



**COMITE SCIENTIFIQUE
DE L'AGENCE FEDERALE POUR LA SECURITE
DE LA CHAINE ALIMENTAIRE**

AVIS 35-2009

Concerne : Estimation de l'exposition alimentaire au cadmium par la population Belge (dossier Sci Com N°2009/13).

Avis approuvé par le Comité scientifique le 13 novembre 2009.

Résumé

Le cadmium (Cd) est principalement un contaminant environnemental, qui d'une part, est présent naturellement dans le milieu et d'autre part peut provenir de sources industrielles et agricoles. Les denrées alimentaires sont la principale source d'exposition au cadmium pour la population des non-fumeurs et non exposés professionnellement. Le cadmium est particulièrement toxique pour les reins. Récemment, une dose tolérable hebdomadaire (Tolerable weekly intake, TWI) de 2,5 µg/kg poids corporel (pc) a été établie par l'EFSA (2009).

Il est demandé au Comité scientifique d'estimer l'exposition de la population belge au cadmium et de déterminer la contribution des différentes catégories de denrées alimentaires à l'exposition.

Sur base des données de consommation de l'enquête alimentaire belge (2004) et des résultats d'analyse de cadmium du programme de contrôle de l'AFSCA pour 2006, 2007 et 2008, l'exposition alimentaire au cadmium moyenne et au 95^{ème} percentile de la population adulte belge a été estimée à 1,27 µg/kg pc/semaine et 2,80 µg/kg pc/semaine, respectivement. L'exposition alimentaire moyenne et au 95^{ème} percentile des enfants est estimée à 4,09 µg/kg pc/semaine et 7,3 µg/kg pc/semaine, respectivement.

L'exposition alimentaire au cadmium pour des groupes de consommateurs particuliers, tels que les consommateurs qui suivent les recommandations au niveau de la consommation de légumes et de poisson, et les personnes qui consomment des denrées produites dans des zones contaminées est plus élevée que pour la population générale adulte et approche voire dépasse la TWI de 2,5 µg/kg pc/semaine. Il en serait de même pour les enfants.

Les groupes de denrées alimentaires qui contribuent le plus à l'exposition au cadmium sont les céréales (y compris les pâtes) et les pommes de terre. Le Comité scientifique estime que des efforts devraient être consentis pour limiter l'exposition via les légumes, les pommes de terre ainsi que les céréales et plus particulièrement les pâtes.

Le Comité scientifique recommande d'analyser le cadmium dans les céréales et produits céréaliers (pains, pâtes, biscuits, pâtisseries, céréales petit-déjeuner, ...) en distinguant les produits plus raffinés (ex. pain blanc) des produits dits complets. Le Comité scientifique recommande également d'analyser d'autres denrées pouvant contenir de grandes quantités de cadmium comme les champignons sauvages, les noix, y compris les bombyx de pin, et les huiles dérivées.

Summary

Advice 35-2009 of the Scientific Committee of the FASFC on the estimation of the dietary intake of cadmium by the Belgian population

Cadmium (Cd) is mainly an environmental contaminant, which on one hand, is naturally present in the environment and on the other hand, may originate from industrial and agricultural sources. Food is the main source of cadmium exposure for the non-smoking and the non-occupationally exposed part of the population. Cadmium is particularly toxic to the kidneys. Recently, a tolerable weekly intake (TWI) of 2.5 µg/kg body weight (bw) was established by EFSA (2009).

The Scientific Committee was requested to estimate the exposure of the Belgian population to cadmium and to determine the contribution of different food categories to the exposure.

Based on consumption data from the Belgian food survey (2004) and results from the Cd analyses control in the framework of the control program from FASFC for 2006, 2007 and 2008, average and 95th percentile dietary exposure to cadmium of the Belgian adult population were estimated at 1.27 µg/kg bw/week and 2.80 µg/kg bw/week, respectively. The mean and 95th percentile dietary exposure of children was estimated at 4.09 µg/kg bw/week and 7.3 µg/kg bw/week.

Dietary exposure to cadmium for specific consumer groups such as consumers which follow the food recommendations for the consumption of vegetables and fish and for people who eat food produced in a contaminated area is higher than the general adult population and approaches or even exceeds the TWI of 2.5 µg/kg bw/week. The same applies to children.

Cereals (including pasta) and potatoes are the main food groups that contribute to cadmium exposure. The Scientific Committee consider that efforts should be made to limit exposure through vegetables, potatoes and cereals, especially pasta.

The Scientific Committee recommends to analyze cadmium in cereals and cereal products (bread, pasta, biscuits, breakfast cereals, ...), distinguishing the finer products (eg white bread) with whole meal product. The Scientific Committee also recommends to analyze other foods that may contain large quantities of cadmium as wild mushrooms, nuts, including pine nuts, and derived oil.

Mots clés

Cadmium, denrées alimentaire, exposition

1. Termes de référence

1.1. Questions

Les questions suivantes ont été adressées au Comité scientifique :

- Quelle est l'exposition de la population belge au cadmium via l'alimentation?
- Quelle contribution les différentes catégories de denrées alimentaires fournissent-elles à cette exposition ?

1.2. Contexte législatif

Règlement (CE) N° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

Règlement (CE) N° 629/2008 de la Commission du 2 juillet 2008 modifiant le règlement (CE) N° 1881/2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

Vu les discussions durant les réunions de groupe de travail du 9 avril 2009, 16 juin 2009 et la séance plénière du 13 novembre 2009 ;

le Comité scientifique émet l'avis suivant :

2. Evaluation de risque du cadmium

2.1. Identification des dangers

Le cadmium élémentaire (Cd) (N° CAS : 7440-43-9) est un métal lourd non essentiel. C'est principalement un contaminant environnemental, qui d'une part est présent naturellement et d'autre part peut provenir de sources industrielles et agricoles. Il est principalement trouvé en association avec du zinc dans la croûte terrestre. Il peut être dispersé naturellement dans l'air par entraînement de particules provenant du sol et comme conséquence des éruptions volcaniques et de l'exfoliation des roches et des minéraux (INERIS, 2005). Les sources anthropogéniques de cadmium concernent surtout les dérivés du Cd (chlorure de Cd N° CAS : 10108-64-2, oxyde de Cd N° CAS : 1306-19-0, sulfate de Cd N° CAS : 10124-36-4, sulfure de Cd N° CAS : 1306-23-06) et incluent les émissions industrielles et agricoles : fonderies de métaux non ferreux, métallisation des surfaces, fabrication d'accumulateurs électriques, de pigments, de stabilisants pour les matières plastiques ou d'alliages, fabrication et usage d'engrais phosphatés. La combustion de charbon ou de fuel (mais aussi de bois ou de tourbe) et l'incinération des ordures ménagères sont d'autres sources non négligeables de rejets atmosphériques de Cd. Dans l'eau, le Cd provient essentiellement de l'érosion naturelle, du lessivage des sols ainsi que des décharges industrielles, et du traitement des effluents industriels et des mines (INERIS, 2005).

Les denrées alimentaires sont la principale source d'exposition au Cd pour la population des non-fumeurs et non exposés professionnellement. Elles peuvent être une source de contamination supplémentaire non négligeable chez les travailleurs exposés qui n'observent pas une hygiène stricte (manger et fumer sur le lieu de travail, lavage insuffisant des mains...).

Le taux d'absorption de cadmium après exposition alimentaire chez l'homme est relativement faible (3-5%) (Morgan and Sherlock, 1984, cité par EFSA, 2009) et nettement moindre que l'absorption du cadmium via les poussières qui se déposent dans les voies respiratoires. Cette dernière dépend de la déposition des particules (selon leur taille) et de l'hydrosolubilité

des dérivés. Les dérivés les plus solubles (chlorure et oxyde) sont absorbés à environ 90-100%, alors que le sulfure n'est absorbé qu'à hauteur de 10%. Cette absorption peut se poursuivre pendant plusieurs semaines, même après une inhalation unique. Le manque de certaines substances nutritives (fer, calcium, zinc, cuivre ou protéines) survenant surtout dans le contexte de grossesses multiples ou de maladies préexistantes peut néanmoins conduire à une absorption digestive anormalement élevée de cadmium (EFSA, 2009).

Quelle que soit la voie d'absorption, le cadmium est transporté dans le sang fixé à l'hémoglobine ou aux métallothionéines avant d'être distribué dans l'organisme. Il s'accumule principalement dans le foie puis dans le rein (jusqu'à 75% de la dose absorbée) (AFSSA, 2006). Il est également retrouvé dans le pancréas, la glande thyroïde, les testicules et les glandes salivaires. Dans le foie et le rein, le cadmium stimule la production de métallothionéines fixant le cadmium (AFSSA, 2006). C'est surtout sous forme de complexe avec les métallothionéines que le cadmium est stocké dans l'organisme. La toxicité du cadmium est principalement attribuable à sa forme libre. C'est donc lorsque les capacités de synthèse des métallothionéines sont dépassées que la toxicité se révèle.

Le cadmium est excrété dans les fèces, les urines et les phanères (poils, ongles, dents). En l'absence de lésions rénales, l'excrétion urinaire du cadmium est proportionnelle à la charge corporelle, principalement hépatique et rénale.

Le temps de demi-vie du cadmium dans le corps humain est de 10 - 30 ans (Nawrot *et al.*, 2006).

L'exposition au cadmium a été associée avec la néphrotoxicité, l'ostéotoxicité, la neurotoxicité, la carcinogénicité et la génotoxicité, la tératogénicité et des effets respiratoires, endocriniens et reproductifs (EFSA, 2009).

Le cadmium est particulièrement toxique pour les reins : l'atteinte est caractérisée par le développement d'une néphropathie irréversible pouvant évoluer vers une insuffisance rénale. La dégénérescence se manifeste d'abord au niveau des cellules du tube contourné proximal où le Cd s'accumule au fil des années et est suivie par une réaction inflammatoire, puis une fibrose interstitielle (EFSA, 2009). Après une exposition prolongée et/ou forte, les lésions tubulaires peuvent évoluer vers un dysfonctionnement glomérulaire avec une baisse du taux de filtration glomérulaire, et finalement vers une insuffisance rénale (EFSA, 2009).

Une élimination accrue des protéines de faible poids moléculaire est observée lors de l'exposition au Cd: bêta-2-microglobuline (B2M), protéine de liaison du rétinol (RBP), N-acétyl bêta-D-glucosaminidase, protéine de liaison de la vitamine D, lysosyme, ribonucléase, alpha1-microglobuline. La protéinurie peut s'accompagner de glucosurie, d'aminocidurie, de calciurie et de phosphaturie.

