

Imprégnation des femmes enceintes par les polluants de l'environnement en France en 2011

Volet périnatal du programme national de biosurveillance mis en œuvre au sein de la cohorte Elfe. Tome 1 : polluants organiques

Synthèse des résultats

Clémentine Dereumeaux, Laurence Guldner, Abdessattar Saoudi, Marie Pecheux, Perrine de Crouy-Chanel, Bénédicte Bérat, Véréne Wagner, Sarah Gorla, Corinne Delamaire, Alain Le Tertre, Clémence Fillol, Sébastien Denys, Agnès Lefranc

INTRODUCTION

Les polluants organiques, tels que le bisphénol A, les phtalates, les pesticides, les dioxines, les retardateurs de flamme et les composés perfluorés, sont des perturbateurs endocriniens¹ et, pour certains, des cancérigènes avérés ou suspectés. L'exposition prénatale à ces polluants est soupçonnée d'avoir des répercussions sur la grossesse (prématurité, malformations congénitales, diminution du poids de naissance) ainsi que sur le développement et la santé ultérieure de l'enfant (atteintes du système reproducteur, du métabolisme, du développement psychomoteur et intellectuel et augmentation du risque de cancers). Bien que ces associations ne soient pas clairement démontrées à ce jour, la connaissance des niveaux d'imprégnation des femmes enceintes par les polluants organiques de l'environnement est une préoccupation de santé publique.

C'est pourquoi Santé publique France (anciennement Institut de veille sanitaire) met en œuvre un Programme national de biosurveillance, tel que prévu dans la loi dite « Grenelle 2 ». Actuellement, ce programme repose sur la réalisation de deux études :

- un volet périnatal s'appuyant sur un sous-échantillon de 4 145 femmes enceintes ayant accouché en 2011 en France continentale (hors Corse) et incluses dans le volet biologique de la cohorte Elfe² ;
- une étude nationale transversale nommée **Esteban** (Etude de Santé sur l'Environnement, la Biosurveillance, l'Activité physique et la Nutrition) qui porte sur la population générale à partir d'un échantillon de 4 000 adultes (18-74 ans) et de 1 000 enfants (6-17 ans). La phase opérationnelle de cette étude a débuté en 2014.

Le volet périnatal du Programme national de biosurveillance doit permettre de décrire les niveaux d'imprégnation des femmes enceintes par les polluants de l'environnement, notamment les polluants organiques, mesurés à partir de prélèvements recueillis au moment de l'accouchement (sang de cordon, urines, cheveux, sérum). Il étudie également les variations des niveaux d'imprégnation en comparant les résultats à ceux d'études antérieures menées en France et à l'étranger. Enfin, le programme a pour objectif de rechercher et de quantifier les déterminants qui ont conduit à certains niveaux d'imprégnation.

Les résultats du volet périnatal du programme national de biosurveillance sont publiés en trois tomes :

- Tome 1 : résultats relatifs aux polluants organiques : bisphénol A, phtalates, pesticides et polluants organiques persistants (dioxines, furanes, PCB, retardateurs de flamme et composés perfluorés) ;
- Tome 2 : résultats relatifs aux métaux et métalloïdes ;
- Tome 3 : conclusions générales de l'étude et perspectives.

La biosurveillance permet de décrire la présence dans l'organisme humain des substances chimiques de l'environnement, à l'aide de dosages réalisées dans des prélèvements biologiques : urine, sang, cheveux, salive, etc. [1]. Les substances ou leurs produits de dégradation (métabolite) ainsi dosées sont appelées « biomarqueurs ». La biosurveillance permet d'intégrer toutes les sources d'exposition, quels que soient les voies d'entrée dans le corps humain (ingestion, inhalation, cutané) et les lieux d'exposition (domicile, lieu de travail, etc.). Elle permet ainsi d'évaluer l'exposition globale aux polluants de l'environnement.

1 Substances étrangères à l'organisme qui imitent les hormones naturelles ou interfèrent avec le système hormonal.

2 La cohorte Elfe (Etude Longitudinale Française depuis l'Enfance), coordonnée par une unité mixte Inserm-Ined-EFS (UM Elfe), est une cohorte pluridisciplinaire qui a pour objectif de suivre, à intervalles réguliers, plus de 18 000 enfants de leur naissance jusqu'à leurs 20 ans. Elle doit permettre d'évaluer et de mesurer précisément les facteurs qui entrent en jeu dans le développement (facteurs familiaux, sociaux, environnementaux, sanitaires, médicaux ou nutritionnels), et d'observer l'impact des situations vécues de l'enfance à l'âge adulte. Elfe est une réalisation conjointe de l'Institut national d'études démographiques (Ined), de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), de l'Établissement français du sang (EFS), de l'Institut de veille sanitaire (InVS), de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), de la Direction générale de la santé (DGS, ministère en charge de la santé), de la Direction générale de la prévention des risques (DGPR, ministère en charge de l'Environnement), de la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (Drees, ministères en charge de la santé et de l'emploi) et de la Caisse nationale des allocations familiales (Cnaf), avec le soutien du ministère de la Recherche, du Comité de concertation pour les données en sciences humaines et sociales (CCDSHS) et du ministère de la Culture (Deps). Dans le cadre de la plate-forme RECONAI, elle bénéficie d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du programme Investissements d'avenir portant la référence ANR-11-EQPX-0038. <http://www.elfe-france.fr/index.php/fr/>

MÉTHODE ET POPULATION

Substances étudiées

117 biomarqueurs d'exposition à des polluants organiques de l'environnement (substances chimiques et métabolites) ont été dosés dans des prélèvements d'urine et de sang maternels recueillis en maternité. Les polluants organiques étudiés sont : le bisphénol A, les phtalates, les pesticides (herbicides, propoxur et son métabolite, chlorophénols, pesticides organophosphorés et pyréthriinoïdes) et certains polluants organiques persistants (POP) définis par la convention de Stockholm [2] (dioxines, furanes, polychlorobiphényles (PCB), retardateurs de flamme et composés perfluorés). Le choix de ces polluants est issu des travaux réalisés entre 2010 et 2011 afin de prioriser les biomarqueurs des substances de l'environnement à suivre dans le Programme national de biosurveillance [3].

