

[15] Kadhel P, Monfort C, Costet N, Rouget F, Thome JP, Multigner L, *et al.* Chlordecone exposure, length of gestation, and risk of preterm birth. *Am J Epidemiol.* 2014;179(5):536-44.

[16] Rouget F, Kadhel P, Monfort C, Viel JF, Thome JP, Cordier S, *et al.* Chlordecone exposure and risk of congenital anomalies: the Timoun Mother-Child Cohort Study in Guadeloupe (French West Indies). *Environ Sci Pollut Res Int.* 2019.

[17] Cordier S, Forget-Dubois N, Desrochers-Couture M, Rouget F, Michineau L, Monfort C, *et al.* Prenatal and childhood exposure to chlordecone and sex-typed toy preference of 7-year-old Guadeloupean children. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2019.

[18] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Anses. Exposition des consommateurs des Antilles au chlordécone, résultats de l'étude Kannari. Maisons-Alfort: Anses; 2017. 202 p. <https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2014SA0029Ra.pdf>

[19] Dereumeaux C, Saoudi A. Imprégnation de la population antillaise par la chlordécone et certains composés organochlorés en 2013/2014. Étude Kannari. Saint-Maurice: Santé publique France; 2018. 86 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/regions/antilles/documents/rapport-synthese/2018/impregnation-de-la-population-antillaise-par-la-chlordecone-et-certains-composes-organochlores-en-2013-2014-etude-kannari>

[20] Le Moullec N, Deheeger M, Preziosi P, Monteiro P, Valeix P, Rolland-Cachera MF, *et al.* Validation du manuel-photos utilisé pour l'enquête alimentaire de l'étude SU.VI.MAX. *Cahiers de Nutrition et de Diététique.* 1996;31(3):158-64.

#### Citer cet article

Dereumeaux C, Volatier JL, Guldner L, Saoudi A, Pecheux M, Rivière G, *et al.* Chlordécone aux Antilles : de la caractérisation de la contamination alimentaire à l'imprégnation des individus. Résultats de l'étude Kannari 2013-2014. *Bull Epidémiol Hebd.* 2020;(18-19):370-8. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2020/18-19/2020\\_18-19\\_3.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2020/18-19/2020_18-19_3.html).

## ARTICLE // Article

### BIOSURVEILLANCE HUMAINE DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES ET ENVIRONNEMENTALES : CONVERGENCES, DIFFÉRENCES ET LIMITES

// HUMAN BIOMONITORING OF OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL EXPOSURES: CONVERGENCES, DIFFERENCES AND LIMITATIONS

Nadine Fréry ([nadine.frery@santepubliquefrance.fr](mailto:nadine.frery@santepubliquefrance.fr)), Mounia El Yamani

Santé publique France, Saint-Maurice, France

Soumis le 20.05.2019 // Date of submission: 05.20.2019

#### Résumé // Abstract

La population est exposée à une multitude de substances chimiques *via* l'air, l'eau, les sols, les aliments, les produits de consommation ou lors d'activités professionnelles. La biosurveillance humaine des expositions (BS) permet de mesurer la concentration de ces substances dans l'organisme en utilisant différentes matrices (sang, urine, cheveux, air expiré, etc.). Elle fournit des informations utiles sur l'exposition issue de l'environnement général ou professionnel. Cette pratique, qui s'est imposée au cours des vingt dernières années en France comme une des méthodes participant à la connaissance et à la prévention des risques chimiques, présente des similarités et des différences d'approche en population générale ou chez les travailleurs ; elle comporte également des limites. Ainsi, quelle que soit la population concernée, la BS permet d'intégrer toutes les voies d'absorption et sources d'exposition. D'autres similarités peuvent être soulignées comme un choix de biomarqueur basé sur le métabolisme et la toxicocinétique, une rigueur dans les étapes de prélèvements, d'échantillonnage, de conservation, de transport ou un choix pertinent du laboratoire d'analyse.

Néanmoins, plusieurs différences entre BS environnementale et professionnelle existent. Cela concerne le cadre réglementaire, les acteurs impliqués dans l'activité, les moments de prélèvement, les référentiels utilisés pour l'interprétation des résultats et la manière de restituer ceux-ci. Des limites propres à la BS peuvent être notées, quelle que soit la population d'intérêt : absence de biomarqueurs pour l'ensemble des substances chimiques, difficulté de relier le résultat d'un dosage à un effet sanitaire, etc. Au final, ces deux approches de biosurveillance contribuent à une meilleure connaissance des risques chimiques de la population.

