

Position des acteurs institutionnels au cours de la phase de lecture

Dépistage, prise en charge et suivi des personnes potentiellement surexposées au cadmium du fait de leur lieu de résidence

Direction générale de la santé (DGS)

Ces travaux qui s'inscrivent dans le cadre du protocole de fonctionnement entre Santé publique France (SpFrance), l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), le Haut Conseil de santé publique (HCSP) et la Haute autorité de santé (HAS) pour la gestion des sites et sols pollués et la protection de la population du 7 septembre 2021, sont attendus par les services territoriaux en charge de la gestion des situations de sites et sols pollués.

Après étude des documents transmis, vous trouverez ci-après nos remarques et suggestions :

→ dans l'argumentaire scientifique :

- **Page 12** : Dans la phrase « *Les populations résidant sur des sols dont la concentration de cadmium est élevée peuvent se contaminer* », nous proposons de rajouter après « *Les populations résidant sur* », « *...ou à proximité immédiate des sols (du fait de l'envol de poussières par exemple)* idem **page 13**
- **Page 17** : « *Une autre source de pollution de l'environnement par le cadmium est l'emploi d'engrais phosphatés. Ces engrais sont produits à partir de roches naturelles qui peuvent contenir du cadmium en concentration variable selon la zone d'extraction : dans certaines roches sédimentaires utilisées pour la production d'engrais phosphatés et originaires du Sénégal ou des Etats-Unis, cette concentration peut dépasser 100 mg/kg (HCSP 2022).* » Au regard spécifiquement des fertilisants, je t'informe que des projets de textes DGAI sur les fertilisants pour abaisser la teneur en cadmium dans le cadre de la réglementation européenne, actuellement de 90 mg/kg de P205, à 60 mg/ kg de P205, font actuellement l'objet d'une consultation publique jusqu'au 30 novembre 2023, sur le site [Vie-publique.fr](http://vie-publique.fr) ([Consultation publique : projet de réglementation encadrant l'innocuité et l'efficacité des matières fertilisantes et des supports de culture | Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire](#)).
- **Page 21** : « *Quatre-vingt à 90 pour cent du cadmium de l'environnement sont dans les sols.* ». Nous suggérons plutôt d'écrire quatre-vingt en chiffres.
- **Page 191** : Recommandation R30 - « *Quand la concentration de cadmium dans les 30-50 premiers centimètres du sol atteint ou dépasse le seuil :*
 - de 0,5 mg/kg de matière sèche sur un site où il existe une autoconsommation des végétaux,
 - ou de 1 mg/kg de matière sèche sur un site sans production de végétaux alimentaires, mais avec des sols accessibles (non recouverts et non revêtus) dans des jardins individuels ou collectifs et/ou des terrains d'activités sportives ou de loisirs,il est recommandé :
 - que les médecins des personnes qui séjournent sur ce site en soient informés et qu'une formation sur les modalités de l'exposition au cadmium et sa surveillance, ainsi que sur les effets sanitaires du cadmium et leur diagnostic, leur soit proposée (avis d'experts). » Nous nous interrogeons sur la mise en œuvre opérationnelle : cela sous-entend que les personnes résidant sur les sites pollués en soient déjà informées et dans le même temps, que l'ARS (?)

fasse une recommandation au médecin déclaré par les personnes. Cela ressemble à ce qui se fait pour le saturnisme, maladie à déclaration obligatoire. Ce qui n'est pas le cas ici. A étudier la faisabilité sur le terrain.

- **Page 192** : « Recommandation R31 - Dans les sites où la concentration en cadmium dans le sol est élevée, le recours des personnels de santé aux spécialistes hospitalo-universitaires régionaux de la toxicité du cadmium et de ses effets sanitaires, doit être facilité pour des avis ou des consultations. Dans ce cadre, les praticiens des Centres régionaux des pathologies professionnelles et environnementales (CRPPE) et des Centres antipoison (CAP) doivent jouer un rôle pivot, parce qu'ils sont eux-mêmes des ressources et parce qu'ils sont en capacité de faciliter la coordination des actions des praticiens de terrain et des services hospitalo-universitaires spécialisés, qui pourraient être consultés pour l'exploration de certains des effets sanitaires du cadmium (avis d'experts). » L'idée est intéressante. A voir la faisabilité sur le terrain.