Population d'étude

Les femmes enceintes pouvant être sélectionnées dans le volet périnatal devaient :

- être éligibles pour une inclusion dans la cohorte Elfe : elles devaient être majeures, en mesure de comprendre les implications principales de la participation à l'étude, ne pas déménager en dehors de la métropole au cours des trois années suivant l'inclusion, et avoir donné naissance à un enfant vivant, non né sous X, à partir de 33 semaines d'aménorrhée et issu, au plus, d'une grossesse gémellaire ;
- avoir accouché au cours de trois vagues d'inclusion (du 27 juin au 4 juillet, du 27 septembre au 4 octobre et du 28 novembre au 5 décembre 2011) dans l'une des 211 maternités sollicitées pour le recueil biologique de la cohorte Elfe ;
- avoir fait l'objet d'au moins un prélèvement biologique en maternité en quantité suffisante pour permettre le dosage d'au moins un biomarqueur.

Données recueillies auprès des femmes enceintes

Les prélèvements d'urine et de sang maternels utilisés pour le dosage des biomarqueurs ont été collectés par les sages-femmes, directement lors de l'admission des femmes enceintes en maternité en vue de l'accouchement. Parallèlement, des questionnaires ont été adressés à la femme enceinte afin de recueillir des données relatives à sa santé, ses consommations alimentaires au cours de la grossesse, ses modes de vie (consommation de tabac, d'alcool, utilisation de cosmétiques, etc.) ainsi que des informations sur les caractéristiques sociodémographiques et professionnelles du foyer.

Réalisation des dosages de polluants organiques

Les dosages des polluants organiques ont été réalisés par des laboratoires sélectionnés par appel d'offres selon des critères de qualité et de performances analytiques définis par Santé publique France (limite de quantification, précision des résultats de dosage, etc.). Les laboratoires sélectionnés étaient le laboratoire Labocea de Plouzané (France), le laboratoire

d'étude des résidus et contaminants dans les aliments (LABERCA) de Nantes (France) et le laboratoire d'analyse du Centre de toxicologie de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) (Canada). Les résultats de dosage transmis par les laboratoires ont été validés métrologiquement par Santé publique France afin de garantir la qualité scientifique des données produites.

Analyses statistiques

Les niveaux d'imprégnation par les polluants étudiés sont décrits sous forme d'une distribution et d'une moyenne géométrique (MG) avec les intervalles de confiance à 95 %. Les données recueillies auprès des femmes enceintes par questionnaires ont été exploitées afin d'identifier les déterminants des niveaux d'imprégnation pour certains polluants (bisphénol A, phtalates et pyréthriinoïdes).

Limites

En raison de la variabilité au cours de la journée des concentrations biologiques de biomarqueurs, il n'est pas possible d'exclure un risque d'erreur dans l'estimation individuelle de l'exposition réelle à certains polluants. Dans le volet périnatal, ceci est particulièrement le cas pour les résultats de dosage du bisphénol A, des phtalates et des pesticides (biomarqueurs à demi-vie courte), obtenus à partir de prélèvements urinaires uniques et ponctuels.

Les comparaisons entre les niveaux d'imprégnation mesurés dans le volet périnatal et ceux observés dans les autres études françaises et étrangères doivent être considérées avec précaution compte tenu des différences méthodologiques (évolution des méthodes de dosage, mode de recueil des prélèvements biologiques, etc.) et du manque de représentativité de certains résultats du volet périnatal (polluants organiques persistants).

De même, les déterminants des niveaux d'imprégnation doivent être interprétés avec précaution car les études transversales ne permettent pas à elles-seules de déterminer le lien de causalité entre les sources d'exposition potentielles étudiées et les niveaux d'imprégnation mesurés. Les déterminants mis en évidence dépendent en outre de la qualité des réponses aux questionnaires soumis aux participantes dans la cohorte Elfe, ainsi que de la disponibilité des informations permettant de renseigner les sources d'exposition potentielles. En effet, certaines informations relatives aux expositions au cours des heures ou jours précédant la réalisation des prélèvements biologiques n'étaient pas disponibles, de même que des données de contamination de l'environnement domestique (dosages de polluants dans l'air intérieur et les poussières). Ainsi, l'absence d'association observée entre une source d'exposition potentielle et le niveau d'imprégnation ne signifie pas que cette exposition doit être exclue. A l'inverse, la mise en évidence d'une association entre une source d'exposition et le niveau d'imprégnation suggère la nécessité de poursuivre l'étude de cette modalité d'exposition.

La présence dans l'organisme de la mère d'un biomarqueur de polluant de l'environnement ne signifie pas qu'un effet néfaste sur la santé est attendu pour elle ou l'enfant à naître. L'interprétation du risque sanitaire associé au niveau de concentration du biomarqueur fait appel à un ensemble de connaissances, issues de la toxicologie, de l'endocrinologie, de l'épidémiologie, de la pharmacocinétique, des études d'exposition et d'évaluation de risques.

Pour certains polluants organiques, des seuils sanitaires appliqués à la biosurveillance ont été développés par des instances françaises ou internationales (Anses, OMS, Commission allemande de biosurveillance, etc.). **Ces seuils correspondent à la concentration en biomarqueur en dessous de laquelle, selon les connaissances actuelles, il n'y a pas d'effets défavorables documentés sur la santé.** Néanmoins, un dépassement de cette concentration ne signifie pas nécessairement qu'il existe un risque avéré sur la santé; ceci est le cas pour les valeurs seuil dites HBM-I³ qui sont considérées comme des niveaux de contrôle. À l'inverse, des concentrations inférieures à ces seuils n'écartent pas de façon certaine l'apparition d'effets défavorable sur la santé.

³ Human Biomonitoring Value, développées par la Commission allemande de biosurveillance. <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health/commissions-working-groups/human-biomonitoring-commission/reference-hbm-values>

Polluants organiques dosés dans des échantillons urinaires

Les niveaux d'imprégnation par le bisphénol A, les phtalates et les pesticides sont représentatifs des femmes enceintes ayant accouché en 2011, en France continentale.