*People are exposed to numerous chemicals through air, water, soil, food, consumer products or professional activities. Human biomonitoring (HBM) measures the concentration of chemicals in the body using different matrices (blood, urine, hair, exhaled air, etc.). It provides useful information on exposure from the general or occupational environment. HBM became essential over the last twenty years in France as a coherent approach*

to better know and prevent chemical risks. HBM presents similarities and differences regarding the population where it is practiced (general population versus workers); it also has limitations. Thus, regardless of the population concerned, HBM takes into account the various absorption routes and exposure sources. Other similarities that can be highlighted include the choice of biomarker based on metabolism and toxicokinetics, a rigorous approach towards the steps of sampling, conservation, transport and a relevant choice of the analytical laboratory. Nevertheless, there are several differences between environmental and professional HBM. These concern the regulatory framework, the actors involved in the activity, the sampling times, the standards used for the results interpretation and the restitution of the results to the different actors.

HBM-specific limits can be pointed regardless of the population of interest: lack of biomarkers for all chemicals, difficulty in linking the result to a health effect, etc. These two approaches of HBM contribute to a better knowledge of chemical risks.

---

**Mots-clés :** Biosurveillance, Population générale, Travailleurs, Biomarqueurs, Substances chimiques, Exposition humaine  
**// Keywords:** Biomonitoring, General population, Workers, Biomarkers, Chemicals, Human exposure

---

La population est exposée à une multitude de contaminants *via* l'air, l'eau, les sols, les aliments, les produits de consommation, ou encore lors d'activités professionnelles. En mesurant la concentration de produits chimiques dans l'organisme (sang, urine, cheveux, air expiré, etc.), la biosurveillance humaine des expositions (BS, aussi appelée surveillance biologique) peut fournir des informations utiles sur l'exposition issue de notre environnement général ou professionnel. Elle peut dans certains cas, permettre d'évaluer les risques potentiels pour la santé quand on dispose de valeurs biologiques d'interprétation sanitaire.

Elle s'est imposée au cours des 20 dernières années en France comme une des méthodes participant à la prévention du risque chimique dans sa double composante d'évaluation et de gestion du risque. Cet outil précieux pour mesurer l'exposition aux substances chimiques (telle que l'exposition aux métaux, solvants, pesticides) présente des similarités et des différences d'approche selon que la mesure s'effectue en population générale ou chez les travailleurs, et comporte des limites qui sont présentées ci-dessous.

## Convergences

Quelle que soit la population considérée, la BS permet l'intégration de toutes les voies d'absorption (orale, inhalée, cutanée) et de toutes les sources d'exposition. Elle prend en compte les conditions réelles d'exposition (effort physique, hygiène et utilisation des équipements de protection) et les facteurs individuels (habitudes de vie, alimentation, loisirs, etc.).

Des prérequis scientifiques sont nécessaires avant toute étude de BS afin d'identifier le biomarqueur à doser (défini comme la substance chimique – ou son métabolite – dosée dans un milieu biologique spécifique), le moment et les modalités du prélèvement biologique, ainsi que la manière d'interpréter les résultats. Ces prérequis incluent l'étude du métabolisme de la substance chimique, sa toxicocinétique, la corrélation entre le biomarqueur et l'exposition externe, entre le biomarqueur et des effets toxiques, la méthode de dosage, etc. Ils sont communs à la BS en population générale et à la BS chez des travailleurs, même si au final les biomarqueurs choisis pour

une même substance peuvent différer selon qu'on se situe dans l'environnement professionnel ou général (ex : mercure urinaire en santé au travail et mercure dans les cheveux en population générale).

Biosurveillances environnementale (en population générale) et professionnelle (auprès des travailleurs) permettent toutes deux d'évaluer des niveaux d'exposition à des substances chimiques, de suivre leur évolution au cours du temps, de comparer des sous-groupes et d'identifier des facteurs de risque de cette exposition.

Que ce soit pour la BS environnementale ou professionnelle, l'étape du recueil des échantillons biologiques influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus ; des précautions élémentaires doivent être prises afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par le préleveur et permettre ainsi le maintien de l'intégrité des échantillons. Il est donc nécessaire de s'assurer de la qualité du prélèvement, de sa conservation et du transport adéquat des échantillons avant qu'ils ne soient remis à un laboratoire accrédité.