Le cadmium peut aussi provoquer une déminéralisation osseuse (ostéoporose, ostéomalacie), soit directement en endommageant les os, soit indirectement à la suite d'un dysfonctionnement rénal. L'atteinte du squelette s'observe généralement après exposition importante et se caractérise surtout par des douleurs osseuses et des fractures consécutives à des traumatismes mineurs, voire spontanées. Les femmes semblent plus sensibles que les hommes à la toxicité osseuse du Cd ; en particulier, les femmes enceintes ou allaitantes sont atteintes plus précocement en raison des besoins accrus en calcium. Cette ostéotoxicité du Cd constitue un aspect de la maladie de « Itaï-Itaï » observée au Japon chez les populations exposées au Cd lors de la consommation de riz contaminé.

Le cadmium montre une puissante activité œstrogénique et androgénique *in vivo* (Åkesson *et al.*, 2008) et *in vitro*, par liaison directe aux récepteurs œstrogènes et androgènes (Takinguchi and Yoshihara, 2006).

Les troubles respiratoires résultent principalement de l'inhalation de particules irritantes et consistent en rhinites et sinusites, troubles de l'odorat, et bronchites. Une altération de la fonction respiratoire (emphysème) peut survenir après une exposition professionnelle prolongée.

Le cadmium est probablement à l'origine de neuropathies périphériques (Viaene *et al.*, 1999).

Le cadmium peut provoquer des cancers du poumon chez le rat après inhalation. Le Centre international de recherche sur le cancer (IARC) a classé, sur la base d'études de médecine du travail, le cadmium dans la catégorie « carcinogène humain » (groupe I) (IARC, 1993). Des données d'exposition humaine au cadmium par la population ont été associées avec une augmentation du risque de cancer; tel que le cancer du poumon (Nawrot *et al.*, 2006), de l'endomètre (Åkesson *et al.*, 2008), de la vessie (Kellen *et al.*, 2007), de la prostate (Verougstraete *et al.*, 2003) et du sein (McElroy *et al.*, 2006), voire du foie (Campbell *et al.*, 1990).

2.2. Caractérisation des dangers

Une dose hebdomadaire tolérable provisoire (Provisional Tolerable Weekly Intake - PTWI) pour le cadmium de 7 µg/kg poids corporel (pc) a été établie par le Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives - JECFA) (JECFA, 2006) et approuvée par le Comité scientifique de l'alimentation humaine (Scientific Committee for Food - SCF).

Le Panel sur les Contaminants (CONTAM) de l'EFSA (European Food Safety Authority) a effectué une méta-analyse pour évaluer la relation dose - réponse entre le cadmium urinaire et la bêta-2-microglobuline urinaire (B2M). La B2M, une protéine de faible poids moléculaire, est reconnue comme le biomarqueur le plus utile pour les atteintes tubulaires rénales (EFSA, 2009). Le modèle de Hill (Sand *et al.*, 2008) a été adapté à la relation dose - réponse entre le cadmium urinaire et la B2M sur des patients de plus de 50 ans et dans la population générale. À partir du modèle, une limite inférieure de l'intervalle de confiance de la dose de référence (BMDL) a été calculée. Cette valeur s'élève pour une augmentation de la prévalence de B2M élevé avec 5% (BMDL5) à 4 µg Cd/g de créatinine. Un facteur de correction composé-spécifique de 3,9 pour tenir compte de la variation inter-individus du taux de cadmium dans l'urine au sein des populations étudiées, a été appliqué, conduisant à un point de référence de 1,0 µg cadmium/g de créatinine. Ce point de référence a également été confirmé par des données issues d'études réalisées auprès d'ouvriers exposés dans le cadre de leur travail, et par les résultats de plusieurs études individuelles utilisant différents biomarqueurs (EFSA, 2009).

Sur base de la modélisation d'un grand nombre de données de femmes suédoises non fumeuses, 95% de la population à l'âge de 50 ans aurait des concentrations en cadmium urinaire inférieures au point de référence de 1 µg Cd/g créatine si l'exposition alimentaire journalière moyenne ne dépasse pas 0,36 µg Cd/kg pc, ce qui correspond à une ingestion alimentaire hebdomadaire de 2,5 µg/kg pc. Aucune correction ou facteur d'incertitude n'a été requis pour tenir compte de la variabilité individuelle en sensibilité. Par conséquent, le panel CONTAM a établi une dose tolérable hebdomadaire (Tolerable Weekly Intake, TWI) de 2,5 µg/kg pc.

2.3. Estimation de l'exposition

2.3.1. Données de consommation

Une enquête nationale belge de consommation alimentaire a été menée en 2004 par l'Institut Scientifique de Santé Publique (De Vriese *et al.*, 2006). Cette enquête alimentaire belge décrit le schéma de consommation de 3.083 participants âgés de plus de 15 ans, interrogés à deux reprises (deux jours non consécutifs) sur leur consommation des dernières 24 heures. La valeur moyenne de consommation d'une denrée pour les deux jours non consécutifs a été calculée. L'exposition de la population adulte belge de plus de 15 ans a été estimée sur base de ces valeurs moyennes.

2.3.2. Concentration en cadmium dans les denrées alimentaires

Environ 4.000 résultats d'analyses du cadmium effectuées par l'AFSCA dans les denrées alimentaires en 2006, 2007 et 2008 ont été collectés (tableau 1). Les échantillons ont été prélevés dans différents maillons de la chaîne alimentaire dans le cadre du programme d'analyse de l'AFSCA qui a pour objectif de contrôler la conformité avec les réglementations et de garantir la sécurité alimentaire. Le cadmium a été détecté dans 23% des échantillons avec des taux de détection plus importants pour certaines matrices telles que les céréales, les pommes de terres, les légumes racine, les abats et le chocolat. Pour d'autres matrices, comme les petits fruits (fraises, groseilles, raisins) et les viandes (porc, bœuf, mouton, canard, poulet, dinde, cuisses de grenouille, lapin), pratiquement tous les échantillons étaient en dessous de la limite de quantification avec comme conséquence une possible surestimation de leur contribution à l'ingestion lorsque l'approche 'middle bound' ou 'upper bound' est adoptée. Les concentrations médianes (P50) en cadmium ont été déterminées pour chacune des denrées alimentaires. Les valeurs inférieures à limite de détection (LOD), quantification (LOQ) ont été fixés à LOD/2 ou LOQ/2 (approche middle bound).

Les concentrations en cadmium les plus élevées ont été mesurées dans les abats (foie et reins) de cheval et de gibier (tableau 1). La fréquence de détection est également élevée.

Le cadmium n'a pas été analysé dans les abats de bovins. Or ceux-ci sont connus pour être contaminés (Avis 01-2005¹, Vromman *et al.* (2008), Waegeneers *et al.* (2009)). Conformément à l'arrêté royal du 10 août 2005², les abats de bovins de plus de 18 mois abattus en Belgique ne peuvent plus être mis sur le marché. Les concentrations en Cd mesurées par Waegeneers *et al.* dans le foie et les reins de bovins de 18 mois et moins sont plus faibles que celles mesurées dans le foie et les reins de gibier et de cheval. Les concentrations médianes en Cd dans le foie et les reins de bovins de 18 mois et moins sont de 0,06 mg/kg et 0,23 mg/kg, respectivement (Waegeneers *et al.*, communication interne).

Des résultats rapportés à l'EFSA (2009), il ressort que les concentrations en cadmium les plus élevées ont été détectées dans les algues, poisson et fruits de mer, chocolat et aliments destinés à des régimes alimentaires spécifiques.

Le cadmium est fréquemment détecté dans les produits céréaliers. Il est détecté dans tous les échantillons de pâtes analysés par l'AFSCA. Les concentrations en cadmium mesurées par l'AFSCA dans les céréales sont plus élevées que celles rapportées par l'EFSA (2009). Les céréales comme le froment et le riz peuvent concentrer le cadmium durant la croissance dans la partie centrale du grain (RIVM, 2003). Chaudri *et al.* (1995) ont analysé 77 échantillons de froment moulus et tamisés. En moyenne, les concentrations en Cd dans le son étaient deux fois plus élevées que celles mesurées dans la farine complète. La farine blanche contenait environ 31% moins de Cd que la farine complète. Le type de pain (pain blanc, pain brun) n'est pas spécifié au tableau 1. Les biscuits, les pâtisseries et les céréales pour petit déjeuner ne sont pas repris au tableau 1. Le riz n'a non plus été analysé.

Le cadmium est peu détecté dans les jus de fruits et les concentrations sont faibles. Ces concentrations sont comparables à celles rapportées par l'EFSA (2009).

Parmi les légumes, le cadmium est surtout présent dans les épinards, le céleri, les salsifis et dans une moindre mesure dans les pommes de terre, les poireaux, le persil et les carottes. D'après Versluijs et Otte (2001), la carotte, l'épinard, la tomate, les laitues et le céleri ont une assimilation du cadmium du sol élevée. Van der Schee (RIVM, 2003) ont analysé 500 échantillons de fruits, légumes et pommes de terre. Ils ont trouvé que les légumes feuilles et plus spécifiquement les épinards contenaient plus de cadmium. Les concentrations en cadmium dans les épinards rapportées par l'EFSA (2009) sont comparables à celles mesurées par l'AFSCA.

¹ Avis 01-2005 du Comité scientifique disponible sur le site web de l'AFSCA: http://www.favv-afsc.fgov.be/home/com-sci/doc/avis05/Avis_2005-01.pdf

² Arrêté royal modifiant l'arrêté royal du 9 mars 1953 concernant le commerce des viandes de boucherie et réglementant l'expertise des animaux abattus à l'intérieur du pays

Les concentrations en cadmium mesurées dans les fruits secs et la fréquence de détection sont élevées. Le cadmium n'a pas été détecté dans les groseilles, les fraises, les raisins et les melons analysés. de Winter-Sorkina *et al.* (RIVM, 2003) ont rapporté que dans la catégorie des fruits, les framboises sont les plus contaminées. L'EFSA a également rapporté des faibles concentrations en cadmium dans les fruits.

Le cadmium est peu présent (concentrations faibles et faible fréquence de détection) dans les produits laitiers, les œufs et le miel.

Le cadmium est surtout présent dans les mollusques (moules, huitres). Les produits de la mer, comme le crabe, le homard et les huitres provenant d'estuaires contaminés ont des concentrations élevées en cadmium (RIVM, 2003). L'EFSA (2009) a également rapporté des concentrations élevées en cadmium dans les mollusques. Ces concentrations étaient plus élevées que les concentrations mesurées dans le poisson et les crustacés. Les concentrations mesurées par l'EFSA sont du même ordre de grandeur que celles mesurées par l'AFSCA.