- « Recommandation R 35 - « Il est recommandé que la stratégie de réduction des expositions au cadmium au niveau le plus bas possible comprenne un volet d'éducation sanitaire de l'ensemble de la population exposée, sur les sources et les circonstances possibles des expositions au cadmium, leurs effets sur la santé ainsi que sur les mesures à prendre pour les prévenir (avis d'experts). » L'idée d'une communication grand public accessible et facile à appréhender par la population exposée à l'instar de ce qui a été produit sur l'arsenic serait à dupliquer.

- **Page 226 et suivantes** : Titre en haut indique « Dépistage, prise en charge et suivi des personnes potentiellement surexposées à l'arsenic du fait de leur lieu de résidence » : remplacer « arsenic » par « cadmium ».

→ dans le texte de recommandations :

- **Pages 5, 6 et 8** : Dans la phrase « Les populations résidant sur des sols dont la concentration de cadmium est élevée peuvent se contaminer ». Nous proposons de rajouter «ou à proximité immédiate des sols (du fait de l'envol de poussières par exemple). »

- **Page 31** : Le titre en haut indique « Dépistage, prise en charge et suivi des personnes potentiellement surexposées à l'arsenic du fait de leur lieu de résidence » : remplacer « arsenic » par « cadmium ».

Direction générale de l'offre de soins (DGOS)

Ce texte comporte 43 recommandations dont 4 sont plus particulièrement fléchées à l'attention des pouvoirs publics (élaboration d'une base de données, information et formation des professionnels de santé concernés par le dépistage et la prise en charge, facilitation de l'accès aux avis et consultations des spécialistes hospitalo-universitaire avec mobilisation des praticiens des CAP et des CRPPE, stratégie de réduction des risques avec volet d'éducation sanitaire des populations concernées).

Les critères et indicateurs proposés ainsi que les différentes conduites à tenir sont clairs et supportés par des outils figurant en annexe. En revanche, l'annexe 4, logigramme stratégie de surveillance médicale des expositions et des effets sanitaires associés au cadmium, est présentée actuellement sur 2 pages et ce qui ne favorise pas une lecture d'ensemble.

Il pourrait être intéressant dans les travaux à venir (fiches professionnels de santé et patients annoncées dans la note de cadrage) de préciser le rôle attendu de la part de chacun.

Afin d'éclairer les différents publics concernés il pourrait être intéressant de proposer des visualisations par cartes ou des liens vers des sites localisant les teneurs en cadmium des sols telles que celles présentées au sein du rapport du HCSP d'août 2022 : DÉFINITION DE VALEURS REPÈRES POUR DES CONTAMINANTS DES SOLS POLLUÉS. LE CADMIUM.

De même, sont mentionnés en introduction plus de 7000 sites et sols pollués il pourrait être intéressant pour les lecteurs de proposer des liens vers des sites (Géorisque, CASIAS ou autre) permettant aux lecteurs de les visualiser sur le territoire.

Au chapitre 5, pour les personnes concernées par une réduction des expositions au cadmium il pourrait être utile, de façon complémentaire aux recommandations en matière de consommation de végétaux ou d'exposition aux sols et poussières de sol, de proposer un message sur l'exposition à la fumée de tabac voire sur le vapotage (si ce dernier point est pertinent).

Santé publique France (SpF)

Afin d'établir vos recommandations, vous avez procédé à une analyse des résultats de l'enquête Esteban en population générale publiés par Santé publique France en juillet 2021. Votre avis s'est également appuyé sur l'audition de Mme Clémence Fillol, responsable de l'unité Surveillance des expositions le 26 janvier 2023. Enfin, un échange s'est également tenu entre M. Sébastien Denys, Directeur Santé Environnement Travail, et M. Pierre Grabach, adjoint de la directrice de l'amélioration de la qualité et de la sécurité des soins le vendredi 8 décembre 2023 suite aux commentaires faits par Santé publique France et détaillés en annexe du présent courrier.

Suite à cette analyse, il apparaît que l'avis remet en cause un certain nombre de conclusions publiées par Santé publique France notamment s'agissant des ajustements des concentrations urinaires, de la validité et de la justesse de nos résultats d'analyse et l'interprétation qui en est faite, ainsi que des valeurs de référence que nous avons produites. Sur chacun des points, nous avons répondu dans la plateforme (arguments détaillés sur chacun des points en annexe du courrier).