Bisphénol A

Le bisphénol A (BPA) est utilisé depuis 50 ans pour la fabrication de certains plastiques et de résines. Il peut entrer dans la composition de nombreux objets courants : emballages alimentaires, boîtes de conserve, revêtements en plastiques, tickets de caisse, etc. La principale source d'exposition au BPA est l'alimentation, en raison de la migration du BPA présent

dans les emballages et contenant vers les aliments et boissons consommés (ce phénomène s'accroît sous l'effet de la chaleur et des réutilisations successives). La présence dans l'air intérieur de BPA volatilisé à partir des équipements et mobiliers constitue également une source d'exposition au BPA, par inhalation ou ingestion involontaire de poussières.

Chez la femme, le BPA est suspecté d'induire des effets délétères sur le système reproducteur, le système endocrinien, le métabolisme (diabète) et le système cardio-vasculaire. La période d'exposition prénatale au BPA apparaît comme particulièrement critique car elle est susceptible d'altérer le développement du fœtus et d'entraîner des effets précoces pouvant avoir des conséquences pathologiques à l'âge adulte (effet DOHaD).

L'imprégnation par le BPA a été mesurée par dosage urinaire chez **1 764** femmes enceintes.

Le BPA total a été quantifié (concentration supérieure à la limite de quantification) chez plus de **70 %** des femmes, confirmant ainsi l'omniprésence de cette substance dans l'environnement.

La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation des femmes enceintes par le BPA total est égale à **0,69 µg/L** (0,87 µg/g créatinine). Aucune des femmes ne dépasse la valeur seuil HBM-I de 200 µg/L⁴.

La concentration urinaire moyenne de BPA total observée dans cette étude est inférieure à celle mesurée dans les précédentes études réalisées en France et l'étranger. Bien que cette diminution puisse être liée à des différences méthodologiques entre les études (évolution de la méthode de dosage, mode de recueil des prélèvements urinaires, population d'étude, etc.), une des hypothèses à considérer pourrait être la substitution progressive du BPA par d'autres substances, notamment par les bisphénols S ou F [4].

Les résultats du volet périnatal montrent que l'imprégnation des femmes enceintes par le BPA augmente avec la **consommation d'aliments susceptibles d'avoir été en contact avec des matières plastiques ou des résines** contenant du BPA (aliments pré-emballés dans du plastique ou en boîtes de conserve, vin, eau en bouteille ou en bonbonne). Elle augmente également avec la présence de linoléum au domicile et l'utilisation prolongée de la télévision. Ces deux variables suggèrent l'existence d'une exposition au BPA par **l'inhalation de BPA potentiellement volatilisé dans l'air intérieur à partir des équipements et matériaux présents dans le logement**, voire l'ingestion de poussières contaminées. Néanmoins, en l'absence de mesures de concentrations en BPA dans l'air intérieur et les poussières des logements des participantes à la cohorte Elfe, il n'est pas possible de porter un jugement sur la relation de causalité entre les expositions domestiques identifiées et l'imprégnation par le BPA. Les résultats montrent que le fait d'accoucher par **césarienne** est associé à des niveaux d'imprégnation par le BPA plus élevés qui pourraient en partie être liés à une exposition récente et ponctuelle au BPA contenu dans le matériel médical utilisé lors de ce type d'accouchement (perfusion, sonde urinaire, etc.).

⁴ La valeur HBM-I proposée par la Commission allemande de biosurveillance reste controversée en raison de divergences au niveau européen quant à l'appréciation du danger associé au BPA. Cette valeur ne peut donc être considérée que comme une valeur provisoire.

Phtalates

Les phtalates sont utilisés depuis 50 ans notamment comme plastifiants destinés à assouplir les matériaux à base de PVC. Ils peuvent entrer dans la composition de nombreux produits de consommation courante, tels que les emballages alimentaires, les produits cosmétiques (parfums, déodorants, shampoings, vernis à ongle, etc.), les produits d'entretien ménagers, les peintures, les jouets, etc. L'alimentation est la principale source d'exposition aux phtalates, en particulier à travers l'ingestion d'aliments riches en matières grasses ayant été en contact avec des matériaux contenant des phtalates (emballages

alimentaires, ustensiles de cuisine, etc.). L'air et les poussières intérieures (dans les logements, bureaux, voitures, etc.) ainsi que l'utilisation de cosmétiques constituent également des sources d'exposition potentielles aux phtalates.

Les phtalates sont des perturbateurs endocriniens classés en tant que substances toxiques pour la reproduction, voire comme cancérigène possible. Une exposition prénatale aux phtalates pourrait perturber le développement de certains tissus ou organes, avec des conséquences à l'âge adulte (effet DOHaD).

L'imprégnation par les phtalates a été mesurée par dosage urinaire chez **989** femmes enceintes.

Parmi elles, **99,6 %** ont été exposées à au moins un phtalate (ou métabolite) à un niveau de concentration quantifiable. Ce résultat démontre que, malgré les restrictions d'usages de certains phtalates, ceux-ci sont omniprésents dans l'environnement et les produits de consommation courante.

Les concentrations moyennes sont égales à **7,4 µg/L** (10,0 µg/g créatinine) pour les **métabolites du DEHP** et à **11,0 µg/L** (15,0 µg/g créatinine) pour les **métabolites du DINP** (deux phtalates utilisés dans le PVC). Les concentrations les plus élevées sont mesurées pour le **métabolite du DEP** (phtalate utilisé dans les cosmétiques et produits d'hygiène) ; la concentration moyenne étant égale à **35,4 µg/L** (48,4 µg/g créatinine). Parmi les 989 femmes enceintes, 16 dépassent le seuil HBM-I de 300 µg/L, défini comme niveau de contrôle chez les femmes en âge de procréer [5].

À l'exception des métabolites du DiNP, les niveaux d'imprégnation observés dans cette étude sont généralement plus faibles que ceux mesurés dans les études antérieures françaises. Ce constat est en faveur d'une tendance à la réduction de l'exposition à certains phtalates (DEHP), constatée en Allemagne et aux États-Unis depuis les années 2000, s'accompagnant en contrepartie d'une augmentation de l'exposition aux substituts (DiNP, DINCH®) [6, 7]. L'interprétation de cette observation doit cependant tenir compte des différences méthodologiques entre les études (évolution de la méthode de dosage, mode de recueil des prélèvements urinaires, population d'étude, etc.).