Il est également essentiel de garantir la fiabilité des résultats de dosage. Soit un seul laboratoire fait toutes les analyses pour un même biomarqueur ou bien différents laboratoires font les analyses mais participent au même contrôle de qualité externe. Ainsi, lors d'une étude ciblée sur une population définie et un biomarqueur particulier, le recours à un même laboratoire est classique dans le cadre d'études en population générale et est recommandé chez les travailleurs. En santé-travail, il peut cependant en être autrement, en particulier si l'on centralise des résultats biologiques issus de divers services de santé au travail qui ont fait appel à des laboratoires différents ; une comparaison inter-laboratoires des résultats de dosages s'avère alors indispensable.

Par ailleurs, un même biomarqueur peut être pertinent à suivre pour la population générale et celle au travail ; c'est le cas par exemple du plomb pour lequel le dosage sanguin de la substance est la méthode la plus usuelle quelle que soit la population, même si les valeurs de référence pour comparer les résultats sont différentes.

Les contrôles de qualité internes et externes doivent permettre au laboratoire de doser des concentrations à des niveaux d'exposition observables en population générale (c'est-à-dire suffisamment bas). Actuellement la plupart des dosages en santé-travail et en santé-environnement sont réalisés dans des laboratoires d'analyse différents. Ceux dosant en santé-travail ont souvent une expertise spécifique attendue par les médecins du travail pour un soutien à l'interprétation des résultats.

## Différences

Il y a une spécificité de la BS des expositions en fonction de la population considérée : différence au niveau de la question scientifique posée, des acteurs impliqués et du circuit des données, du questionnaire à remplir par les personnes concernées, de la prescription des analyses à effectuer, des moments de prélèvement, de la prise en compte des co-expositions, des référentiels utilisés pour l'interprétation des résultats et de la restitution des résultats.

## Réglementation, acteurs, expositions

**La BS des expositions professionnelles** (BS-pro) s'inscrit généralement dans un projet de suivi de l'exposition à des agents chimiques dangereux imposé par la loi. La BS-pro relève d'une responsabilité médicale pour la prescription, l'interprétation et la restitution des résultats au travailleur, précisée dans un cadre réglementaire (article R. 4412-51) : « *Le médecin du travail prescrit les examens médicaux nécessaires à la surveillance biologique des expositions professionnelles aux agents chimiques.* »

La BS-pro peut également être utile à l'employeur pour tenir ses obligations légales d'évaluation des risques chimiques et de la production et la mise à jour du document unique d'évaluation des risques, le DUER.

Elle permet ainsi, au sein d'une entreprise : i) d'identifier les emplois et tâches exposantes, ii) d'orienter les actions de prévention, iii) de suivre l'exposition au cours du temps, notamment en fonction de la réglementation et iv) de mettre en œuvre la surveillance médicale des travailleurs exposés. Rappelons que la législation du code du travail (Article R. 4724-15) indique que les analyses biologiques doivent être réalisées par un organisme accrédité ; il doit faciliter une bonne interprétation des résultats de dosage et être capable de vérifier le respect des valeurs limites biologiques (VLB). Un travail d'harmonisation des méthodes de dosages de biomarqueurs d'exposition dans divers laboratoires européens est par ailleurs en cours de réalisation dans le cadre d'un projet européen de biosurveillance, dénommé HBM4EU (<https://www.hbm4eu.eu/>)<sup>1</sup>.

Les voies d'exposition les plus fréquentes chez les travailleurs sont les voies respiratoire et cutanée, puis la voie orale, l'exposition par cette voie provenant principalement d'un manque de respect des règles d'hygiène au sein de l'entreprise.

Les éléments dosés en biosurveillance professionnelle doivent être spécifiques au travail et ne doivent pas provenir des habitudes de vie ou du milieu environnemental. C'est pour cette raison que le dosage en BS-pro va s'attacher à relier les résultats obtenus à l'activité professionnelle. Ainsi, les moments de prélèvement sont spécifiques (début et/ou fin de poste dans une journée, fin de semaine pour une exposition cumulée sur une semaine, etc.). En outre, une forte vigilance aux contaminations sur le lieu de travail et le respect des recommandations de bonnes pratiques émises par la Société française de médecine du travail sont nécessaires<sup>2</sup>.