Au-delà, il apparaît que la publication de l'avis de la HAS pourrait être de nature à remettre en cause les résultats et conclusions produits par Santé publique France, alors que la validation de nos résultats fait appel à un processus rigoureux d'assurance qualité mis en place dans le cadre du programme national de biosurveillance. Celui-ci s'appuie sur un panel d'experts réunis au sein d'un conseil scientifique indépendant, dont deux membres sont spécialisés dans le développement de méthodes d'analyses de polluants organiques et inorganiques dans les matrices biologiques, et dont les travaux sont reconnus internationalement. Ces experts participent à l'analyse des résultats et aux discussions concernant la validité des résultats d'analyse avant leurs publications. Par ailleurs, les analyses sont conduites dans des laboratoires sélectionnés selon un cahier des charges très précis en matière d'assurance qualité et Santé publique France s'appuie également sur un laboratoire partenaire pour l'élaboration des procédures d'assurance qualité, dans le cadre d'une convention avec le LERES.

Aussi, c'est avec un niveau de confiance suffisant que nous avons publié les valeurs d'imprégnation au cadmium et construit les valeurs de référence en population générale selon une méthode publiée par ailleurs¹.

Enfin, les conclusions de Santé publique France concernant l'augmentation des imprégnations en Cd de la population française sont concordantes avec celles de l'Anses portant sur les expositions alimentaires et qui voient également des augmentations de l'exposition alimentaire

¹ Rambaud L, Saoudi A, Zeghnoun A, Dereumeaux C, Fillol C. Elaboration de valeurs de référence d'exposition à partir de données de biosurveillance. Saint-Maurice : Santé publique France; 2017. 26 p.

au cadmium en EAT1 et EAT2. Ceci a été rappelé lors d'un CASA dédié sur la biosurveillance à l'issue duquel Santé publique France et l'Anses ont produit la note qui vous est transmise en pièce jointe.

Aussi, je vous remercie par avance de bien vouloir tenir compte de nos remarques dans l'avis final ou à défaut d'intégrer à votre avis final ces observations de Santé publique France.

Annexe : Arguments s'agissant des ajustements des concentrations urinaires, de la validité et de la justesse des résultats d'analyse de l'étude Esteban et l'interprétation qui en est faite, ainsi que des valeurs de référence que nous avons produites.

- 1) Tout d'abord sur l'emploi de l'adjectif « gênant » associé aux valeurs de référence d'exposition (VRE) produites par Santé publique France (p 57) et l'absence d'ajustement sur la concentration de la créatinine des VRE produites dans le cadre de l'étude Esteban. En effet, comme indiqué dans le rapport « Imprégnation de la population française par le cadmium - Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016 »², il a été choisi de ne pas exclure les participants ayant des concentrations en créatinine < 0,3 g.L-1 ou > 3 g.L-1 des analyses statistiques de l'étude Esteban. En effet, la justification de cette exclusion proposée par l'OMS en 1996, était le risque de ne pas détecter des analytes présents à de faibles concentrations dans des échantillons d'urine très dilués alors que des échantillons très concentrés peuvent impliquer des changements dans les mécanismes d'excrétion rénale avec le risque que les analytes mesurés ne reflètent pas fidèlement l'exposition. Or selon Barr³, les urines très diluées ne devraient plus être rejetées puisque l'on dispose maintenant de méthodes analytiques présentant des limites de détection très basses. De plus, cet intervalle convient principalement comme critère d'évaluation pour une population active dans le cadre de l'évaluation de l'exposition professionnelle. L'excrétion de la créatinine peut s'avérer significativement plus faible, en particulier chez les enfants et les personnes âgées. De ce fait, en population générale, on peut retrouver une fréquence plus importante d'échantillons d'urines dont les concentrations en créatinine sont inférieures à 0,3 g.L-1. De même, Santé Canada observe de grandes variations en créatinine à la hausse ou à la baisse, dépendant du cycle d'ECMS. Selon le programme américain NHANES, il semble que ces variations soient attendues. Santé Canada et l'équipe de Nhanes n'ont pas appliqué la recommandation de l'OMS d'exclure ces individus. Ces données sont donc présentées dans les résultats de leurs rapports. Il a donc été décidé dans le cadre du programme national de biosurveillance français comme dans les programmes étrangers nord-américains et canadiens de ne pas exclure les participants ayant une concentration en créatinine inférieure à 0,3 g.L-1 ou supérieure à 3 g.L-1. C'est pour cela que nous avons préféré comparer les résultats avec les études internationales et construire nos VRE à partir des concentrations en cadmium urinaire exprimées en µg.L-1. Pour illustration, certains pays comme la Corée de sud et Taiwan expriment leur 95ème percentile (valeur sur laquelle est basé la VRE) uniquement en µg.L-1. Par ailleurs, concernant le cadmium urinaire, la correction par la créatinine n'est pas conseillée car le cadmium est filtré puis réabsorbé au niveau rénal et donc éliminé selon un mécanisme différent de celui de la créatinine.
- 2) Sur l'indication de la non utilisation des valeurs de référence d'exposition issues d'Esteban (p 64). Les principaux arguments utilisés à ce sujet sont une augmentation de l'imprégnation de la population française au cadmium par rapport celle issue de l'étude ENNS (2006-2007) ainsi que valeurs de concentrations urinaires de cadmium chez les

² Oleko A, Fillol C, Saoudi A, Zeghnoun A, Bidondo M, Gane J, Balicco A. Imprégnation de la population française par le cadmium. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016. Saint-Maurice : Santé publique France; 2021. 43 p.