Les résultats du volet périnatal montrent que l'imprégnation des femmes enceintes par les phtalates augmente avec la **consommation d'aliments riches en matières grasses susceptibles d'avoir été en contact avec des matériaux contenant des phtalates** (crème fraîche, glaces, entremets, etc.). Elle augmente également avec l'utilisation de **produits d'hygiène** (cosmétiques, soins pour les cheveux et produits ménagers) et de **peinture** pendant la grossesse. Ces résultats sont cohérents avec les usages et les sources d'exposition connus des phtalates.

Pesticides

Les pesticides sont largement utilisés en France, premier pays de l'Union Européenne en termes de surface agricole utile, ce qui en fait l'un des plus importants utilisateurs au monde. La population utilise également des pesticides à des fins domestiques pour la lutte contre les insectes (le propoxur, substance active du Baygon®), les parasites (les chlorophénols, les pesticides organophosphorés et les pyréthrinoïdes, utilisés comme antimite, anti-acarien, anti-puce, anti-poux) et le désherbage (l'atrazine, interdit en 2003, et le glyphosate, substance active du Roundup®). Si l'alimentation représente

la source principale d'exposition aux pesticides, des expositions *via* l'inhalation de l'air extérieur et intérieur et le contact lors de l'application de pesticides, sont également possibles.

Bien que les résultats soient encore controversés, l'exposition des femmes enceintes aux pesticides est suspectée d'entraîner des atteintes néonatales (prématurité, faible poids de naissance, etc.) et de perturber le développement de l'enfant à naître (reproduction, métabolisme, développement psychomoteur et intellectuel).

L'imprégnation par certains herbicides (l'atrazine et le glyphosate), insecticides et antiparasitaires (proprifos, pesticides organophosphorés, chlorophénols et pyréthriinoïdes) a été mesurée par dosage urinaire chez près de **1 077** femmes enceintes.

Ces pesticides ont été rarement mesurés à un niveau de concentration quantifiable, à l'exception des pyréthriinoïdes qui étaient quantifiés chez près de **100 %** des femmes enceintes.

Les résultats montrent que :

- la concentration moyenne est égale **1,18 µg/L** (1,65 µg/g créatinine) pour la somme des **pyréthriinoïdes** ;
- une mère sur deux présente un niveau quantifiable pour au moins un métabolite de **pesticides organophosphorés** ;
- environ une mère sur cinq présente un niveau quantifiable de **proprifos** ou de son métabolite, le 2-isopropoxyphénol (2-IPP) ;
- près d'une mère sur dix présente un niveau quantifiable pour au moins un biomarqueur de **chlorophénols** ;
- moins de 1 % des femmes enceintes présente un niveau quantifiable d'**herbicides** (atrazine et ses métabolites, le glyphosate et son métabolite l'AMPA).

Aucune mère ne dépasse le seuil sanitaire de 40 µg/L défini pour le pentachlorophénol (PCP), au-dessus duquel, selon les connaissances actuelles, il existe un risque d'effets sur la santé [5]. Pour les autres pesticides étudiés, il n'existe pas à l'heure actuelle de seuil sanitaire permettant d'interpréter, en termes d'effets sanitaires, les niveaux biologiques mesurés dans l'organisme.

Les concentrations urinaires de pesticides mesurées dans le volet périnatal sont généralement inférieures à celles mesurées dans les études antérieures menées en France et à l'étranger. La comparaison des niveaux moyens d'imprégnation est cependant limitée, compte tenu des faibles pourcentages de quantification des pesticides dans les urines (y compris dans les précédentes études), et du fait de différences méthodologiques entre les études (recueil des urines, population d'étude, etc.). Néanmoins, les faibles niveaux observés pour l'atrazine et ses métabolites sont cohérents avec la diminution de l'exposition à l'atrazine suite à son interdiction en 2003. De même, les faibles niveaux d'imprégnation par les dialkylphosphates pourraient s'expliquer par la récente réduction des usages des pesticides organophosphorés, progressivement substitués par les pyréthriinoïdes. Les résultats du volet périnatal montrent que comparativement aux Etats-Unis, **il existe une surimprégnation des femmes enceintes par les pyréthriinoïdes en France**. Une sur-imprégnation de la population générale française avait également été mise en évidence en 2007, dans l'étude ENNS [8].

Les résultats du volet périnatal montrent que l'imprégnation des femmes enceintes par les pyréthriinoïdes (seule famille de pesticides fréquemment retrouvée) augmente avec les **usages domestiques de pesticides** (insecticides, anti-poux et anti-puces), la consommation de **tabac** et d'**alcool**. L'analyse des déterminants suggère également que la **présence de certaines cultures agricoles à proximité du lieu de résidence** est associée à une augmentation des niveaux d'imprégnation. En l'absence de mesures de concentration en pesticides dans l'air (intérieur ou extérieur) et dans les poussières au domicile, il n'est cependant pas possible de porter un jugement sur la relation de causalité entre la présence de cultures agricoles et l'imprégnation par les pyréthriinoïdes. Ce résultat nécessite donc d'être confirmé par des études complémentaires.

Polluants organiques persistants dosés dans le sérum maternel

Les résultats d'imprégnation par les polluants organiques persistants dosés dans le sérum ne sont pas représentatifs des femmes enceintes ayant accouché en France continentale en 2011. En effet, dans certaines régions, aucune femme enceinte n'a pu être dosée pour ces polluants en raison d'un défaut de participation des maternités au recueil de sérum. Les résultats présentés ci-après ne sont pas pondérés et sont étudiés à titre exploratoire.

Dioxines, furanes, PCB

Les dioxines, les furanes et les polychlorobiphényles (PCB) sont des polluants organiques persistants insolubles dans l'eau qui s'accumulent dans les matières grasses. Malgré la

mise en place de réglementations strictes au cours des vingt dernières années, ces substances, très stables chimiquement, sont toujours présentes dans l'environnement. L'alimentation constitue la principale source d'exposition, en particulier à travers la consommation de produits d'origine animale riches en matières grasses (certains poissons gras, beurre, etc.).

