforter ces résultats.

Pour finir, cette étude propose de nouvelles pistes d'interprétation sur le devenir des polluants depuis l'environnement jusqu'à l'humain dans le contexte particulier de la plus grande zone industrielle d'Europe. ■

Remerciements et autres mentions

Financement : ces travaux de recherche ont été financés par l'Institut écocitoyen pour la connaissance des pollutions ; **liens d'intérêts** : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

© John Libbey Eurotext, 2021

Références

1. Allen BL, Ferrier Y, Cohen AK. Through a maze of studies: health questions and 'undone science' in a French industrial region. *Environ Sociol* 2017 ; 3 (2) : 134-44.

2. Goix S, Periot M, Douib K. *Étude INDEX. Étude d'imprégnation de la population aux polluants atmosphériques de la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer*. Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions (IECP), 2018.

3. Jeanjean M, Goix S, Periot M, *et al*. Environmental and dietary exposures near a major industrial harbour (Fos-sur-Mer, France) identified as a significant pathway for PCBs and PCDD/Fs accumulation in residents' blood serum. *Expo Health* 2021. https://doi.org/10.1007/s12403-021r-r00395-8

4. IREP. *Registre des émissions polluantes*. IREP, 2017. http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/irep-registre-desemissions-polluantes

5. Dron J, Revenko G, Chamaret P, Chaspoul F, Wafo E, Harmelin-Vivien M. Contaminant signatures and stable isotope values qualify European conger (Conger conger) as a pertinent bioindicator to identify marine contaminant sources and pathways. *Ecol Indic* 2019 ; 107 : 105562.

6. Denys S, Caboche J, Tack K, *et al*. *In vivo* validation of the unified BARGE method to assess the bioaccessibility of arsenic, antimony, cadmium and lead in soils. *Environ Sci Technol* 2012 ; 46 (11) : 6252-60.

7. Xiong T, Leveque T, Shahid M, Foucault Y, Mombo S, Dumat C. Lead and cadmium phytoavailability and human bioaccessibility for vegetables exposed to soil or atmospheric pollution by process ultrafine particles. *J Environ Qual* 2014 ; 43 (5) : 1593-600.

8. Austruy A, Dron J, Charbonnier E, *et al*. Teneurs naturelles et apports anthropiques en éléments traces dans les sols à l'ouest de l'étang de Berre. *Etude Gest Sols* 2016 ; 23 : 125-41.

9. Austruy A. *Qualité des sols et végétaux produits sur le Territoire Istres-Ouest-Provence : évaluation des risques environnementaux et sanitaires - SPPPI Paca*. Fos-sur-mer : Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions (IECP), 2016. https://www.spppi-paca.org/f/enviro/739/fiche/?

10. Anses, INVS. *Étude nationale d'imprégnation aux polychlorobiphényles des consommateurs de poissons d'eau douce*. ANSES, INVS, 2011. https://www.anses.fr/fr/content/etude-nationale-d%E2%80%99impr%C3%A9gnation-aux-polychlorobiphenyles-pcb-des-consommateurs-de-poissons-0.

Tiré à part de l'auteur

© John Libbey Eurotext, 2021