³ Barr DB, Wilder LC, Caudill SP, Gonzalez AJ, Needham LL, Pirkle JL. Urinary creatinine concentrations in the U.S. population: implications for urinary biologic monitoring measurements. Environmental health perspectives. 2005;113(2):192-200.

adultes nettement plus importantes que celles mesurées, à la même époque, dans d'autres études nationales et notamment celles conduites au Canada et en Corée du sud. En ce qui concerne l'augmentation de l'imprégnation de la population française en cadmium, l'alimentation et notamment la consommation de crustacées, mollusques et coquillages est l'un des principaux facteurs de risque de l'exposition au cadmium en France. Or, les résultats de la deuxième étude de l'alimentation totale (EAT2) montraient également que l'exposition alimentaire est supérieure à celle de l'EAT1 pour le cadmium. Dans EAT2, les plus fortes teneurs étaient retrouvées dans les crustacés et mollusques, les abats, les biscuits sucrés, salés ou barres céréalières et le chocolat. Pour presque tous les groupes d'aliments d'EAT2, les concentrations moyennes en cadmium sont supérieures à celles présentées dans l'EAT1, d'un facteur 20 (plats composés, biscuits...), 30 (viennoiseries, sandwiches et casse-croûtes...), voire 80 (chocolat). Une augmentation de l'imprégnation de la population française au cadmium semble cohérente avec l'évolution de la contamination des denrées alimentaires consommées par cette dernière.

Quant à la comparaison avec les études nationales étrangères réalisées à la même époque, les valeurs observées pour le 95^{ème} percentile (P95) (valeur sur laquelle est basé la VRE) au Canada et en Corée du sud semblent être cohérentes avec celles observées en France. En effet, le P95 de l'étude Coréenne se situe à 1,75 µg/L et le P95 de l'étude Canadienne pour la tranche d'âge 40-59 ans se situe à 1,5 µg/L et à 2,2 µg/L pour la tranche d'âge 60-79 ans. Il ne semble donc pas que la valeur du P95 de l'étude Esteban chez les adultes (1,46 µg/L) soit réellement plus élevée que les deux études citées. Le P95 d'Esteban est même inférieur à ceux des deux études considérées.

Aussi, les recommandations évoquent un interfact analytique avec la non prise en compte des interférences, en particulier avec l'oxyde de molybdène. L'impact de ce dernier sur les résultats de l'étude Esteban n'est à l'heure actuelle pas quantifiable. Il ne permet donc pas à lui seul d'exclure l'utilisation des résultats de l'étude Esteban en ce qui concerne le cadmium urinaire. En effet, les valeurs de référence d'exposition sont élaborées et valables pour une période donnée en fonction des données scientifiques disponibles à ce moment-là. Si vous prenez l'exemple du programme canadien, qui a été également confronté à la gestion de l'interférence avec l'oxyde de molybdène, le centre de toxicologie du Québec (CTQ) n'a pas corrigé cette surestimation dans les cycles 1 et 2, car il n'existait pas de méthode de correction communément acceptée à l'époque. Cependant, le CTQ a utilisé une correction mathématique pour corriger la contamination par l'oxyde de molybdène au cycle 5 (2016-2017). Cela a conduit à des niveaux plus faibles de cadmium urinaire rapportés au cycle 5 et, par conséquent, une augmentation du pourcentage de participant ayant une concentration en cadmium urinaire inférieure à la limite de détection. Il n'était pas possible de corriger rétroactivement les mesures du cycle 1 ou 2. Le CTQ a assuré que les résultats de tous les cycles étaient valides car ils ont été produits avec les connaissances et les technologies du moment et celles-ci évoluent dans le temps. Mais, comme indiqué dans le rapport de Santé Canada, les mesures du cycle 5 sont plus précises que celles des cycles 1 et 2. Par ailleurs, concernant l'étude Esteban, l'appareil utilisé pour réaliser les dosages de cadmium de l'étude Esteban comprenait bien une cellule de collision (Nexion 350 de chez Perkin Elmer). Toutefois, aucun gaz inerte n'a été utilisé pour réaliser les dosages et aucune correction mathématique n'a été appliquée sur les résultats produits. C'est pour cela qu'il n'est pas possible de garantir que d'éventuelles interférences aient pu être prises en compte pour l'étude Esteban. Nous y serons bien entendu attentifs dans les résultats à venir dans la suite du programme national de biosurveillance.