Il existe deux types de PCB ayant des mécanismes d'action différents : les PCB « dioxin-like » qui agissent comme les dioxines et les furanes et sont classés comme cancérigènes pour l'Homme ; et les PCB « non dioxin-like » qui sont suspectés d'avoir des effets délétères notamment sur le système endocrinien (perturbation de la fonction thyroïdienne, etc.) et sur la reproduction (avortement spontané, diminution de la fertilité, etc.).

Les dioxines, furanes et PCB ont été mesurés par dosage dans le sérum chez **208** femmes enceintes.

La totalité d'entre elles présentait un niveau de concentration quantifiable pour au moins une de ces substances.

La concentration sérique moyenne totale de **dioxines, furanes et PCB dioxin-like** est de **9,1 ng/g de lipides** (7,4 pg-TEQ₂₀₀₅/g lip) (résultats non pondérés). Aucune des femmes enceintes pour lesquelles la concentration a pu être calculée ne dépasse le seuil sanitaire critique de 50 pg-TEQ₉₈/g lipides, au-delà duquel il existe un risque d'effets neurotoxiques, immunotoxiques et reprotoxiques lors d'une exposition prénatale [9]. Les niveaux d'imprégnation mesurés dans le volet périnatal sont inférieurs à ceux observés précédemment en France et à l'étranger. Bien que ces résultats ne soient pas représentatifs, ils semblent s'inscrire dans la tendance à la diminution de l'imprégnation constatée depuis la mise en place de normes d'émission strictes [10].

La moyenne géométrique de la concentration sérique de **PCB totaux**⁵ est de **82,5 ng/g de lipides** (810,8 ng/L) (résultats non pondérés). Aucune des femmes enceintes sélectionnées pour le dosage des PCB ne dépasse le seuil sanitaire critique de 700 ng/g lipides, développée pour les femmes enceintes, au-dessus duquel il existe un risque d'effet néfaste sur le développement neurologique et psychomoteur de l'enfant à naître [11].

Les niveaux d'imprégnation mesurés dans le volet périnatal sont inférieurs à ceux mesurés dans les études françaises et européennes antérieures mais supérieurs à ceux mesurés aux Etats-Unis et au Canada. Cette différence, déjà mise en évidence dans l'étude ENNS (Étude nationale nutrition santé [8]), pourrait s'expliquer par des réglementations différentes entre ces pays [12]. L'analyse de la portée de cette observation doit tenir compte des différences méthodologiques entre les études (dosage, population d'étude, expression des résultats, etc.) et de la non-représentativité des résultats produits dans le volet périnatal.

5 Somme des PCB 138, PCB 153 et PCB180 multiplié par 1,7.

Retardateurs de flamme bromés

Les retardateurs de flamme sont des polluants organiques persistants utilisés depuis les années 1970 afin de bloquer ou ralentir l'inflammation des matières combustibles en cas d'incendie. Ils peuvent être incorporés dans les biens de consommation, tels que les appareils électroniques (téléviseurs, ordinateurs), les textiles (vêtements, rideaux), les voitures (sièges, plastiques), les meubles (mousses, capitonnages) et les matériaux de construction (résines, câbles). Les retardateurs de flamme peuvent facilement être volatilisés des équipements et matériaux dans lesquels ils sont présents, en particulier lorsque ceux-ci sont chauffés. Ils ont ainsi progressivement contaminé l'environnement et se retrouve dans l'alimentation qui

constitue la principale source d'exposition pour la population générale, en particulier à travers la consommation d'aliments d'origine animale riches en graisse (certains poissons, beurre, charcuteries, etc.). La présence dans l'air intérieur et les poussières de retardateurs de flamme volatilisés constitue également une source d'exposition potentielle.

Leurs effets sanitaires sont difficiles à identifier compte tenu de la co-exposition avec les autres polluants organiques persistants (les sources d'exposition étant souvent communes). Les effets sanitaires suspectés sont des effets sur la reproduction, le système endocrinien, des effets neurologiques et cancérigènes.

Les retardateurs de flamme étudiés dans le volet périnatal sont les polybromodiphényl éthers (PBDE), le 1,2,5,6,9,10 hexabromocyclododécane (HBCD) et les polybromobiphényles (PBB). L'imprégnation par ces polluants a été mesurée par dosage dans le sérum chez **277** femmes enceintes.

La quasi-totalité de ces femmes enceintes étaient exposées à au moins un retardateur de flamme à un niveau de concentration quantifiable.

La moyenne géométrique de la concentration sérique totale des PBDE est égale à **2,8 ng/g de lipides** (27,2 ng/L) (résultats non pondéré). La concentration moyenne la plus élevée est observée pour le BDE 209 (1,5 ng/g de lipides) ; ce biomarqueur contribue à plus de 50 % du niveau d'imprégnation total par les PBDE. Les concentrations sériques moyennes en hexa-BB 153 et HBCD n'ont pas pu être calculées, du fait de taux de censure élevés (pourcentage de quantification inférieur à 60 %). Il n'existe pas à l'heure actuelle de seuil sanitaire permettant d'interpréter, en termes d'effets sanitaires, les niveaux biologiques des retardateurs de flamme mesurés dans l'organisme.

Les niveaux d'imprégnation mesurés dans le cadre du volet périnatal sont du même ordre de grandeur que ceux observés dans les études antérieures conduites en France et à l'étranger, à l'exception de l'Angleterre, des Etats-Unis et du Canada. Les concentrations en PBDE dans le volet périnatal sont en effet dix fois plus faibles que celles retrouvées dans ces trois pays ; ceci pourrait s'expliquer par une utilisation plus abondante des retardateurs de flamme bromés outre-Atlantique et en Angleterre, du fait de politiques de sécurité incendie différentes [13]. L'interprétation de cette différence doit cependant tenir compte des différences méthodologiques entre les études et de la non-représentativité des résultats produits dans le volet périnatal.

Composés perfluorés

Les composés perfluorés sont des polluants organiques persistants utilisés depuis 1950 pour leurs propriétés chimiques (composés à la fois hydrophile et hydrophobe). Ils peuvent être présents dans de nombreux produits de consommation courante : traitements anti-tâches et imperméabilisants de textiles, enduits résistant aux matières grasses, revêtements antiadhésifs (Téflon®), etc. La principale voie d'exposition aux composés perfluorés semble être l'alimentation (poissons,

mollusques et crustacés). La présence de ces composés dans l'air intérieur et les poussières peut également être une source d'exposition.