Les concentrations en cadmium mesurées dans la viande de canard, lapin, volaille, porc et bœuf sont négligeables.

Tableau 1 : Aperçu des différentes matrices dans lesquelles la quantité de cadmium (Cd) a été déterminée par l'AFSCA en 2006, 2007 et 2008 (Nombre d'échantillons analysés, nombre d'échantillons < limite de quantification (LOQ), % échantillons < LOQ, concentration minimale, maximale, moyenne, médiane (P50) en cadmium

Matrices	Nombre échantillons	Nb <LOQ	% ech <LOQ	Min (mg/kg)	Max (mg/kg)	Moyenne (mg/kg)	P50 (mg/kg)
Pain	40	1	3	0,005	0,051	0,019	0,019
Pâtes, noodle	38	0	0	0,011	0,130	0,060	0,054
Céréales (froment)	10	0	0	0,025	0,099	0,051	0,052
Pommes de terre	88	21	24	0,005	0,140	0,023	0,021
Ail	7	3	43	0,005	0,048	0,014	0,011
Courgette	7	5	71	0,005	0,047	0,012	0,005
Tomate	10	7	70	0,005	0,021	0,008	0,005
Pois	15	15	100	0,050	0,050	0,050	0,050
Oignon	33	18	55	0,005	0,059	0,014	0,005
Carotte	96	13	14	0,005	0,084	0,025	0,021
Radis	5	4	80	0,005	0,014	0,007	0,005
Scorsonères	34	0	0	0,014	0,081	0,045	0,042
Poireau	30	10	33	0,005	0,15	0,030	0,0185
Céleri	29	3	10	0,005	0,240	0,044	0,027
Céleri-rave	18	3	17	0,005	0,180	0,068	0,059
Salade (salade, salade de blé, roquette,...)	59	24	41	0,005	0,087	0,022	0,011
Epinard	50	0	0	0,017	0,290	0,079	0,066
Fenouil	10	8	80	0,005	0,026	0,008	0,005
Persil	16	3	19	0,005	0,110	0,032	0,024
Endive	6	4	67	0,005	0,023	0,009	0,005
Choux (choux blanc, choux fleurs,...)	56	52	93	0,002	0,005	0,005	0,005
Champignon cultivé	55	39	71	0,005	3,000	0,098	0,005
Groseille	9	9	100	0,005	0,005	0,005	0,005
Fraise	11	11	100	0,005	0,005	0,005	0,005
Raisin	6	6	100	0,005	0,005	0,005	0,005
Fruits secs - bombyx de pin	5	0	0	0,106	0,153	0,128	0,124
Melon	9	8	89	0,005	0,012	0,006	0,005
Miel	141	130	92	0,001	0,079	0,004	0,0025
Lait	179	171	96	0,00025	0,007	0,001	0,0005
Fromage	25	21	84	0,0005	0,009	0,002	0,001
Yaourt	20	19	95	0	0,003	0,001	0,001
Œufs	137	135	99	0,00005	0,0131	0,001	0,0005

Poisson	952	895	94	0,001	1,5	0,031	0,025
Mollusque	46	4	9	0,005	0,88	0,212	0,18
Crustacé	157	113	72	0,005	0,37	0,039	0,025
Canard	18	18	100	0,005	0,005	0,005	0,005
Lapin	35	34	97	0,001	0,029	0,005	0,005
Poulet	121	120	99	0,005	0,2	0,007	0,005
Dinde	30	30	100	0,005	0,005	0,005	0,005
Cuisse de grenouille	10	10	100	0,005	0,005	0,005	0,005
Escargot	8	8	0	0,031	0,3	0,129	0,094
Viande de mouton, d'agneau	41	41	100	0,001	0,005	0,005	0,005
Viande de porc	225	225	100	0,001	0,01	0,005	0,005
Viande de bœuf	268	267	99,6	0,005	0,043	0,005	0,005
Viande de veau	34	34	100	0,005	0,005	0,005	0,005
Foie de bovins*	11	0	0	0,04	0,143	0,072	0,059
Reins de bovins*	11	0	0	0,093	0,635	0,257	0,23
Viande de cheval	70	8	11	0,005	0,36	0,042	0,031
Foie de cheval	20	0	0	0,028	72,6	5,315	1,64
Reins de cheval	15	0	0	4,430	71,7	19,463	14,7
Viande de gibier	268	245	91	0,005	0,029	0,006	0,005
Foie de gibier	46	0	0	0,015	52,27	2,341	0,17
Reins de gibier	37	0	0	0,2	14,47	2,768	1,63
Jus de fruit	56	54	96	0,005	0,016	0,005	0,005
Eau minérale (FAL³, 2000-2003)	14	0	0	0,00005	0,0003	0,0002	0,0002
Chocolat	10	5	50	0,010	0,090	0,034	0,025
Arômes	20	15	75	0,001	0,034	0,005	0,001
Aliments pour bébés	18	11	61	0,005	0,039	0,010	0,005
Lait en poudre	25	14	56	0,0005	0,004	0,002	0,0005
Graines et fruits oléagineux	5	2	40	0,014	0,120	0,050	0,050

*Waegeneers *et al.*, communication interne

³ Institut de nutrition des plantes et la science des sols du centre de recherche fédéral Braunschweig (Institute of Plant Nutrition and Soil Science, Federal Agricultural Research Center (FAL) Braunschweig) (2000-2003)

2.3.3. Estimation de l'exposition au cadmium

2.3.3.1. Estimation déterministe de l'exposition au cadmium

L'exposition alimentaire déterministe au Cd pour la population adulte belge a été calculée en multipliant la concentration médiane en Cd pour chaque denrée par la consommation moyenne de cette denrée. Les résultats obtenus ont été sommés pour l'ensemble des denrées et comparés à la TWI (tableau 2).

L'emploi de la concentration médiane en Cd dans les denrées alimentaires a été préféré à l'emploi de la concentration moyenne car cette dernière est très sensible aux valeurs extrêmes.

Tableau 2 : Estimation de l'exposition de la population adulte belge (>15 ans) au cadmium

Matrices	Consommation moyenne (kg/kg pc/jour)	Exposition* (µg/kg pc/semaine)	%TWI (= 2,5 µg/kg pc/semaine)
Pain	1,75E-03	0,233	9,31
Pâtes, noodle	6,19E-04	0,234	9,35
Céréales (froment)	3,70E-06	0,001	0,05
Pommes de terre	1,57E-03	0,226	9,03
Ail	2,58E-06	0,0002	0,01
Courgette	2,52E-05	0,001	0,04
Tomate	4,55E-04	0,016	0,64
Pois	3,37E-05	0,012	0,47
Oignon	9,24E-05	0,003	0,13
Carotte	1,66E-04	0,024	0,97
Radis	2,46E-06	0,0001	0,00
Scorsonères	5,95E-06	0,002	0,07
Poireau	5,28E-05	0,007	0,27
Céleri	1,33E-05	0,003	0,10
Céleri-rave	1,08E-05	0,004	0,18
Salade (salade, salade de blé, roquette,...)	9,76E-05	0,008	0,30
Epinard	4,89E-05	0,022	0,90
Fenouil	3,96E-06	0,0001	0,01
Persil	6,81E-07	0,0001	0,00
Endive	1,48E-05	0,001	0,02
Choux (choux blanc, choux fleurs,...)	2,07E-04	0,007	0,29
Champignon cultivé	4,23E-05	0,001	0,06
Groseille	3,89E-06	0,0001	0,01
Fraise	7,64E-05	0,003	0,11
Raisin	8,05E-05	0,003	0,11
Fruits secs - bombyx de pin	3,33E-07	0,0003	0,01
Melon	6,11E-05	0,002	0,09
Miel	1,61E-05	0,0003	0,01
Lait	1,40E-03	0,005	0,20
Fromage	1,48E-04	0,001	0,04
Yaourt	5,15E-04	0,004	0,14
Œufs	1,44E-04	0,001	0,02
Poisson	2,51E-04	0,044	1,76
Mollusque	2,56E-05	0,032	1,29
Crustacé	4,05E-05	0,007	0,28

Canard	4,89E-06	0,0002	0,01
Lapin	1,85E-05	0,001	0,03
Poulet	2,48E-04	0,009	0,35
Dinde	5,48E-05	0,002	0,08
Escargot	9,18E-07	0,001	0,02
Viande de mouton, d'agneau	3,35E-04	0,012	0,47
Viande de porc	1,99E-04	0,007	0,28
Viande de bœuf	2,54E-04	0,009	0,36
Viande de veau	5,22E-05	0,002	0,07
Foie (cheval, gibier, bovin)	1,75E-06	0,003	0,11
Reins (cheval, gibier, bovin)	2,43E-07	0,003	0,12
Viande de cheval	1,31E-05	0,003	0,11
Viande de gibier	1,73E-05	0,001	0,02
Jus de fruit	9,96E-04	0,035	1,39
Eau minérale (FAL, 2000-2003)	8,80E-03	0,012	0,49
Chocolat	2,01E-04	0,035	1,41
Total		1,04	41,59

Exposition = consommation moyenne * concentration médiane (P50) * 7 * 1000

L'exposition alimentaire 'médiane' (concentration médiane en Cd) de la population adulte belge est estimée suivant l'approche déterministe (tableau 2) à 1,04 µg/kg pc/semaine (41,6% de la TWI (= 2,5 µg/kg pc/semaine)). Cette estimation a été réalisée sur base des données de consommation de l'enquête alimentaire belge et des résultats d'analyse de l'AFSCA pour 2006, 2007 et 2008.

Les approches 'lower bound' (concentrations inférieures à la LOD et LOQ sont considérées comme égales à 0) et 'upper bound' (les résultats inférieurs à la LOD et LOQ sont considérés comme étant égaux à la LOD, LOQ) ont également été appliquées pour rendre des comparaisons possibles.

L'exposition 'médiane' (concentration médiane en Cd) est estimée à 0,83 µg/kg pc/semaine (33% de la TWI) si on applique le scénario 'lower bound' et à 1,24 µg/kg pc/semaine (49,5% de la TWI) si on applique le scénario 'upper bound'. de Winter-Sorkina *et al.* (RIVM, 2003) ont rapporté une exposition alimentaire moyenne minimale (concentrations des non détection étant mis à zéro) à court terme⁴ pour la population néerlandaise de 1,26 µg/kg pc/semaine.