- 3) Par ailleurs, des échanges ont eu lieu lors de notre audition sur les raisons ayant conduit à l'exclusion des données d'Esteban pour l'établissement des valeurs d'exposition européennes du programme HBM4EU. Comme indiqué lors de nos échanges, les données d'Esteban n'ont pas été incluses pour des raisons de calendrier. En effet, le terrain d'Esteban ayant eu lieu en amont de la mise en place du processus d'assurance-qualité des laboratoires au sein de ce même programme, le laboratoire ayant réalisé les dosages

d'Esteban n'a pas pu participer à ce dernier. Les données d'Esteban ont en revanche bien été utilisées afin de calculer le pourcentage d'Européens ayant une concentration en cadmium urinaire qui dépassait la valeur sanitaire de référence.

Enfin, ni la stratégie de dépistage d'une surexposition au cadmium des sols, ni la stratégie du diagnostic et de la prise en charge médicale des surexpositions au cadmium de l'environnement et des intoxications chroniques, ne sont basées sur la comparaison avec les VRE. L'analyse critique des VRE produites par Santé publique France ne semble donc pas indispensable à l'élaboration des recommandations de bonnes pratiques par les experts de la HAS. Ainsi, Santé publique France souhaiterait pouvoir à minima faire apparaître les éléments détaillés ci-dessus au sein même du rapport détaillant l'argumentaire scientifique et que le qualificatif « gênant » ne soit pas associé aux données issues de l'étude Esteban.

Objet : Note relative à la demande de diminution du taux de cadmium dans les matières fertilisantes pour limiter les risques de surimprégnation de la population française

Le ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire a mis en ligne, pour consultation publique jusqu'au 30 novembre 2023, un ensemble de projets de textes réglementaires encadrant l'innocuité et l'efficacité des matières fertilisantes et des supports de culture (deux décrets et deux arrêtés). Un des objectifs de ces textes est la maîtrise des contaminations des sols liés à l'utilisation de matières fertilisantes et supports de culture. Ils visent ainsi à instaurer des teneurs limites en contaminants (critères d'innocuité) et une limitation des apports compte tenu de la fréquence et de la quantité des matières utilisées (flux).

Compte tenu de l'importance sanitaire du cadmium (Cd), ce projet de réglementation envisage des apports maximaux admissibles de 2 g Cd.ha⁻¹.an⁻¹ pour cette substance. Il fixe également une teneur de 60 milligrammes de cadmium par kilogramme d'anhydride phosphorique (P₂O₅) pour les engrais minéraux phosphatés. A noter que le Règlement (UE) 2019/1009, entré en application le 16 juillet 2022, a aussi fixé une teneur de 60 mg Cd.kg⁻¹ P₂O₅ pour les engrais minéraux phosphatés.

En réponse à la demande exprimée par vos services le 17 novembre 2023, la présente note présente une synthèse des études menées et conclusions tirées par l'Anses et Santé publique France concernant l'exposition au cadmium.

1) Rappel des travaux de l'Anses dans le cadre des Etudes de l'Alimentation Totale et des saisines

Le cadmium, contaminant de la chaîne alimentaire, est présent dans une grande partie des aliments consommés. Lors d'une exposition prolongée par l'alimentation, le cadmium peut entraîner chez l'Homme des atteintes rénales et une fragilité osseuse (Anses, 2011a).

En 2011, dans le cadre de sa deuxième Etude Alimentation Totale (EAT2), l'Anses relève la présence de cadmium dans 79 % des échantillons alimentaires constitués (et couvrant presque 90 % du régime total des Français) (Anses, 2011a) et constate que l'exposition alimentaire des français au cadmium est en augmentation par rapport à la précédente étude de l'alimentation totale (EAT1) parue en 2004. Elle conclut

que 0,6 % des consommateurs adultes et 14,9% des consommateurs enfants de 3 à 17 ans présentent des niveaux d'exposition au cadmium supérieurs à la dose journalière tolérable du cadmium par ingestion. Les pains, produits de panification, pommes de terre, et les légumes sont identifiés comme les aliments contributeurs majeurs à l'exposition alimentaire au cadmium (**Figure 1**). Certains aliments comme le chocolat ou les abats, pourtant identifiés comme fortement contaminés par le cadmium, contribuent de façon plus faible à l'exposition moyenne de la population générale, en raison d'une consommation limitée au sein de la population générale.