**La BS environnementale** ne comporte pas d'obligation réglementaire en ce qui concerne sa mise en œuvre. Elle s'adresse à la population générale (résidents d'une commune spécifique ou femmes enceintes, parturientes, enfants, personnes âgées, etc.)<sup>3-5</sup>. En général, elle permet de mesurer une imprégnation (de fond) liée le plus souvent par ordre d'importance à la voie orale (*via* l'alimentation), l'inhalation et le contact cutané. Les prélèvements sont réalisés habituellement indépendamment d'un moment particulier relatif à une action exposante (prélèvement souvent le matin, à jeun). Ceci est à reconsidérer en cas d'exposition accidentelle. La BS environnementale a bénéficié d'une approche harmonisée à l'échelle de l'Europe dès 2004. Un important travail entre scientifiques et experts en biosurveillance et santé publique a conduit à l'adoption d'un cadre commun pour la réalisation d'études de BS en Europe. Des priorités pour un programme de surveillance commun, sur la base de critères multiples tels les substances auxquelles la population est largement exposée, la disponibilité de méthodes analytiques performantes, etc., ont permis de disposer de données comparables, exploitables pour une politique commune<sup>6</sup>.

## L'interprétation des résultats

L'interprétation des résultats se fait avec des référentiels différents.

**En milieu de travail**, on recourt à des valeurs biologiques d'interprétation (VBI, dont certaines sont réglementaires ou formellement recommandées par expertise) ; ces VBI incluent les valeurs limites biologiques établies par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses)<sup>7,8</sup> et, en leur absence et pour aider à l'interprétation des résultats en santé-travail, des valeurs de référence d'exposition obtenues en population générale peuvent être utilisées. On peut aussi comparer les résultats de BS-pro i) à des valeurs obtenues antérieurement et ii) à celles d'un même groupe d'exposition homogène (GEH) de travailleurs.

Souvent, les niveaux d'imprégnation des travailleurs dépassent de loin ceux trouvés lors d'une exposition environnementale. À titre d'exemple, une étude italienne réalisée auprès d'une centaine de travailleurs d'une fonderie<sup>9</sup>, a montré l'exposition à un métal, le cadmium, mesuré dans l'urine : la concentration

médiane de cadmium était de 1,43 µg/g de créatinine et le 95<sup>e</sup> percentile de 4,57 µg/g de créatinine. Près de 14% des échantillons dépassaient la valeur limite biologique de 2 µg/g de créatinine recommandée par le comité d'expertise européen sur les valeurs limites d'exposition professionnelle<sup>10</sup> ; ces valeurs sont très éloignées de celles observées en population générale, qui présentent par exemple pour la France une concentration médiane de 0,29 µg/g de créatinine avec un 95<sup>e</sup> percentile de 0,91 µg/g de créatinine<sup>4</sup>.

La restitution des résultats en milieu professionnel, qui est de la responsabilité du médecin du travail, est toujours individuelle puis collective. Les résultats sont accompagnés si nécessaire de conseils de prévention liés aux tâches exposantes, ou d'actions correctives. La restitution individuelle auprès du travailleur est obligatoire, le résultat est mis en perspective au regard des informations sur les conditions d'exposition et d'équipements de protection au travail. Ces informations sont consignées dans la fiche de renseignements médico-professionnels (FRMP) indispensable pour toute mise en œuvre de BS-pro. La restitution collective doit se faire en particulier au sein de l'entreprise auprès de l'employeur et du Comité d'hygiène et sécurité des conditions de travail (CHSCT)/Comité social et économique (CSE).

**En population générale**, pour bien interpréter les résultats, il est important (voire indispensable) de prendre en compte l'alimentation, les habitudes de vie et de loisirs, qui sont les sources d'exposition classiques. Les référentiels utilisés pour comparer les expositions diffèrent de l'exposition professionnelle : valeur de référence d'exposition (souvent le 95<sup>e</sup> percentile de la distribution des concentrations du biomarqueur en population générale), valeur toxicologique de référence (VTR), *Biomonitoring équivalent* (BEq), valeur guide. La restitution des résultats peut se faire au niveau individuel mais c'est rarement

le cas ; elle est surtout collective, avec des résultats donnés au niveau populationnel. Elle utilise des informations issues du questionnaire proposé au moment des prélèvements.