Les valeurs de consommation des différentes denrées alimentaires sont spécifiques à chaque consommateur. C'est pourquoi, l'exposition au Cd devrait être déterminée individuellement. Comme les données individuelles de consommation étaient disponibles dans la base de données de l'enquête alimentaire belge (Devriese *et al.*, 2006), il a été possible de déterminer l'exposition au Cd de chaque individu : la consommation moyenne d'une denrée (exprimée par kg de poids corporel) d'une personne a été multipliée par la concentration médiane en Cd dans la denrée correspondante. Pour cette personne, les produits obtenus ont été sommés pour l'ensemble des denrées et comparés à la TWI. La distribution d'ingestion alimentaire pour la population interrogée a été portée en graphique (figure 1).

⁴ La détermination de l'exposition à court terme ne tient pas compte de la variation journalière de la consommation de denrées alimentaires au niveau de l'individu. Cette variation est souvent plus grande que la variation à long terme entre individu. L'exposition moyenne à court terme de la population est une mesure relativement bonne de l'exposition moyenne de la population.

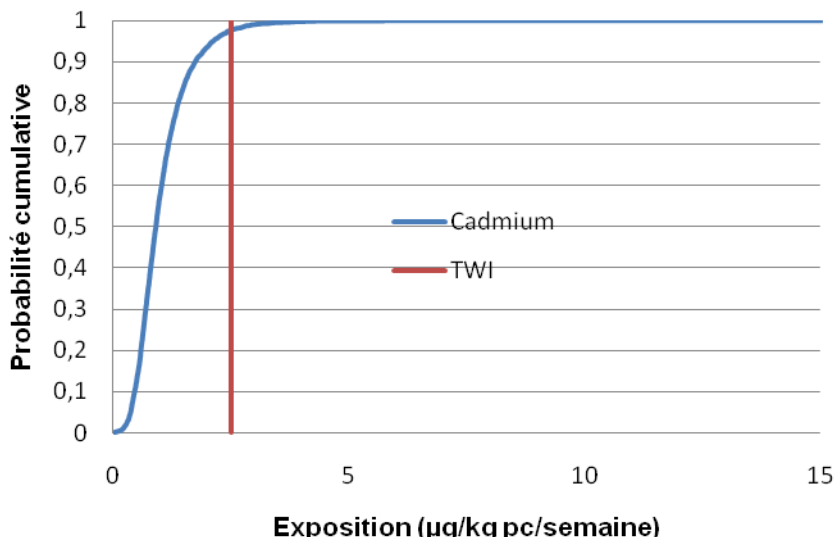


Figure 1 : Distribution de l'exposition au Cadmium, déterminée de manière déterministe pour les 3.083 individus de l'enquête alimentaire belge.

L'exposition alimentaire médiane et au 95^{ème} percentile de la population adulte belge est estimée à 1,04 µg/kg pc/semaine (41,6% de la TWI) et à 2,12 µg/kg pc/semaine (85% de la TWI), respectivement. Environ 2% de la population ont une exposition alimentaire au cadmium supérieur à la TWI.

2.3.3.2. Estimation probabiliste de l'exposition au cadmium

L'exposition de la population adulte belge au cadmium a été estimée suivant l'approche probabiliste à l'aide du logiciel @Risk (Palissade Corporate, version 5.0, US). L'approche probabiliste permet de prendre en compte la variabilité des variables (concentration en Cd et consommation).

Afin de voir l'influence du choix de la distribution des inputs (données de consommation et concentrations en Cd) sur les résultats, l'exposition a été estimée avec trois distributions différentes. Les données de consommation et les concentrations en Cd ont été décrites par une distribution discrète uniforme, une distribution lognormal et une distribution cumulative. Les résultats du calcul de l'exposition, en appliquant une distribution lognormal ou une distribution cumulative aux valeurs de consommation et aux concentrations en Cd, sont comparables aux résultats du calcul de l'exposition en appliquant une distribution discrète uniforme et n'ont pas d'influence sur les conclusions (voir figure 2). La distribution discrète uniforme a été choisie pour décrire les données de consommation et les concentrations en Cd.

Les distributions des inputs ont été échantillonnées de façon aléatoire via la méthode «latin hypercube». Le nombre d'itérations utilisé pour la simulation Monte Carlo est de 100.000.

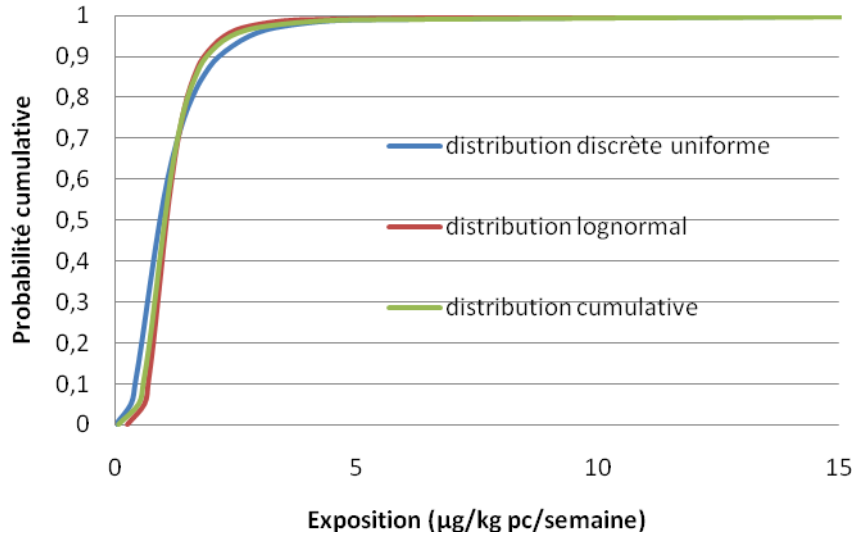


Figure 2 : Distribution de l'exposition au cadmium déterminée de manière probabiliste par l'application d'une distribution discrète uniforme, lognormal ou cumulative aux données de consommation et aux concentrations en Cd.

L'exposition médiane (P50) au cadmium est estimée à 0,96 µg/kg pc/semaine et l'exposition au 95^{ème} percentile est estimée à 2,80 µg/kg pc/semaine (figure 3). L'exposition moyenne au cadmium est estimée à 1,27 µg/kg pc/semaine. 7% de la population adulte a un niveau d'exposition supérieur à la TWI de 2,5 µg/kg pc.

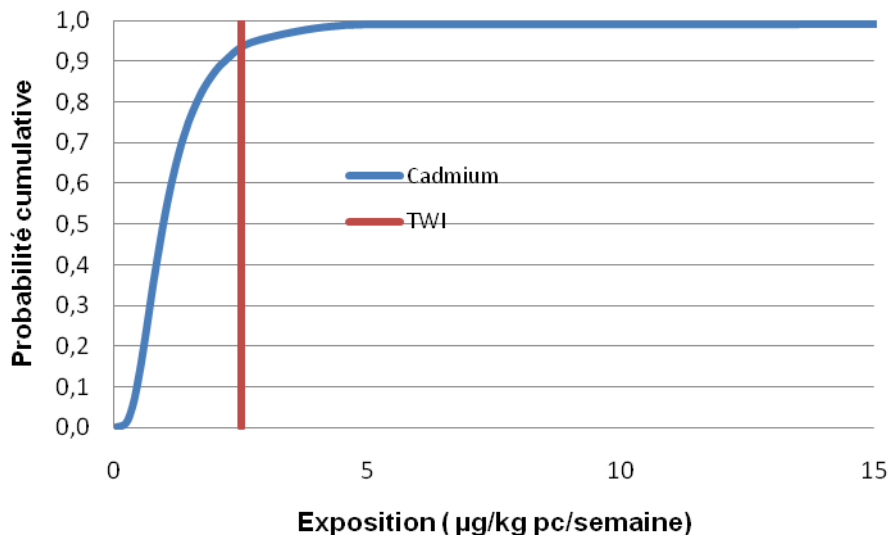


Figure 3 : Distribution de l'exposition au cadmium déterminée de manière probabiliste

L'exposition au cadmium peut être sous estimée par le manque d'un certain nombre de matrices telles que les champignons sauvages, le riz et les biscuits. L'exposition au Cd peut aussi être sous-estimée par le fait que les ingrédients dans les aliments composés sont négligés et calculés comme étant égale à zéro (ex. légumes dans la soupe).

Il existe d'autres méthodes pour estimer l'exposition qui tiennent compte de la variation intra-individuelle (variation entre deux interviews pour un individu). Ces méthodes permettent une meilleure détermination de la distribution de l'exposition à long terme. La moyenne de l'exposition à court terme est une bonne estimation de la moyenne de l'exposition à long

terme. Par contre, les percentiles élevés de l'exposition à court terme ne procurent pas une estimation précise de l'exposition à long terme (surestimation).

Pour l'estimation de l'exposition par l'approche probabiliste, on a supposé que les données de consommation étaient indépendantes ; Ce qui n'est pas le cas dans la réalité. Il est en effet peu probable qu'un individu consomme la quantité maximale de toutes les denrées alimentaires considérées, alors que dans le modèle utilisé c'est possible. Cette simplification conduit à un élargissement de la distribution de l'exposition et dès lors une surestimation de l'exposition au cadmium comme conséquence.

Afin de connaître l'incertitude de l'évaluation d'exposition, le 'bootstrap sampling' a été appliqué. Suivant cette méthode, n observations (concentration en Cd et consommation d'aliment concerné) sont à nouveau "échantillonnées" de manière théorique à partir de l'ensemble des données initiales, de manière à obtenir un ensemble de données 'bootstrap' de n observations. En répétant ce processus 500 fois par exemple, on obtient 500 ensembles de données 'bootstrap', auxquels on peut appliquer les mêmes calculs statistiques (par ex. le percentile 97,5, 99,9, etc.) qu'à l'ensemble des données initiales. Une distribution 'bootstrap' de 500 percentiles 97,5, 99,9, etc. est ainsi créée, qui caractérise l'incertitude de l'ensemble des données initiales (Vose, 2006). Les distributions de données ont été échantillonnées arbitrairement via la méthode 'Latin Hypercube'. Les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel @Risk® (Palisade Corporation, Version 4.5.5, NY, V.S.) (Vose, 2006). Le tableau 3 présente l'incertitude liée au calcul d'exposition pour les matrices qui contribuent le plus à l'exposition.