Ainsi, afin de réduire l'exposition alimentaire de la population, l'Anses recommande dès 2011, d'agir sur le niveau de contamination des sources environnementales, en particulier au niveau des intrants (engrais contaminés, épandage des boues de station d'épuration...) en partie à l'origine de la contamination des sols et des aliments (Anses, 2011b).

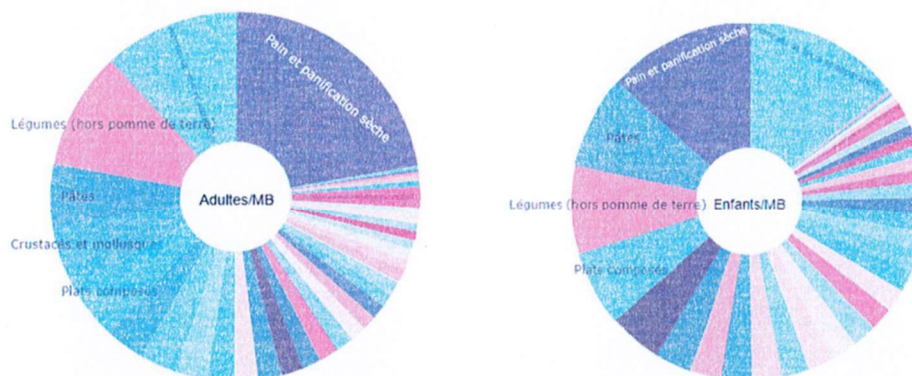


Figure 1. Groupes d'aliments contribuant de manière importante (plus de 5 %) à l'exposition totale au cadmium (Cd) – Source Caliviz : Outil interactif permettant la visualisation des substances chimiques auxquelles est exposée la population française via son alimentation, https://caliviz.shinyapps.io/App_FR/

En 2016, dans le cadre de son Etude Alimentation Totale infantile, l'Anses constate que, chez les enfants de moins de 3 ans, les dépassements de la dose journalière tolérable par ingestion au cadmium peuvent atteindre jusqu'à 36 % en fonction des tranches d'âge. Les contributeurs majeurs à l'exposition au cadmium pour les enfants âgés de plus de 5 mois sont identiques à ceux identifiés dans la population générale. L'Anses conclut que les recommandations émises pour réduire l'exposition de la population générale sont également pertinentes dans le cas des enfants de moins de 3 ans afin de limiter l'accumulation du cadmium dès le plus jeune âge (Anses, 2016).

En 2017, l'Anses réactualise les valeurs sanitaires de référence liées au cadmium pour la population générale. Elle rappelle les effets néfastes du cadmium sur la santé (cancérogénicité certaine ou suspectée pour l'homme selon le type de cancer, effets osseux, rénaux, cardiovasculaires, et certains effets dès le jeune âge (neuro-développementaux), et surtout le caractère cumulatif de celui-ci dans l'organisme en lien avec sa demi-vie très longue allant de 10 à 30 ans. Dans le cadre de cette expertise, l'Anses a retenu le risque d'ostéoporose ou de fractures osseuses comme effet critique sur la santé humaine d'une exposition chronique par voie orale au cadmium. L'Anses recommande une Dose Journalière Tolérable de $0,35 \mu\text{g Cd.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$. De plus, une concentration de cadmium urinaire de $0,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ de créatinine est identifiée comme la concentration critique interne pour un adulte de 60 ans (Anses, 2017). Cette dose critique interne est un support à l'interprétation des résultats de l'étude Esteban (Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition) de Santé publique France.

En 2019, l'Anses confirme que les engrais minéraux phosphatés sont une source majeure de contamination au cadmium des sols agricoles, en apportant près de la moitié des apports totaux, les déjections animales apportant quant à elles près d'un quart de ces apports. **L'Anses a alors recommandé que l'apport en cadmium par les matières fertilisantes, qu'il s'agisse d'engrais minéraux phosphatés ou de déchets utilisés pour fertiliser les cultures comme le fumier, n'excède pas un flux de 2 g Cd.ha⁻¹.an⁻¹.** Le respect de ce flux correspond au critère principal permettant d'enclencher la décroissance du cycle de contamination des sols par le cadmium et par là de permettre la réduction de l'exposition des consommateurs et du fardeau sanitaire qui y est attaché, notamment chez les 14,9 % des consommateurs enfants dépassant la dose journalière tolérable.