## Limites

La BS ne peut à elle seule appréhender l'ensemble des expositions chimiques, dans la mesure où il n'existe pas toujours de biomarqueurs valides disponibles pour l'ensemble des substances chimiques. Par ailleurs, l'absence d'une substance chimique dans le prélèvement biologique analysé ne signifie pas nécessairement qu'une personne n'y a pas été exposée ; les facteurs qui entrent en jeu incluent la cinétique d'élimination de la substance et la sensibilité de la méthode analytique. Le dosage ne peut suffire à lui seul à déterminer la source ou la voie d'exposition ; le recours à des informations complémentaires *via* un questionnaire ou la FRMP est indispensable. Ceci est particulièrement vrai pour l'exposition environnementale où les sources et voies d'exposition sont souvent multiples, même si l'alimentation est souvent identifiée comme une source prédominante. En milieu professionnel, quand l'exposition est forte (au vu par exemple d'un process ou de mesures dans l'air dépassant la valeur limite d'exposition professionnelle, VLEP), l'exposition chimique provenant de l'environnement de la vie courante issue de sources diverses, comme l'alimentation, est moins déterminante.

Rappelons la nécessité des valeurs d'interprétation pour restituer des résultats à la population et aux individus ; s'il est possible de connaître la concentration d'une substance chimique présente dans la matrice biologique d'une personne à un moment donné, il reste souvent difficile de déterminer quels effets sur la santé peuvent survenir à cette concentration en l'absence de valeurs d'interprétation sanitaire.

### Santé publique France et les acteurs engagés dans la biosurveillance humaine des expositions (BS)

L'organisation de la BS environnementale est confiée à Santé publique France par le ministère de la Santé dans le cadre du Programme national de biosurveillance. Elle ne repose sur aucun réseau de professionnels de santé préalablement identifié.

Dans le cadre du Plan santé au travail, le ministère du Travail a confié à Santé publique France la tâche de développer la biosurveillance professionnelle à des fins de prévention. Pour une vision populationnelle de cette activité, Santé publique France doit s'appuyer sur un réseau comprenant les acteurs de terrain déjà existants, qui évaluent l'exposition et produisent les données (médecin du travail, infirmière en santé travail et laboratoire d'analyse), ainsi que sur les organismes impliqués dans la BS-pro (INRS pour la recherche et Anses pour les valeurs limites biologiques).

Ainsi, les services de santé au travail et quelques équipes de recherche font de la surveillance biologique au sein d'une entreprise voire de quelques entreprises.

- L'INRS (Institut national de recherche et de sécurité) conduit et publie des études de recherche de BS-pro sur certaines filières professionnelles, toutefois cela concerne généralement des effectifs réduits de travailleurs. À titre d'exemple, l'INRS a réalisé une étude qui a montré la contamination des soignants aux cytotoxiques en oncologie hospitalière<sup>11</sup>.
- L'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) est chargée de fixer des valeurs limites biologiques d'exposition (<https://www.anses.fr/fr>)<sup>7,8</sup>.



À ce jour, la BS-pro effectuée par le médecin du travail reste essentiellement au niveau individuel ou au niveau collectif à petite échelle, alors que la BS en santé environnement se fait essentiellement au niveau collectif et rarement au niveau individuel. L'approche populationnelle de la BS-pro est actuellement presque inexistante en France contrairement à ce qui se fait pour la BS en santé environnement. Cette approche pourrait être particulièrement utile pour la prévention des risques chimiques en entreprise. La connaissance de l'imprégnation selon l'âge, le sexe, le secteur d'activité, la famille professionnelle ou la tâche exposante permettrait des comparaisons et une mise en perspective des résultats individuels. L'approche individuelle de la BS en santé environnement pourrait être développée pour apporter une réponse au plus près du terrain à condition qu'on dispose de valeurs biologiques d'interprétation (valeurs de référence d'exposition et valeurs toxicologiques de référence), ce qui est encore loin d'être le cas pour l'ensemble des biomarqueurs disponibles.