Tableau 3. Incertitude ($\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{semaine}$) liée au calcul de l'exposition au cadmium pour les aliments qui contribuent le plus à l'exposition des adultes au cadmium (IC 95)

	P50	P75	P95	P97.5	P99	P99.9
Pain	0,20 [0,18-0,22]	0,31 [0,28-0,35]	0,56 [0,48-0,72]	0,67 [0,55-0,92]	0,84 [0,64-1,24]	1,29 [0,85-2,07]
Pâtes	0,00 [0,00-0,00]	0,30 [0,22-0,39]	1,30 [1,01-1,66]	1,77 [1,38-2,17]	2,35 [1,83-3,01]	3,85 [2,59-5,97]
Pommes de terre	0,15 [0,11-0,21]	0,34 [0,25-0,43]	0,84 [0,5-1,07]	1,09 [0,53-1,48]	1,43 [0,75-2,32]	2,43 [0,75-5,29]

La robustesse des percentiles élevés (supérieurs) de l'exposition au Cd, peut être remise en question parce que ces percentiles sont plus sensibles aux incertitudes liées aux séries de données (taille de l'échantillonnage, sous-rapportage de la consommation, incertitudes analytiques, etc.). Toutefois, ces percentiles supérieurs sont importants pour avoir un aperçu correct de l'exposition.

En conclusion, la méthodologie utilisée bien que valable pour l'estimation de l'exposition moyenne, pose un certain nombre d'interrogations pour les estimations réalisées aux percentiles élevés (importante incertitude) et en cas d'exposition à long terme.

2.3.4. Estimation de l'exposition au cadmium dans une région contaminée

Plusieurs sites industriels belges ont été développés pour la production et le traitement des métaux non ferreux. En particulier, des fonderies de zinc et de cuivre ont été construites dans le nord du pays (Campine). Une conséquence néfaste de ces activités est l'émission dans l'environnement local (air, eau et sol) de grandes quantités de contaminants comme le cadmium (Monography, 2004). De nos jours, les émissions sont contrôlées et des plans pour assainir les zones industrielles et leurs abords immédiats sont mis en place. Cependant, des analyses de métaux lourds ont été réalisées dans plusieurs compartiments environnementaux (air, eau et sol) de zones situées dans un rayon d'une dizaine de kilomètres autour des sites industriels. Dans ces zones, des risques de contamination de la

chaîne alimentaire et de l'homme existent en raison des phénomènes de transfert et d'accumulation des contaminants.

Le VITO a estimé l'exposition alimentaire à long terme au cadmium de la population belge et des personnes vivants dans une zone contaminée par le cadmium en Campine (Balen, Mol, Lommel, Overpelt) (communication interne).

Les concentrations en cadmium dans les denrées alimentaires ont été calculées avec le modèle XtraFood, développé par le VITO, à partir des concentrations dans l'environnement. Les concentrations calculées ont ensuite été combinées avec les données de consommation de l'enquête alimentaire belge. Les quantités consommées rapportées dans l'enquête alimentaire belge ont été converties en quantités consommées comme produit cru. Les denrées alimentaires ont ensuite été regroupées dans les mêmes catégories de denrées que celles utilisées dans le modèle XtraFood. Les concentrations et les données de consommations ont été multipliées pour arriver à l'exposition individuelle de Cd pour les 2 jours d'interview de l'enquête de consommation alimentaire belge. Cette exposition à court terme a ensuite été convertie en distributions d'exposition à long terme suivant la méthode développée par Tooze *et al.*⁵ appliquée à la méthode NCI (<http://riskfactor.cancer.gov/diet/usualintakes/>).

Plusieurs scénarios d'exposition ont été calculés (voir tableau 4) :

Tableau 4 : Exposition alimentaire chronique au cadmium pour la population et dans une zone industrielle contaminée (VITO, Communication interne)

Scénario d'exposition	Exposition moyenne à long terme (µg/kg pc/semaine)
Scénario 1 : Exposition de la population flamande avec les concentrations prédites (background)	2,17
Scénario 2 : Exposition dans la région contaminée, concentrations dans les pommes de terre, les légumes et les fruits d'origine potentiellement locale prédites à partir des concentrations dans l'environnement de la région contaminée (sol, dépôts atmosphériques)	3,92
Scénario 3 : Exposition dans la région contaminée de la population avec un potager, concentrations dans les pommes de terre, les légumes et les fruits d'origine potentiellement locale prédites à partir des concentrations environnementales de la région contaminée.	3,78

L'exposition moyenne à long terme de l'ensemble de la population flamande au cadmium a été estimée à 2,17 µg/kg pc/semaine (tableau 4). Ce scénario d'exposition globale a été comparé aux scénarios réalisés pour la population dans la zone contaminée. L'exposition moyenne à long terme au cadmium a été estimée 3,92 µg/kg pc/semaine pour le scénario 2 ce qui est presque 2 fois plus élevé que pour le scénario 1. L'exposition moyenne à long terme au cadmium estimée pour le scénario 3 est presque 2 fois plus élevée que pour le scénario 1.

Il ressort de ces scénarios d'exposition que vivre dans une zone contaminée au cadmium augmente significativement l'exposition alimentaire au cadmium, en fonction de la proportion de denrées produites localement dans le régime alimentaire. La consommation élevée de denrées locales peut résulter en un dépassement de la TWI.

⁵ Tooze, J.A., Midthune, D., Dodd, K.W., Freedman, L.S., Krebs-Smith, S.M., Subar, A.F., Guenther, P.M., Carroll, R.J., Kipnis, V. (2006). A new statistical method for estimating the usual intake of episodically consumed foods with application to their distribution, *J Am Diet Assoc*, 106 (10), 1575-87.

Vromman *et al.* (2008) ont également estimé l'exposition alimentaire de la population vivant en Campine, et l'ont comparée à l'exposition de la population belge. Les valeurs d'exposition sont comparables avec celles déterminées dans l'étude du VITO. L'exposition était de 1,96 µg/kg pc/semaine pour la population belge, et de 3,64 µg/kg pc/semaine dans la zone contaminée. Les auteurs arrivaient à la même conclusion ç. à d. que la consommation excessive de certaines denrées produites localement dans des zones proches des usines de métaux non ferreux pouvait résulter en des niveaux d'ingestion dépassant la PTWI de 7 µg/kg pc/semaine.

2.3.5. Comparaison de l'exposition alimentaire au cadmium avec les données de la littérature

L'exposition alimentaire au cadmium estimée a été comparée aux données rapportées dans la littérature (tableau 5).

L'exposition alimentaire au cadmium varie de 0,3 à 4,2 µg/kg pc/semaine avec la majorité des valeurs situées entre 0,98 et 2,3 µg/kg pc/semaine (tableau 5).

L'exposition de la population adulte française au cadmium estimée par Leblanc *et al.* (2005) est la plus faible. Les concentrations en cadmium mesurées dans les denrées alimentaires par Leblanc *et al.* (2005) sont pour la plupart d'un ordre de grandeur plus faible que celle mesurées par l'AFSCA ou rapportées par d'autres auteurs. Le Comité scientifique ne s'explique pas les raisons de ces importantes différences en concentrations qui sont mesurées dans le cadre de l'étude française.

Les valeurs pour l'exposition peuvent différer d'une étude à l'autre, en fonction du nombre et de la nature des groupes d'aliments considérés, de la méthodologie de calcul et du type d'enquête alimentaire.

Plusieurs valeurs d'exposition sont présentées pour la Belgique. L'exposition au cadmium à long terme déterminée par le VITO a été calculée sur base des concentrations en Cd calculées à l'aide du modèle Xtrafood (qui prédit les concentrations dans les denrées alimentaires sur base des concentrations en Cd mesurées dans le milieu (eau, air, sol)) et des données de l'enquête de consommation belge.

L'exposition alimentaire déterminée par Vromman *et al.* (2008) est basée sur une approche déterministe. Les légumes ont été subdivisés en 3 groupes (légumes feuilles, légumes tige et légumes racine) suivant les définitions pour l'établissement des limites maximales du Règlement (CE) N° 1881/2006⁶.

L'exposition alimentaire effectuée par l'EFSA est basée sur des données d'occurrence du cadmium (valeurs non détectés fixées à la moitié de la limite de détection) et sur des données de consommations rapportées dans la base de données de l'EFSA. Les concentrations moyennes en cadmium de chaque groupe de denrées alimentaires ont été utilisées. L'exposition alimentaire déterminée par l'EFSA est plus faible que celle rapportée par le JECFA (2005) mais plus élevée que celle rapportée par d'autres auteurs. Selon l'EFSA (2009), ces différences peuvent s'expliquer par le fait qu'une évaluation raffinée basée sur des échantillons plus représentatifs et non regroupés résulte en une exposition alimentaire au cadmium plus faible.

L'exposition moyenne effectuée par le SCOOP⁷ a été calculée en combinant la consommation moyenne avec les concentrations moyennes en cadmium dans différentes catégories de denrées alimentaires (SCOOP, 1996).

⁶ Règlement (CE) N° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires.

⁷ Reports on tasks for scientific cooperation

Tableau 5: Exposition alimentaire au cadmium déterminée dans différents pays

Pays– Caractéristiques de l'estimation	Exposition alimentaire (µg/kg pc/semaine) adulte de 60 kg	Source
Belgique – Population adulte, moyenne – données 2005, 2006, 2007	1,27	Sci Com, AFSCA
Belgique (Flandre) – Population adulte moyenne (Exposition alimentaire à long terme)	2,17	VITO (communication interne)
Belgique – Population (calculé par l'EFSA – données 2003-2007)	2,33	EFSA, 2009
Belgique – Population adulte, moyenne (données 2004, 2005)	1,8	Vromman <i>et al.</i> , 2008
Belgique – Population adulte, moyenne	1,9	SCOOP, 2004
Belgique – Population adulte, moyenne	2,74	SCOOP, 1996
UK – TDS 1997	1,4	Ysart <i>et al.</i> , 2000
UK - TDS 2006 - Population adulte, moyenne	0,98-1,19	FSA, 2009
France - Population adulte, moyenne	0,315	Leblanc <i>et al.</i> , 2005
Pays-Bas – Ingestion moyenne de la population (lower bound) – exposition à court terme	1,26	RIVM, 2003
Pays-Bas – Ingestion médiane de la population (lower bound)- exposition à long terme	0,98	RIVM, 2003
Allemagne - population – moyenne	1,45	BfR, 2009
Allemagne	1,2	Bgvv, 2002 cited in EFSA, 2009
Italie (données 2001, 2002)	1,9	cited in EFSA, 2009
Espagne (Tarragone)	1,67	Bocio <i>et al.</i> , 2005
Espagne (Catalogne)	1,4 (femme)/ 1,83 (homme)	Llobet <i>et al.</i> , 2003
Espagne (Iles canaries) – Population totale basée sur TDS 2006	1,1	Rubio <i>et al.</i> , 2006
Danemark – Moyenne (données 93-97)	1,87	Larsen <i>et al.</i> , 2002
Suède – Ingestion alimentaire moyenne des femmes	1,75	Akesson <i>et al.</i> , 2008
Pologne (Lublin city et province) –Population adulte	1,91 - 4,05	Marzec and Schlegel-Zawadzka, 2004
Europe – Exposition adulte moyenne (données 2003 - 2007)	2,3 (1,9 – 3)	EFSA, 2009
US – Exposition de la population basée sur TDS 2003	1,47	Egan <i>et al.</i> , 2007
Exposition au niveau mondial –[Cd] moyenne	2,8 – 4,2	JECFA, 2005

2.3.6. Scénarios d'exposition spécifiques

Plusieurs scénarios d'exposition ont été calculés pour des groupes de consommateurs qui suivent les recommandations alimentaires pour la consommation de légumes et de poisson. Ces scénarios ont été calculés sur base des concentrations en Cd mesurées par l'AFSCA et des données de consommation de l'enquête alimentaire belge (2004). L'approche déterministe a été appliquée pour ces scénarios.