Dans le respect de ce critère de flux, la teneur en cadmium dans les engrais minéraux phosphatés se pose : plus cette teneur est importante, plus la dose d'apport d'engrais est faible, et en conséquence peut réduire l'apport d'élément fertilisant majeur comme le phosphore nécessaire à la nutrition des cultures. Une teneur en cadmium de 60 mg Cd.kg⁻¹ P₂O₅ dans les engrais minéraux phosphatés pourrait limiter la capacité à respecter le flux de 2 g Cd.ha⁻¹.an⁻¹ tout en garantissant un apport en phosphore suffisant. Une teneur inférieure à 40 et particulièrement à 20 mg Cd.kg⁻¹ P₂O₅ est de nature à garantir davantage le respect de ce flux et des apports nécessaires aux cultures, tout en réduisant par ailleurs l'exposition des consommateurs au cadmium. Eu égard à l'exposition au cadmium de la population française par voie alimentaire, tout apport au sol de cadmium constitue en effet un facteur de risque supplémentaire pour la population (Anses, 2019, 2021)

Pour l'Anses, l'apport en cadmium par les matières fertilisantes, qu'il s'agisse d'engrais minéraux phosphatés ou de déchets utilisés pour fertiliser les cultures comme le fumier, ne doit pas excéder le flux de 2 g Cd.ha⁻¹.an⁻¹. La teneur en cadmium dans les matières fertilisantes doit permettre de respecter ce flux tout en garantissant les bonnes pratiques raisonnées d'apport et de fertilisation. Plus cette teneur est faible, plus l'exposition des consommateurs au cadmium est limitée et plus l'atteinte de ce double objectif sera facilitée.

2) Rappel des travaux de Santé publique France dans le cadre de l'étude Esteban

En France, l'étude nationale nutrition santé (ENNS) avait permis d'estimer pour la première fois les niveaux d'imprégnation par le cadmium chez les adultes vivant en France continentale en 2006 et 2007. Le volet périnatal du programme national de biosurveillance avait également permis, en 2011, de connaître les niveaux d'imprégnation par le cadmium chez les femmes enceintes françaises. Toutefois, aucune étude n'avait alors mesuré le cadmium dans la population des enfants hormis dans certaines situations locales de sites et sols pollués. Depuis, l'étude transversale Esteban (Étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition), réalisée entre avril 2014 et mars 2016, a permis de mesurer les niveaux d'imprégnation par le cadmium de la population française continentale âgée de 6 à 74 ans (Santé publique France, 2021).

Les résultats de l'imprégnation au cadmium de l'étude Esteban ont montré des taux de quantification de 100 % aussi bien chez les enfants que chez les adultes. La recherche des déterminants de l'exposition a confirmé les facteurs déjà connus dans la littérature, comme la consommation d'aliments contributeurs, par exemple la consommation des céréales au petit déjeuner chez les enfants en plus de la consommation de tabac et de coquillages et crustacés chez les adultes.

Une sur-imprégnation est observée dans la population de l'étude Esteban par rapport aux autres pays européens et nord-américains. Les niveaux d'imprégnation par le cadmium en France en 2014-2016 en population générale chez les adultes sont plus élevés par rapport aux niveaux en 2006-2007. Dans l'étude Esteban, 47,6% de la population générale adulte (18-60 ans) dépassent la concentration critique de cadmium urinaire de $0,5 \mu\text{g g}^{-1}$ de créatinine pour des effets osseux proposée par l'Anses.

Les résultats de cadmiurie de l'étude Esteban ont permis d'établir de nouvelles valeurs de référence d'exposition (VRE).

Compte tenu de l'augmentation des niveaux d'imprégnation entre les études ENNS et Esteban, Santé publique France recommande dans son étude Esteban de réduire les sources d'expositions et de poursuivre la surveillance des imprégnations au cadmium de la population française.

3) En conclusion

Les travaux menés par l'Anses et Santé publique France sur l'exposition au cadmium montrent :

- Une présence de cadmium dans 79 % des aliments et une exposition alimentaire qui augmente entre 2004 et 2011
- Une imprégnation au cadmium estimée par mesure urinaire qui est généralisée pour la population française, qui dépasse la valeur sanitaire de référence pour près de 50% de la population française et qui augmente là aussi entre 2006-2007 et 2014-2016.