Il existe peu d'étude ayant permis d'estimer l'impact sanitaire d'une exposition aux composés perfluorés. Certains sont suspectés d'avoir des effets sur le système reproducteur (altération de la fertilité) et sur le poids à la naissance lors d'une exposition prénatale.

Les composés perfluorés ont été mesurés par dosage dans le sérum chez **277** femmes enceintes.

Chez toutes les femmes dosées, au moins un composé perfluorés est présent à un niveau quantifiable.

La concentration moyenne pour l'ensemble de ces composés est égale à **7,7 µg/L** (0,8 µg/g de lipides) (résultats non pondérés). Parmi les 17 composés perfluorés étudiés, le PFOS, le PFOA, le PFHxS, le PFNA et le PFDA présentent à la fois les taux de quantification et les niveaux de concentration les plus élevés; ils contribuent à eux seuls à près de 80 % de l'imprégnation totale par les composés perfluorés. Il n'existe pas à l'heure actuelle de seuil sanitaire permettant d'interpréter, en termes d'effets sanitaires, les niveaux biologiques de composés perfluorés mesurés dans l'organisme.

Les niveaux d'imprégnation observés dans le volet périnatal, chez les 277 femmes enceintes incluses, sont cohérents avec ceux observés dans les études similaires conduites en France et à l'étranger.

CONCLUSION

Le volet périnatal du programme national de biosurveillance a permis de décrire pour la première fois l'imprégnation des femmes enceintes françaises par certains polluants organiques de l'environnement et de quantifier, lorsque cela était possible, les déterminants de ces niveaux d'imprégnation.

Les résultats du volet périnatal montrent que le bisphénol A, les phtalates, les pyréthriinoïdes (famille d'insecticides), les dioxines, les furanes, les PCB, les retardateurs de flamme et les composés perfluorés sont mesurés à des niveaux de concentrations quantifiables chez près de la totalité des femmes enceintes.

Néanmoins, les concentrations mesurées dans le volet périnatal sont généralement légèrement inférieures à celles observées dans les études antérieures françaises et étrangères, y compris dans celles menées auprès de femmes enceintes. Ces diminutions pourraient s'expliquer en partie par la mise en place de réglementations (atrazine, dioxines, furanes) et par des réductions d'usages liées aux évolutions industrielles (bisphénol A, certains phtalates et pesticides organophosphorés).

Comparativement aux États-Unis, il existe en France une sur-imprégnation des femmes-enceintes par les pyréthriinoïdes et les PCB. Ces différences, déjà observées en population générale dans l'étude ENNS (Étude nationale nutrition santé mise en œuvre par l'InVS en 2007 [8]), pourraient en partie s'expliquer par des différences de comportements, d'usages et de réglementations entre ces pays.

Les déterminants des niveaux d'imprégnation mis en évidence dans le volet périnatal sont cohérents avec les usages et les sources d'exposition connues des polluants organiques : consommations alimentaires, utilisation de produits d'hygiène (phtalates), utilisation domestique d'insecticides (pyréthriinoïdes), etc.

Les résultats d'imprégnation de ce Tome 1 seront complétés d'un Tome 2 qui présentera les niveaux d'imprégnation par les métaux et leurs déterminants. L'analyse approfondie des résultats produits dans le volet périnatal fera l'objet d'un Tome 3

qui permettra de fournir des éléments d'aide à la décision aux acteurs de santé publique notamment en contribuant à établir des recommandations relatives aux sur-imprégnations constatées par les pyréthriinoïdes et les PCB.

I TABLEAU 1 I

Distribution des concentrations urinaires de biomarqueurs de polluants organiques chez les femmes enceintes ayant accouché en 2011 en France continentale (en µg/L) (résultats pondérés)

Biomarqueurs	Unité	Effectif	%>LOQ	Moyenne (IC 95 % MG)	P25	P50	P75	P95
BPA								
BPA Libre	µg/L	1 764	10,7 %	NC*	< LOD	< LOQ	< LOQ	0,55
BPA Total	µg/L	1 764	73,8 %	0,69 (0,64; 0,74)	0,30	0,75	1,63	5,28
Phtalates								
MnBP	µg/L	989	82,2 %	5,01 (4,05; 6,20)	1,63	8,45	29,12	236,31
MiBP	µg/L	989	83,1 %	4,33 (3,46; 5,43)	1,41	6,83	27,07	221,68
MBzP	µg/L	989	66,6 %	0,82 (0,68; 0,99)	< LOQ	1,16	5,42	42,80
MEP	µg/L	989	90,2 %	35,40 (27,39; 45,39)	7,10	58,66	296,77	2 083,8
MEHP	µg/L	989	70,8 %	1,60 (1,40; 1,84)	< LOQ	1,64	5,39	37,21
MEOHP	µg/L	989	61,2 %	0,80 (0,65; 0,99)	< LOD	1,03	4,86	45,05
MEHHP	µg/L	989	69,1 %	1,15 (0,93; 1,43)	< LOD	1,72	7,01	57,32
MECPP	µg/L	989	80,2 %	3,03 (2,49; 3,68)	0,93	4,54	15,22	93,87
MHiNP	µg/L	989	70,4 %	2,11 (1,68; 2,64)	< LOQ	3,29	15,27	90,97
MOiNP	µg/L	989	18,0 %	NC	< LOD	< LOD	< LOQ	8,79
MCIOP	µg/L	989	82,2 %	5,19 (4,25; 6,30)	1,79	7,45	23,19	165,85
ΣDEHP**	µg/L	989	-	7,36 (6,24; 8,60)	2,24	8,28	28,68	177,14
ΣDiNP†	µg/L	989	-	11,00 (9,10; 12,99)	3,41	13,31	45,42	276,92
Herbicides								
Atrazine et métabolites	µg/L	1 036	< 1 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Glyphosate & AMPA	µg/L	1 036	< 1 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Carbamates								
Propoxur	µg/L	1 036	3,2 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
2 IPP	µg/L	1 036	17,0 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,25
Chlorophénols								
4-MCP	µg/L	1 036	1,4 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
2.4 DCP	µg/L	1 036	6,2 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,21
2.5 DCP	µg/L	1 036	4,6 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
2.4.5 TCP	µg/L	1 036	0,4 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
2.4.6 TCP	µg/L	1 036	0,6 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
PCP	µg/L	1 036	4,2 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Organophosphorés								
DMP	µg/L	1 036	28,2 %	NC	< LOD	< LOD	2,22	64,36
DETP	µg/L	1 036	20,5 %	NC	< LOD	< LOD	0,29	2,54
DMTP	µg/L	1 036	9,3 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	2,53
DMDTP	µg/L	1 036	8,5 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	4,16
DEP	µg/L	1 036	4,3 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
DEDTP	µg/L	1 036	0,0 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Pyréthinoïdes								
3-PBA	µg/L	1 077	99,7 %	0,36 (0,33; 0,38)	0,18	0,36	0,73	1,89
4-F-3-PBA	µg/L	1 059	5,7 %	NC	< LOQ	< LOQ	< LOQ	0,02
cis-DBCA	µg/L	1 077	99,6 %	0,23 (0,21; 0,25)	0,11	0,23	0,46	1,38
cis-DCCA	µg/L	1 056	99,8 %	0,16 (0,15; 0,17)	0,08	0,16	0,30	0,91
trans-DCCA	µg/L	1 077	99,3 %	0,27 (0,25; 0,30)	0,12	0,26	0,57	2,29
ΣPyréthinoïdes††	µg/L	1 056	-	1,18 (1,10; 1,27)	0,61	1,14	2,26	6,20