L'exposition alimentaire au cadmium a été déterminée pour les personnes qui consomment quotidiennement 250 g et plus de légumes (28% de la population), et pour les personnes qui consomment 30 g et plus de poisson (21% de la population) avec les concentrations médianes en Cd dans les denrées alimentaires.

L'exposition moyenne au cadmium des personnes qui consomment 250 g et plus de légumes est estimée à 1,25 µg/kg pc/semaine (50% de la PTWI). Pour ce même scénario, l'exposition au 95^{ème} et 99^{ème} percentile est respectivement de 2,38 (95% de la PTWI) et 3,34 µg/kg pc/semaine (134% de la PTWI). L'exposition moyenne au Cd pour les consommateurs de poissons (30 g/jour et plus) est de 1,16 µg/kg pc/semaine (46% de la PTWI). Pour ce même scénario, l'exposition au 95^{ème} et 99^{ème} percentile est respectivement de 2,35 (94% de la PTWI) et 3,38 µg/kg pc/semaine (135% de la PTWI).

2.3.7. Estimation de l'exposition des enfants au cadmium

Les enfants ont un schéma alimentaire sensiblement différent de celui des adultes. De plus, ils ont également une consommation par kg de poids corporel plus élevée, ce qui fait que leur charge corporelle par kg de poids corporel sera généralement plus grande que celle pour les adultes. Il n'existe actuellement pas de données de consommation détaillées pour les enfants en Belgique. Il est prévu de débiter une enquête de consommation alimentaire belge des enfants de 3 à 18 ans en 2011.

L'unité d'enseignement « Maatschappelijke Gezondheidskunde » de l'Université de Gand en collaboration avec le Nutrition Information Center (NICE) a réalisé une enquête de consommation alimentaire des jeunes enfants (2,5 - 6,5 ans) en Flandre en 2002-2003 (Huybrechts et De Henauw, 2007). Les données de consommation des jeunes enfants ont été évaluées sur base d'un questionnaire semi-quantitatif sur la fréquence alimentaire combiné à une méthode de relevé pendant trois jours par les parents (Huybrechts et De Henauw, 2007).

Sur base des valeurs de consommation (Huybrechts et De Henauw, 2007) et des concentrations en Cd mesurées dans les denrées alimentaires par l'AFSCA, l'exposition alimentaire moyenne au cadmium des enfants flamands de 2,5 à 6,5 ans a été estimée à 4,09 µg/kg pc/semaine par l'approche probabiliste à l'aide du logiciel @Risk (Palissade Corporate, version 5.0, US). Les données de consommation et les concentrations en Cd ont été décrites par une distribution discrète uniforme. Les distributions des inputs ont été échantillonnées de façon aléatoire via la méthode « latin hypercube ». Le nombre d'itérations utilisé pour la simulation Monte Carlo est de 100.000.

L'exposition médiane et au 95^{ème} percentile est estimée à 2,96 et 7,3 µg/kg pc/semaine. Environ 63% des enfants auraient une exposition supérieure à la TWI de 2,5 µg/kg pc (figure 4). Par ailleurs, environ 5% des enfants auraient une exposition supérieure à la PTWI de 7 µg/kg pc établie précédemment. Il est à noter que la TWI représente la quantité d'un composé qui peut être ingérée quotidiennement pendant une vie entière sans que cela ne génère de problèmes de santé. La quantité de Cd accumulée dans le corps est importante pour la toxicité. Malgré le fait que les enfants aient une ingestion alimentaire plus importante par unité de poids corporel que les adultes, leur charge corporelle en Cd est plus faible.

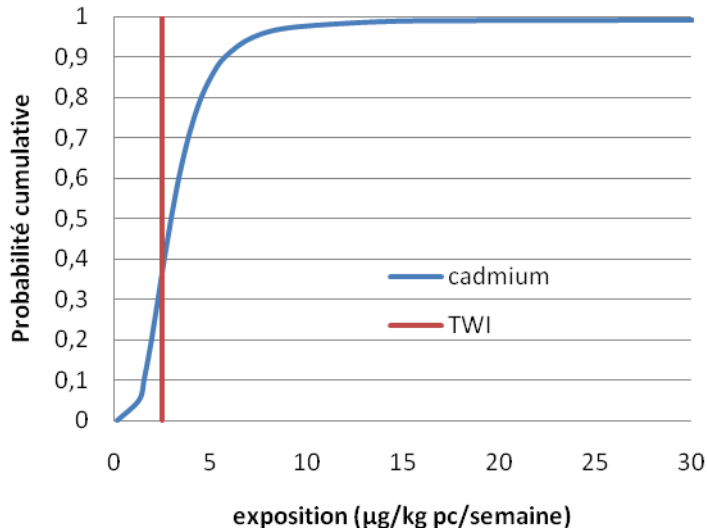


Figure 4 : Distribution de l'exposition des enfants de 2,5 à 6,5 ans au cadmium

Les valeurs de consommation, exprimées par kg de poids corporel, sont plus élevées pour les enfants que pour les adultes (voir tableau 2 et l'annexe 2). Les denrées qui contribuent à l'exposition des enfants sont les pommes de terre (22,6%) suivies des produits céréaliers (pain (20,1%), pâtes (15,5%)), des légumes (14,8%) et des jus de fruits (11,4%). La contribution des jus de fruits résulte d'une consommation élevée. La contribution des différentes denrées alimentaires à l'exposition des enfants est présentée à l'annexe 2.

L'exposition des enfants en bas-âge (3 à 12 mois) a été estimée sur base de la concentration médiane en cadmium dans le lait en poudre et dans les aliments pour bébé (à base de légumes) et sur base des données de consommation de Kersting *et al.* (1998) (tableau 6).

Tableau 6 : Estimation de l'exposition des enfants en bas-âge (3 à 12 mois) au cadmium

Âge	Poids corporel (kg)	Consommation moyenne (kg/kg pc/jour)	Exposition* (µg/kg pc/semaine)	%TWI
Bébé de 3 mois	5,925	0,139	0,91	36,48
Bébé de 6 mois	7,775	0,118	1,25	50,05
Bébé de 9 mois	8,85	0,118	1,23	49,12
Bébé de 12 mois	9,8	0,105	0,23	9,27

*Exposition = consommation moyenne * concentration médiane (P50) * 7 * 1000

La Food Standards Agency (FSA, 2009) a estimé l'exposition alimentaire moyenne des enfants de 1,5 à 4,5 ans entre 2,59 et 3,15 µg/kg pc/semaine et des enfants de 4 à 18 ans entre 1,89 et 2,17 µg/kg pc/semaine.

L'ingestion de cadmium rapporté par le SCOOP (2004) pour les enfants de 3-14 ans en France était de 1,74 µg/kg pc/semaine (70% de la PTWI). L'exposition alimentaire moyenne au cadmium rapporté par l'EFSA (2009) pour les enfants en Italie de 6 mois à 12 ans était de 2,97 µg/kg pc/semaine.

2.3.8. Contribution des (catégories de) denrées alimentaires à l'exposition

Il ressort de l'estimation déterministe de l'exposition de la population adulte belge au cadmium que les denrées à base de céréales (pain et pâtes) contribuent le plus à l'exposition, suivi des pommes de terre et des légumes (tableau 7). La contribution des pommes de terre à l'exposition est principalement due à la grande consommation de cette denrée. Dans la catégorie des légumes, les carottes et les épinards ont la plus grande contribution (voir annexe 1). Les biscuits, les céréales pour petit déjeuner et les pâtisseries ainsi que le riz ne sont pas repris dans le groupe des produits céréaliers ce qui peut mener à une possible sous-estimation de la contribution et de l'exposition.

Tableau 7 : Contribution des catégories de denrées alimentaires à l'exposition au cadmium de la population adulte belge

Catégories de denrées alimentaires	Contribution à l'exposition (%)
Céréales (froment), pain	22,51
Pâtes	22,49
Pommes de terre	21,72
Légumes	10,72
Boissons (eau, jus)	4,54
Viandes (volaille, bœuf, porc, cheval, gibier)	4,32
Poissons	4,22
Crustacés, bivalves	3,79
Chocolat	3,38
Produits laitiers	0,92
Fruits	0,77
Abats (cheval, gibier, bovin)	0,54
Oufs	0,05
Miel	0,03

La contribution des différents groupes de denrées alimentaires à l'exposition au cadmium déterminée par le VITO (communication interne) est la suivante : céréales (46,6%), pommes de terre (14,3%), légumes (13,8%), boissons (café, thé, eau) (10,8%) et poissons (9,6%).

Les catégories de denrées alimentaires qui contribuent le plus à l'exposition effectuée par le SCOOP (1996) étaient les pommes de terre (37%) et les céréales (26%).

LA FSA (2009) a identifié les denrées alimentaires suivantes qui sont consommées en grande quantité et qui sont les plus grands contributeurs à l'exposition alimentaire au cadmium : les pommes de terre (24%), les céréales diverses (21%) et le pain (19%).

Les groupes de denrées alimentaires qui contribuent à l'exposition de la population néerlandaise déterminée par de Winter-Sorkina *et al.* (RIVM, 2003) sont le froment (45%), suivi des pommes de terre (28%) et des légumes (20%).