En raison de sa toxicité, ces résultats confirment que le cadmium reste une préoccupation de santé publique importante.

Il est donc nécessaire de poursuivre les efforts visant à limiter cette exposition, en particulier par la maîtrise à la source des apports liés à l'utilisation d'engrais minéraux, notamment phosphatés, de fertilisants et d'amendements organiques.

Seule la combinaison de bonnes pratiques de fertilisation, notamment phosphatée, et d'une teneur en cadmium limitée dans les matières fertilisantes, particulièrement dans les engrais minéraux phosphatés où elle peut être maîtrisée à la source, peut conduire à réduire les apports de cadmium dans les sols agricoles (Sterckeman *et al.*, 2018a, b).

L'apport en cadmium par les matières fertilisantes, qu'il s'agisse d'engrais minéraux phosphatés ou de déchets utilisés pour fertiliser les cultures comme le fumier, ne doit pas excéder le flux de $2 \text{ g Cd}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$. Au regard de la situation française actuelle en termes d'imprégnation humaine et d'exposition par la voie alimentaire au cadmium, tout apport au sol de cadmium constitue un facteur de risque supplémentaire pour la population.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANSES (2011a). Avis de l'ANSES et rapport d'expertise relatifs à l'Etude de l'Alimentation Totale Française 2 (EAT2) - Tome 1 : Contaminants inorganiques, minéraux, polluants organiques persistants, mycotoxines, phyto-estrogènes, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Maisons-Alfort. <https://www.anses.fr/fr/system/files/PASER2006sa0361Ra1.pdf>

Anses (2011b). Avis de l'Anses relatif à la révision des teneurs maximales en cadmium des denrées alimentaires destinées à l'Homme (saisine n° 2011-SA-0194). Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Maisons-Alfort.

Anses (2016). Avis de l'Anses et rapport d'expertise relatifs à l'Étude de l'alimentation totale infantile (EATi) –Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Maisons-Alfort. <https://www.anses.fr/fr/content/etude-de-l%E2%80%99alimentation-totale-infantile>

Anses (2017). Rapport de l'Anses relatif aux propositions de valeurs toxicologiques de référence par ingestion, de valeurs sanitaires repères dans les milieux biologiques (sang, urines, ...). <https://www.anses.fr/fr/content/exposition-au-cadmium-l%E2%80%99anses-propose-des-valeurs-limites-pour-mieux-prot%C3%A9ger-les>

Anses (2019). Avis et rapports de l'ANSES relatif à l'exposition au cadmium (CAS n°7440-43-9). <https://www.anses.fr/fr/content/exposition-au-cadmium-l%E2%80%99anses-propose-des-valeurs-limites-pour-mieux-prot%C3%A9ger-les>

Anses (2021). Appui scientifique et technique du 02 novembre 2021 relatif à la recommandation de niveaux en cadmium dans les matières fertilisantes permettant de maîtriser la contamination en cadmium des sols et des productions agricoles et l'exposition de la population humaine - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Maisons-Alfort <https://www.anses.fr/fr/content/note-ast-de-lanses-relative-%C3%A0-la-recommandation-de-niveaux-en-cadmium-dans-les-mati%C3%A8res>

Carne G., Leconte S., Sirot V., Breyse N., Badot P-M., Bispo A., Deportes I. Z., Dumat C., Rivière G., Crépet A. (2021). Mass balance approach to assess the impact of cadmium decrease in mineral phosphate fertilizers on health risk: The case-study of French agricultural soils. *Science of The Total Environment*, Volume 760, 2021, 143374, ISSN 0048-9697, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143374.

Règlement (UE) 2019/1009 du parlement européen et du conseil du 5 juin 2019 établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE, modifiant les règlements (CE) no 1069/2009 et (CE) no 1107/2009 et abrogeant le règlement (CE) n° 2003/2003.

Santé publique France. (2021). Imprégnation de la population française par les métaux et métalloïdes. Programme national de biosurveillance. Esteban 2014-2016. <https://www.santepubliquefrance.fr/etudes-et-enquetes/esteban>

Sterckeman T., Gossiaux L., Guimont S., Sirguy C., Lin Z. (2018a). Cadmium mass balance in French soils under annual crops: Scenarios for the next century. *Science of the Total Environment* 639 (2018) 1440–1452. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.225.

Sterckeman T., Gossiaux L., Guimont S., Sirguy C., Lin Z. (2018b). Corrigendum to "Cadmium mass balance in French soils under annual crops: Scenarios for the next century" [*Sci. Total Environ.* 639 (2018) 1440–1452] <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.179>