% > LOQ = pourcentage d'échantillons présentant un niveau de concentration quantifiable en biomarqueur (supérieur à la limite de quantification)

Moyenne = moyenne géométrique

IC 95 % MG = intervalle de confiance à 95 % de la moyenne géométrique

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés

** ΣDEHP = somme des métabolites du DEHP (MEHP + MEOHP + MEHHP + MECPP)

† ΣDiNP = somme des métabolites du DiNP (MHiNP + MOiNP + MCIOP)

†† ΣPyréthinoïdes = somme des pyréthinoïdes (3-PBA + cis-DBCA + cis-DCCA + trans-DCCA)

I TABLEAU 2 I

Distribution des concentrations sériques de biomarqueurs de polluants organiques persistants chez les femmes enceintes ayant fait l'objet d'un dosage dans le cadre du volet périnatal (résultats non pondérés)

Biomarqueurs	Unité	Effectif	%>LOQ	Moyenne (IC 95 % MG)	P25	P50	P75	P95
Dioxines								
OctaCDD (OCDD)	pg/g lip	208	100 %	77,66 (72,72 ; 83,01)	57,17	74,36	97,60	204,61
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	pg/g lip	208	100 %	7,98 (7,35 ; 8,61)	5,18	7,48	10,80	20,48
1,2,3,6,7,8-HxCDD	pg/g lip	208	98,6 %	4,65 (4,35 ; 4,97)	3,38	4,79	6,42	10,69
1,2,3,7,8-PCDD	pg/g lip	197	66,0 %	1,60 (1,51 ; 1,70)	< LOQ	1,69	2,01	3,01
Autres dioxines	pg/g lip	-	< 15 %	NC*	-	-	-	-
ΣDioxines**	pg/g lip	128	-	99,48 (91,68 ; 108,40)	75,21	92,57	120,23	232,81
Furanes								
2,3,4,7,8-PCDF	pg/g lip	208	99,5 %	3,40 (3,21 ; 3,61)	2,69	3,34	4,46	6,79
1,2,3,6,7,8-HxCDF	pg/g lip	208	87,5 %	1,50 (1,43 ; 1,57)	1,24	1,45	1,84	2,64
1,2,3,4,7,8-HxCDF	pg/g lip	208	79,3 %	1,39 (1,33 ; 1,45)	1,12	1,36	1,73	2,42
Autres furanes	pg/g lip	-	< 25 %	-	-	-	-	-
ΣFuranes†	pg/g lip	118	-	13,99 (13,41 ; 14,59)	11,65	14,13	16,04	20,54
PCB								
PCB 52	ng/g lip	52	100 %	0,14 (0,12 ; 0,15)	0,10	0,13	0,17	0,27
PCB 101	ng/g lip	206	99,5 %	0,20 (0,19 ; 0,22)	0,13	0,20	0,27	0,65
PCB 105	ng/g lip	208	100 %	1,04 (0,96 ; 1,12)	0,70	1,02	1,46	3,01
PCB 114	ng/g lip	207	98,1 %	0,21 (0,19 ; 0,22)	0,15	0,20	0,29	0,54
PCB 118	ng/g lip	208	100 %	4,80 (4,46 ; 5,15)	3,41	4,87	6,33	11,84
PCB 126	ng/g lip	208	83,2 %	0,02 (0,02 ; 0,02)	0,01	0,02	0,03	0,04
PCB 138	ng/g lip	208	100 %	11,13 (10,33 ; 11,94)	7,54	11,13	15,61	27,25
PCB 153	ng/g lip	208	100 %	21,45 (19,72 ; 23,11)	14,04	21,63	31,36	53,98
PCB 156	ng/g lip	208	100 %	1,98 (1,83 ; 2,16)	1,36	2,01	3,04	5,02
PCB 157	ng/g lip	189	98,9 %	0,32 (0,29 ; 0,35)	0,22	0,31	0,48	0,78
PCB 167	ng/g lip	208	100 %	0,60 (0,56 ; 0,65)	0,41	0,61	0,84	1,54
PCB 169	ng/g lip	208	47,6 %	NC	< LOQ	< LOQ	0,02	0,03
PCB 180	ng/g lip	208	100 %	15,69 (14,21 ; 17,07)	9,89	16,11	25,46	42,68
ΣPCB totaux††	ng/g lip	208	-	82,53 (76,41 ; 88,47)	54,01	84,79	122,35	209,74
Retardateurs de flamme								
BDE 47	ng/g lip	277	99,6 %	0,24 (0,22 ; 0,26)	0,13	0,21	0,36	1,23
BDE 99	ng/g lip	277	48,4 %	NC	< LOQ	< LOQ	0,09	0,32
BDE 100	ng/g lip	277	71,8 %	0,08 (0,07 ; 0,09)	< LOQ	0,07	0,12	0,33
BDE 153	ng/g lip	277	99,3 %	0,49 (0,45 ; 0,52)	0,36	0,46	0,64	1,13
BDE 209	ng/g lip	277	89,9 %	1,46 (1,38 ; 1,55)	1,07	1,44	1,97	3,41
Autres retardateurs	ng/g lip	277	< 20 %	-	-	-	-	-
ΣPBDE‡	ng/g lip	277	-	2,78 (2,64 ; 2,92)	2,12	2,63	3,33	5,66
Composés perfluorés								
PFOS	µg/L ser.	277	100 %	3,07 (2,87 ; 3,27)	2,12	2,96	4,32	7,85
PFOA	µg/L ser.	277	100 %	1,49 (1,39 ; 1,59)	1,07	1,51	2,14	3,70
PFNA	µg/L ser.	277	100 %	0,52 (0,49 ; 0,55)	0,39	0,48	0,65	1,34
PFHxS	µg/L ser.	277	99,6 %	0,74 (0,68 ; 0,79)	0,49	0,73	1,05	2,10
PFDA	µg/L ser.	277	67,9 %	0,26 (0,24 ; 0,28)	< LOQ	0,25	0,34	0,76
Autres composés	µg/L ser.	277	< 30 %	-	-	-	-	-
ΣPFC‡‡	µg/L ser.	277	-	7,66 (7,29 ; 8,05)	5,67	7,49	9,75	16,24