Les groupes d'aliments qui contribuent à la plus grande partie de l'exposition alimentaire au cadmium estimée par l'EFSA (2009), principalement à cause d'une consommation élevée, sont les céréales et les produits céréaliers, les légumes, les noix et les légumineuses, les pommes de terre et les viandes et les produits à base de viande. Il est à noter que la contribution des noix est due aux concentrations élevées en cadmium (EFSA, 2009).

D'après le JECFA (2005), les 7 groupes de denrées qui contribuent significativement à l'exposition au cadmium incluent le riz, le froment, les légumes feuilles, racine, tige et autres légumes, et les mollusques.

2.4. Caractérisation du risque

Les expositions alimentaires médiane et au 95^{ème} percentile de la population adulte belge au cadmium ont été estimées respectivement à 0,96 et 2,80 µg/kg pc/semaine. L'exposition moyenne est estimée à 1,27 µg/kg pc/semaine. Cette estimation est plus faible que celle déterminée par l'EFSA (2009). L'exposition alimentaire au cadmium est inférieure à la TWI de 2,5 µg/kg pc pour 93% de la population adulte belge.

L'exposition médiane et au 95^{ème} percentile des enfants est estimée à 2,96 et 7,3 µg/kg pc/semaine par l'approche probabiliste. L'exposition moyenne a été estimée à 4,09 µg/kg pc/semaine. Environ 63% des enfants ont une exposition supérieure à la TWI de 2,5 µg/kg pc.

Le panel CONTAM a estimé l'exposition alimentaire moyenne pour les adultes dans les pays européens entre 1,9 et 3,0 µg/kg pc/semaine, et l'exposition élevée⁸ entre 2,5 et 3,9 µg/kg pc/semaine (EFSA, 2009). L'exposition alimentaire moyenne des adultes en Europe approche ou dépasse légèrement la TWI de 2,5 µg/kg pc. L'exposition au Cd peut dépasser la dose hebdomadaire tolérable avec un facteur deux pour des sous-groupes tels que les végétariens, les enfants, les fumeurs et les personnes vivant dans des zones fortement contaminées (EFSA, 2009).

Même s'il est peu probable que des effets indésirables sur les fonctions rénales surviennent à ce niveau d'exposition en Europe, le panel CONTAM a conclu que l'exposition au Cd de la population générale devait être réduite (EFSA, 2009).

La consommation de denrées alimentaires produites dans des zones contaminées peut conduire à un dépassement de la TWI.

L'exposition alimentaire au cadmium pour des consommateurs qui suivent les recommandations alimentaires pour la consommation de légumes et de poisson est plus élevée que pour la population adulte et approche voire dépasse la dose hebdomadaire tolérable de 2,5 µg/kg pc pour les percentiles élevés.

3. Conclusions

Les expositions alimentaires au cadmium de la population adulte belge médiane et au 95^{ème} percentile ont été estimées respectivement à 0,96 µg/kg pc/semaine et à 2,80 µg/kg pc/semaine par l'approche probabiliste. L'exposition moyenne est estimée à 1,27 µg/kg pc/semaine. L'exposition alimentaire au cadmium est inférieure à la TWI de 2,5 µg/kg pc pour 93% de la population adulte belge.

L'exposition médiane et au 95^{ème} percentile des enfants est estimée à 2,96 et 7,3 µg/kg pc/semaine par l'approche probabiliste. L'exposition moyenne a été estimée à 4,09 µg/kg pc/semaine. Environ 63% des enfants ont une exposition supérieure à la TWI de 2,5 µg/kg pc.

L'exposition alimentaire au cadmium de consommateurs particuliers, tels que les consommateurs qui suivent les recommandations alimentaires pour la consommation de légumes et de poisson et pour des personnes qui consomment des denrées produites dans des zones contaminées est plus élevée que pour la population générale et approche voire dépasse la dose hebdomadaire tolérable de 2,5 µg/kg pc. Il en serait de même pour les enfants.

⁸ Somme de l'exposition P95 (consommateur seul) pour les denrées qui contribuent le plus (céréales et légumes) + exposition moyenne de la population pour les autres catégories de denrées alimentaires

L'exposition élevée des consommateurs qui suivent les recommandations pour la consommation de légumes et de poisson (et de pain complet) n'est pas une raison pour remettre en doute les recommandations alimentaires. Les avantages d'une consommation adéquate de fruits, de légumes et de poisson ont en effet été démontrés.

L'exposition alimentaire de la population adulte belge au cadmium est comparable à celle d'autres pays européens, à l'exception de la France où l'exposition serait plus faible.

Les groupes de denrées alimentaires qui contribuent le plus à l'exposition sont les produits à base de céréales (y compris les pâtes) et les pommes de terre.

4. Recommandations

Le Comité scientifique estime que des efforts devraient être consentis pour limiter l'exposition des consommateurs au cadmium via les légumes, les pommes de terre ainsi que les céréales et plus particulièrement les pâtes.

Le Comité scientifique recommande d'analyser le cadmium dans les céréales et produits céréaliers (pains, pâtes, biscuits, pâtisseries, céréales petit-déjeuner, ...) en distinguant les produits plus raffinés (ex. pain blanc) des produits dits complets. Le Comité scientifique recommande également d'analyser d'autres denrées pouvant contenir de grandes quantités de cadmium comme les champignons sauvages, les noix, y compris les bombyx de pin, et les huiles dérivées. Ces denrées peuvent contribuer à l'exposition de par leur consommation élevée et/ou contenir de grandes quantités de cadmium.

Le Comité scientifique recommande de continuer à contrôler le cadmium dans les autres denrées alimentaires. Le nombre d'échantillons à prélever pour l'analyse des produits laitiers et des œufs pourrait être réduit.

Le Comité scientifique recommande d'identifier plus précisément les matrices alimentaires analysées dans la base de données Foodnet et de veiller à ce que le croisement avec les données de consommation soit facilité. Par exemple, spécifier le type de pain (pain blanc, pain complet,...) comme c'est le cas dans la base de données consommation (disponible sur internet <http://www.iph.fgov.be/epidemiologie/epif/foodfr/food04fr/fooda32fr.pdf>). Il est également recommandé de différencier dans Foodnet les poissons, les mollusques et les crustacés, et en fonction de la provenance (élevage ou sauvage).

Le Comité scientifique attire l'attention sur le fait que les méthodes actuellement utilisées pour l'estimation de l'exposition à des contaminants connaissent certaines limitations, notamment pour les groupes les plus à risque. Dès lors, le Comité scientifique recommande qu'une méthode standardisée et validée soit développée.

Le panel CONTAM de l'EFSA (2009) recommande d'obtenir des données d'exposition plus précises de diverses populations européennes via le biomonitoring.

Pour le Comité scientifique,
Le Président

Prof. Dr. Ir. André Huyghebaert

Bruxelles, le 11/12/2009

Références

Akesson A., Julin B., Wolk A. 2008. Long-term dietary cadmium intake and postmenopausal endometrial cancer incidence: a population-based prospective cohort study. *Cancer Res.* 68 (15), 6435-41.

AfSSA, 2006. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à une demande d'appui scientifique et technique concernant la contamination de denrées alimentaires d'origine animale par du cadmium provenant de la contamination de suppléments minéraux (sulfate de zinc) entrant dans la composition des aliments pour animaux. Afssa Saisine n° 2006-SA-0057.

BfR, 2009. Cadmium : New challenge for food safety ? BfR status seminar on cadmium in the food chain.

BgVV (Bundesinstitut für Gesundheitlichen Verbraucherschutz Und Veterinärmedizin), 2002. National food monitoring - Results of the German Food Monitoring of the years 1995 – 2002.

Bocio A., Nadal M., Domingo J.L. 2005. Human exposure to metals through the diet in Tarragona, Spain. *Biological Trace Element Research* 104, 193–201.

Campbell T.C., Chen J., Liu C., Li J., Parpia B. 1990. Nonassociation of aflatoxin with primary liver cancer in a cross-sectional ecological survey in the People's Republic of China. *Cancer Res.*, 50, 6882-6893.

Chaudri A. M., Zhao F. J., McGrath S. P. Crosland A. R. 1995. The Cadmium Content of British Wheat Grain. *J. Environ. Qual.* 24, 850-855.

Devriese S., Huybrechts I., Moreau M., Van Oyen H. 2006. De Belgische voedselconsumptiepeiling 1 - 2004: Rapport. Wetenschappelijk Instituut Volksgezondheid, maart 2006, Depotnummer: D/2006/2505/17. Available: <http://www.iph.fgov.be/EPIDEMIO/epien/index5.htm>. Accessed 30 November 2006.

de Winter-Sorkina R., Bakker M.I., van Donkersgoed G., van Klaveren J.D. 2003. Dietary intake of heavy metals (cadmium, lead and mercury) by the Dutch population. RIVM report 320103001.

EFSA, 2009. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. *The EFSA Journal* 980, 1-139.

Egan S.K., Bolger P.M., Carrington C.D. 2007. Update of US FDA's Total Diet Study food list and diets. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 17 (6), 573-582.

FSA (Food Standards Agency), 2009. Survey on measurement of the concentrations of metals and other elements from the 2006 UK total diet study. Food Survey Information Sheet01/09. 45 pp. <http://www.food.gov.uk/science/surveillance/fsisbranch2009/survey0109>.

Huybrechts I., De Henauw S. 2007. Energy and nutrient intakes by pre-school children in Flanders-Belgium. *British Journal of Nutrition* 98, 600-610.

IARC (International Agency for Research on Cancer), 1993. Beryllium, Cadmium, Mercury and Exposures in the Glass Manufacturing Industry. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, vol. 58. Lyon, France. 444 pp. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol58/volume58.pdf>.

INERIS, 2005. Le cadmium et ses dérivés Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – DRC-01-25590-00DF249.doc, Version N°2-3-février 05.

JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), 2005. Summary and conclusions of the sixty-four meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). ftp://ftp.fao.org/es/esn/jecfa/jecfa64_summary.pdf.

JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), 2006. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. http://www.inchem.org/documents/jecfa/jeceval/jec_297.htm.

Kellen E., Zeegers M.P., Hond E.D., Buntinx F. 2007. Blood cadmium may be associated with bladder carcinogenesis: the Belgian case-control study on bladder cancer. *Cancer Detect. Prev.* 31 (1), 77-82.

Kersting M., Alexy U., Sichert-Hellert W., Manz F., Schöch G. 1998. Measured Consumption of Commercial Infant Food Products in German Infants: Results From the DONALD Study. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 27(5), 547-552.