## Conclusion

La BS est un outil puissant car ses résultats interpellent de suite les salariés et les employeurs ou la population générale quant à la réalité de l'exposition à des substances chimiques à un moment donné ; elle constitue ainsi un levier utile pour la prévention, même si elle comporte certaines limites. Le terme « Biosurveillance » recouvre en fait deux réalités distinctes selon l'approche en population générale ou auprès des travailleurs ; elles peuvent se nourrir mutuellement et apporter de la connaissance sur le risque chimique, approchant ainsi la notion d'exposome (défini comme la totalité des expositions à des facteurs environnementaux au cours de la vie) afin d'améliorer la qualité de vie de la population aussi bien dans son quotidien que sur son lieu de travail. ■

## Liens d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêt au regard du contenu de l'article.

## Références

- [1] Rambaud L, Fréry N, Tagne-Fotso R, Mounia El Yamani M. Implication de Santé publique France au sein du projet HBM4EU pour développer une biosurveillance environnementale et professionnelle européenne. *Bull Epidemiol Hebd.* 2020;(18-19):390-5. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2020/18-19/2020\\_18-19\\_6.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2020/18-19/2020_18-19_6.html)
- [2] Société française de médecine du travail, Société française de toxicologie analytique et Société de toxicologie clinique. Surveillance biologique des expositions professionnelles aux agents chimiques Recommandations de bonne pratique mai 2016. *Références en santé au travail (INRS).* 2016;(146):65-93. <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TF%20266>
- [3] Dereumeaux C, Saoudia A, Oleko A, Pecheux M, Vandentorren S, Fillol C, *et al.* Surveillance biologique de

l'exposition des femmes enceintes françaises aux polluants de l'environnement : résultats du volet périnatal du programme national de biosurveillance mis en œuvre au sein de la cohorte Eife. *Toxicol Anal Clib.* 2017;29(4):496-516.

[4] Fréry N, Saoudi A, Garnier R, Zeghnoun A, Falq G. Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement – Tome 1: Présentation générale de l'étude. Métaux et métalloïdes. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire ; 2011. 154 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/exposition-a-des-substances-chimiques/pesticides/documents/rapport-synthese/exposition-de-la-population-francaise-aux-substances-chimiques-de-l-environnement.-tome-1.-presentation-generale-de-l-etude.-metaux-et-metalloides>

[5] Fréry N, Guldner L, Saoudi A, Garnier R, Zeghnoun A, Bidondo ML. Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement. Tome 2 - Polychlorobiphényles (PCB-NDL). Pesticides. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire ; 2013. 178 p. <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/exposition-a-des-substances-chimiques/pesticides/documents/rapport-synthese/exposition-de-la-population-francaise-aux-substances-chimiques-de-l-environnement.-tome-2-polychlorobiphényles-pcb-ndl.-pesticides>

[6] Casteleyn L, Dumez B, Becker K, Kolossa-Gehring M, Den Hond E, Schoeters G, *et al.* A pilot study on the feasibility of European harmonized human biomonitoring: strategies towards a common approach, challenges and opportunities. *Environ Res.* 2015; 141: 3-14.

[7] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Expertise en vue de la fixation de valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel. Rapport d'expertise collective. Document de référence pour l'élaboration de valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel (VLEP). Maisons-Alfort: Anses; 2017. 142 p. <https://www.anses.fr/fr/system/files/VLEP2016SA0248Ra.pdf>

[8] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Les valeurs de référence. VGAI, VTR, VLEP : définitions et substances concernées. MAJ 15.04.2020. [Internet]. <https://www.anses.fr/fr/content/les-valeurs-de-reference> (accès 08.04.2020).

[9] Campo L, Hanchi M, Sucato S, Consonni D, Polledri E, Olgiati, *et al.* Biological Monitoring of Occupational Exposure to Metals in Electric Steel Foundry Workers and Its Contribution to 8-Oxo-7,8-Dihydro-2'-Deoxyguanosine Levels. *Int J Environ Res Pub Health.* 2020;17(6):1811

[10] SCOEL/OPIN/336 Cadmium and its inorganic compounds. Opinion from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2017. [Internet]. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3325374b-0a14-11e7-8a35-01aa75ed71a1>

[11] Ndaw S, Robert A, Ricolfi C, Denis F, Marsan P. Soignants et médicaments cytotoxiques. Place de la biométrie dans la maîtrise des risques dans le temps. *Bull Epidemiol Hebd.* 2018;(12-13):252-7. [http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2018/12-13/2018\\_12-13\\_7.html](http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2018/12-13/2018_12-13_7.html)

## Citer cet article

Fréry N, El Yamani M. Biosurveillance humaine des expositions professionnelles et environnementales : convergences, différences et limites. *Bull Epidemiol Hebd.* 2020;(18-19):378-82. [http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2020/18-19/2020\\_18-19\\_4.html](http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2020/18-19/2020_18-19_4.html)