%>LOQ = pourcentage d'échantillons présentant un niveau de concentration quantifiable en biomarqueur (supérieur à la limite de quantification)

Moyenne = moyenne géométrique

IC 95 % MG = intervalle de confiance à 95 % de la moyenne géométrique

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés

**ΣDioxines = somme des dioxines

†ΣFuranes = somme des furanes

††ΣPCB totaux = somme des PCB 138 + 153 + 180 multiplié par 1,7

‡ΣPBDE = somme des polybromodiphényl éthers

‡‡ΣPFC = somme des composés perfluorés

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Adibi JJ, Hauser R, Williams PL, Whyatt RM, Calafat AM, Nelson H, et al. Maternal urinary metabolites of Di- (2-Ethylhexyl) phthalate in relation to the timing of labor in a US multicenter pregnancy cohort study. *Am J Epidemiol.* 2009; 169 (8) : 1015-24.
- [2] Secretariat of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants United Nations Environment Programme Chemicals International Environment H. *Ridding the world of POPs : a guide to Stockholm convention on persistent organic pollutants.* Genève : United Nations Environment Programme, 2005.
- [3] Fillol C, Garnier R, Mullot JU, Boudet C, Momas I, Salmi LR, et al. Prioritization of the biomarkers to be analyzed in the French biomonitoring program. *Biomonitoring.* 2014; 1 (1) : 95-104.
- [4] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail. *Substitution du bisphénol A - Rapport d'étude.* Maisons-Alfort : 2013 978-2-11-138274-9.
- [5] Schulz C, Wilhelm M, Heudorf U, Kolossa-Gehring M. Reprint of "Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission". *Int J Hyg Environ Health.* 2012; 215 (2) : 150-8.
- [6] Wittassek M, Wiesmuller GA, Koch HM, Eckard R, Dobler L, Muller J, et al. Internal phthalate exposure over the last two decades--a retrospective human biomonitoring study. *Int J Hyg Environ Health.* 2007; 210 (3-4) : 319-33.
- [7] Zota AR, Calafat AM, Woodruff TJ. Temporal trends in phthalate exposures : findings from the National Health and Nutrition Examination Survey, 2001-2010. *Environ Health Perspect.* 2014; 122 (3) : 235-41.
- [8] 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 2014 978-2-11-131111-4.
- [9] Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Saisine n° 2006-SA-0287. Avis de l'agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'imprégnation corporelle en dioxines des forts consommateurs de produits animaux d'origine locale dans le cadre de l'étude InVS-Afssa de novembre 2006. Maisons-Alfort : 2006.
- [10] Wittsiepe J, Schrey P, Ewers U, Selenka F, Wilhelm M. Decrease of PCDD/F levels in human blood from Germany over the past ten years (1989-1998). *Chemosphere.* 2000; 40 (9-11) : 1103-9.
- [11] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail. Saisine n° 2011-SA-0118. Avis de l'agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'interprétation des résultats de l'étude nationale Anes/InVS d'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce. 2011.
- [12] Tard A, Gallotti S, Leblanc JC, Volatier JL. Dioxins, furans and dioxin-like PCBs : occurrence in food and dietary intake in France. *Food AdditContam.* 2007; 24 (9) : 1007-17.
- [13] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail. *Rapport d'expertise collective : Evaluation des risques liées à l'exposition aux retardateurs de flamme dans les meubles rembourrés - Partie 1 : Efficacité contre le risque d'incendie des retardateurs de flamme dans les meubles rembourrés.* Maisons-Alfort : Agence nationale de sécurité sanitaire, alimentation, environnement, travail, 2014.

En savoir plus

Santé publique France. Dossiers thématiques. Environnement et santé. Biosurveillance. [Internet].
<http://invs.santepubliquefrance.fr/fr../Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Biosurveillance>

Mots clés : biosurveillance, grossesse, femme enceinte, environnement, cohorte, population française, biomarqueur, polluant organique, exposition, imprégnation, bisphénol A, phtalates, pesticides, pyréthrinoïdes, dioxines, furanes, PCB, retardateurs de flamme, composés perfluorés.

Citation suggérée :

Dereumeaux C., Guldner L., Saoudi A., Pecheux M., Crouy-Chanel (de) P., Bérat B., *et al.* Imprégnation des femmes enceintes par les polluants de l'environnement en France en 2011. Volet périnatal du programme national de biosurveillance mis en œuvre au sein de la cohorte Elfe. Tome 1 : polluants organiques. Saint-Maurice : Santé publique France; 2016. 12 p. Disponible à partir de <http://www.santepubliquefrance.fr>