Larsen E.H., Andersen N.L., Møller A., Petersen A., Mortensen G.K., Petersen J. 2002. Monitoring the content and intake of trace elements from food in Denmark. *Food Additives and Contaminants* 19, 33–46.

Leblanc J-C., Guérin T., Noël L., Calamassi-Tran G., Volatier J-C., Verger P. 2005. Dietary exposure estimates of 18 elements from the first French total diet study. *Food Additives and Contaminants* 22, 624–641.

Llobet J.M., Falco G., Casas C., Teixido A., Domingo J.L. 2003. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults, and seniors of Catalonia, Spain. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 51 (3), 838-842.

Marzec Z., Schlegel-Zawadzka M. 2004. Exposure to cadmium, lead and mercury in the adult population from Eastern Poland, 1990–2002. *Food Additives and Contaminants*, 21 (10), 963–970.

McElroy J.A., Shafer M.M., Trentham-Dietz A., Hampton J.M., Newcomb P.A. 2006. Cadmium exposure and breast cancer risk. *Journal of the National Cancer Institute* 98 (12), 869-873.

Monography. 2004. Risk Assessment Cadmium oxide CAS-No. 1306–9-0, EINECS No. 215–146–2. Risk Assessment Cadmium metal CAS-No 7440– 43–9, EINECS No. 231–152–8. Final Risk Assessment Report (RAR). September 2004.

Nawrot T., Plusquin M., Hogervorst J., Roels H.A., Celis H., Thijs L., Vangronsveld J., Van Hecke E., Staessen J.A. 2006. Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: a prospective population-based study. *Lancet Oncology* 7 (2), 119-126.

Rubio C., Hardisson A., Reguera J.I., Revert C., Lafuente M.A., Gonzalez-Iglesias T. 2006. Cadmium dietary intake in the Canary Islands, Spain. *Environ. Res.* 100 (1), 123-129.

Sand S., Victorin K., Filipsson A.F. 2008. The current state of knowledge on the use of the benchmark dose concept in risk assessment. *Journal of Applied Toxicology* 28 (4), 405-421.

SCOOP. 1996. Reports on tasks for scientific cooperation. Task 3.2.4. Dietary exposure to cadmium. European Commission, Directorate-General for industry.

SCOOP. 2004. Reports on tasks for scientific cooperation. Task 3.2. 11. Assessment of the dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU Member states. European Commission, Directorate-General Health and Consumer Protection, March 2004. Available: http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/scoop_3-2-11_heavy_metals_report_en.pdf. Accessed: 30 November 2006.

Tagiguchi M., Yoshihara S. 2006. New aspects of cadmium as endocrine disruptor. *Environmental Science*, 13 (2), 107-116.

Verougstraete V, Lison D, Hotz P. 2003. Cadmium, lung and prostate cancer: a systematic review of recent epidemiological data. *J. Toxicol. Environ. Health* 6, 227–55.

Viaene M.K., Roels H.A., Leenders J., De Groof M., Swerts L.J., Lison D., Masschelein R. 1999. Cadmium: a possible etiological factor in peripheral polyneuropathy. *Neurotoxicology*, 20, 1, 7-16.

Vose D. 2006. *Risk analysis – a quantitative guide*. 2nd ed. Chichester (UK): Wiley.

Vromman V., Saegerman C., Pussemier L., Huyghebaert A., De Temmerman L., Pizzolon J.C., Waegeneers N. 2008. Cadmium in the food chain near non-ferrous metal production sites. *Food Additives and Contaminants* 25 (3), 293-301.

Waegeneers N., Pizzolon J-C., Hoenig M., De Temmerman L. 2009. The European maximum level for cadmium in bovine kidneys is in Belgium only realistic for cattle up to 2 years of age. *Food Additives and Contaminants*, 26 (9), 1239-1248.

Ysart G., Miller P., Croasdale M., Crews H., Robb P., Baxter M., de L'Argy C., Harrison N. 2000. 1997 UK Total Diet Study: Dietary exposures to aluminium, arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, selenium, tin and zinc. *Food Additives and Contaminants* 17, 775–786.

Membres du Comité scientifique

Le Comité scientifique est composé des membres suivants:

D. Berkvens, C. Bragard, E. Daeseleire, P. Delahaut, K. Dewettinck, J. Dewulf, L. De Zutter, K. Dierick, L. Herman, A. Huyghebaert, H. Imberechts, P. Lheureux, G. Maghuin-Rogister, L. Pussemier, C. Saegerman, B. Schiffers, E. Thiry, T. van den Berg, M. Uyttendaele, C. Van Peteghem, G. Vansant

Remerciements

Le Comité scientifique remercie le secrétariat scientifique et les membres du groupe de travail pour la préparation du projet d'avis. Le groupe de travail était composé de:

Membres du Comité scientifique	L. Pussemier (rapporteur), A. Huyghebaert
Experts externes	C. Cornelis (VITO), D. Lison (UCL), T. Nawrot (UHasselt), E. Smolders (KULeuven), J. Staessen (KULeuven), J. Vangronsveld (UHasselt), M. Van Holderbeke (VITO), N. Waegeneers (CODA)

Cadre juridique de l'avis

Loi du 4 février 2000 relative à la création de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, notamment l'article 8 ;

Arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire;

Règlement d'ordre intérieur visé à l'article 3 de l'arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, approuvé par le Ministre le 27 mars 2006.

Disclaimer

Le Comité scientifique conserve à tout moment le droit de modifier cet avis si de nouvelles informations et données arrivent à sa disposition après la publication de cette version.

Annexe 1: Contribution des denrées alimentaires à l'exposition au cadmium

Matrices	Contribution des denrées alimentaires à l'exposition (%)
Pain	22,39
Pâtes, noodle	22,49
Céréales (froment)	0,13
Pommes de terre	21,72
Ail	0,02
Courgette	0,08
Tomate	1,53
Pois	1,13
Oignon	0,31
Carotte	2,34
Radis	0,01
Scorsonères	0,17
Poireau	0,66
Céleri	0,24
Céleri-rave	0,43
Salade (salade, salade de blé, roquette,...)	0,72
Epinard	2,16
Fenouil	0,01
Persil	0,01
Endive	0,05
Choux (choux blanc, choux fleurs,...)	0,70
Champignon	0,14
Groseille	0,01
Fraise	0,26
Raisin	0,27
Fruits secs - bombyx de pin	0,03
Melon	0,21
Miel	0,03
Lait	0,47
Fromage	0,10
Yaourt	0,35
Œufs	0,05
Poisson	4,22
Mollusque	3,11
Crustacé	0,68
Canard	0,02
Lapin	0,06
Poulet	0,83
Dinde	0,18
Cuisse de grenouille	0,00
Escargot	0,06
Viande de mouton, d'agneau	1,13
Viande de porc	0,67

Viande de bœuf	0,86
Viande de veau	0,18
Foie (cheval, gibier, bovin)	0,26
Reins (cheval, gibier, bovin)	0,28
Viande de cheval	0,27
Viande de gibier	0,06
Jus de fruit	3,35
Eau minérale (FAL, 2000-2003)	1,18
Chocolat	3,38
Total	100,00

Annexe 2: Estimation déterministe de l'exposition des enfants (2,5 à 6,5 ans) au cadmium

Matrices	consommation moyenne (kg/kg pc/jour)	Exposition* (µg/kg pc/semaine)	% TWI	Contribution à l'exposition (%)
Pain	4,46E-03	0,59	23,74	20,06
Pâtes, noodle,Céréales (froment)	1,26E-03	0,46	18,39	15,54
Pommes de terre	4,66E-03	0,67	26,73	22,58
Ail	4,44E-06	0,0003	0,01	0,01
Courgette	3,23E-05	0,001	0,05	0,04
Tomate	6,79E-04	0,02	0,95	0,80
Pois	1,82E-04	0,06	2,54	2,15
Oignon	1,95E-04	0,01	0,27	0,23
Carotte	7,16E-04	0,12	4,61	3,90
Radis	3,53E-07	0,0000	0,00	0,00
Scorsonères	2,05E-05	0,01	0,24	0,20
Poireau	1,98E-04	0,03	1,02	0,86
Céleri	8,42E-05	0,03	1,01	0,86
Salade (salade, salade de blé, roquette,...)	5,85E-05	0,00	0,18	0,15
Epinard	3,25E-04	0,15	5,95	5,03
Fenouil	2,05E-06	0,0001	0,00	0,00
Persil	6,25E-07	0,0001	0,00	0,00
Endive	1,47E-05	0,0005	0,02	0,02
Choux (choux blanc, choux fleurs,...)	3,79E-04	0,01	0,53	0,45
Champignon	8,44E-05	0,0030	0,12	0,10
Groseille	5,60E-07	0,0000	0,00	0,00
Fraise	1,90E-05	0,0007	0,03	0,02
Raisin	9,80E-05	0,0034	0,14	0,12
Melon	2,55E-05	0,0009	0,04	0,03
Miel	2,08E-05	0,0004	0,01	0,01
Lait	1,57E-02	0,05	2,19	1,85
Fromage	1,55E-03	0,01	0,43	0,37
Yaourt	6,31E-03	0,04	1,77	1,49
Œufs	2,90E-04	0,00	0,04	0,03
Poisson	5,20E-04	0,09	3,64	3,07
Mollusque	6,08E-06	0,01	0,31	0,26
Crustacé	2,56E-05	0,0045	0,18	0,15
Canard	3,41E-05	0,0012	0,05	0,04
Lapin	6,22E-06	0,0002	0,01	0,01
Poulet	7,79E-04	0,03	1,09	0,92
Dinde	2,08E-04	0,01	0,29	0,25
Escargot	9,36E-07	0,0006	0,02	0,02
Viande de mouton, d'agneau	3,89E-05	0,0014	0,05	0,05
Viande de porc	1,76E-03	0,06	2,47	2,09
Viande de bœuf	1,41E-03	0,05	1,98	1,67
Viande de veau	2,97E-05	0,0010	0,04	0,04
Foie (cheval, gibier, bovin)	4,02E-05	0,06	2,47	2,09
Reins (cheval, gibier, bovin)	0,00E+00	0,0000	0,00	0,00
Viande de cheval	3,47E-05	0,01	0,30	0,25
Viande de gibier	1,24E-05	0,0004	0,02	0,01

Jus de fruit	9,65E-03	0,34	13,52	11,42
Eau minérale (FAL, 2000-2003)	1,36E-02	0,02	0,76	0,64
Lait en poudre	2,53E-04	0,0027	0,11	0,09
Total		2,96	118,34	

*Exposition = consommation moyenne * concentration médiane * 7* 1000