

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 73 (1982)

Heft: 4

Artikel: Exposition des nourrissons au plomb, cadmium, zinc et sélénium de provenance alimentaire = Infant's exposure to lead, cadmium, zinc and selenium by food

Autor: Erard, M. / Miserez, A. / Zimmerli, B.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-983461>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Exposition des nourrissons au plomb, cadmium, zinc et sélénium de provenance alimentaire

Infants' Exposure to Lead, Cadmium, Zinc and Selenium by Food

M. Erard, A. Miserez et B. Zimmerli
Office fédéral de la santé publique, Berne
Assistance technique: *Katharina Geiger*

Introduction

La présence dans les aliments de plomb et de cadmium, éléments ubiquitaires, est indésirable, même lorsqu'il ne s'agit que de traces: elle devient, en effet, rapidement nuisible pour l'organisme humain, ces métaux n'ayant en outre selon les connaissances actuelles aucune valeur biologique pour l'homme (1). La teneur en plomb et en cadmium des aliments a fait et fait encore l'objet de nombreuses études, dont la présente, parmi d'autres, a pour but d'évaluer l'exposition des nourrissons et des petits enfants à ces deux éléments notamment (2-8).

Deux autres éléments, le zinc et le sélénium, ont attiré notre attention en raison du danger qu'ils peuvent présenter pour la santé, lorsque leur apport par les aliments dépasse un seuil plus ou moins bien connu. Toutefois, contrairement au plomb et au cadmium, le zinc et le sélénium sont indispensables à l'organisme humain (oligoéléments) (2, 9-12).

L'examen de nos connaissances dans ce domaine et les lacunes qu'elles présentent quant aux effets que peuvent avoir sur la santé le plomb, le cadmium, le zinc et le sélénium, rencontrés en concentrations très variables dans les aliments, nous ont incités à étudier l'exposition en Suisse des nourrissons, qui représentent un groupe de population particulièrement sensible (13).

Nous avons donc, dans ce but, analysé des échantillons de «repas prêts» destinés à l'alimentation des nourrissons et des petits enfants, de denrées alimentaires entrant dans la composition de ces «repas prêts» et d'autres denrées que l'on trouve dans l'alimentation des enfants concernés. Les quatre éléments en question ont été dosés par absorption atomique, le plomb et le cadmium au moyen du four (tube) en graphite, le zinc avec une flamme air-acétylène et le sélénium, sous forme d'hydrure, avec passage dans une cellule en quartz chauffée.

Sur la base des connaissances actuelles, il n'est pas possible, pour le plomb et le cadmium, d'indiquer scientifiquement à l'égard des nourrissons et des petits

enfants des doses hebdomadaires, voire journalières, admissibles ou tolérables (13). C'est la raison pour laquelle, dans le présent article, nous en resterons à la publication des teneurs trouvées et d'une estimation des quantités moyennes ingérées avec les aliments par les nourrissons, en nous fondant sur un menu standard. Nous avons établi ce menu standard hebdomadaire moyen pour un nourrisson de 10 mois (tableau 5, 1^{ère} et 2^{ème} colonnes) en collaboration avec des pédiatres et des spécialistes de la nutrition (14). Il est évident que les apports calculés pour le plomb, le cadmium, le zinc et le sélénium sont en étroite corrélation avec le choix et les quantités d'aliments prévus dans le menu, ces apports variant selon les habitudes alimentaires particulières.

Produits analysés et résultats

Comme déjà relevé ci-dessus, nous considérons dans cette étude, d'une part les «*repas prêts à la consommation pour les nourrissons et petits enfants*» (*purées et flocons, jus de fruits avec miel et jus de légumes*) et d'autre part les «*denrées alimentaires entrant dans la préparation des repas prêts à la consommation ou dans la composition du menu standard hebdomadaire*».

Repas prêts à la consommation pour les nourrissons et petits enfants (tableaux 1 et 2)

Les repas et boissons ont été achetés sur la place de Berne durant la période de 1978 à 1980 et choisis en fonction du menu hebdomadaire que nous avons admis. Exception faite des repas à base de flocons, contenus dans des boîtes ou des sachets avec revêtement en aluminium, tous les repas et jus provenaient d'emballages en verre. Chaque échantillon a été analysé à double et les métaux faisant l'objet de cette étude ont été dosés dans la même solution de minéralisation. En fonction des denrées alimentaires entrant dans leur composition, les repas ont été groupés en sept catégories, afin d'établir la teneur moyenne de ces dernières en chacun des éléments considérés (plomb, cadmium, zinc, sélénium). Les composants de base de chacune de ces catégories, soit «*légumes avec viande*», «*céréales avec viande, légumes et fruits*», «*légumes*», «*viande*», «*fruits avec miel*», «*jus de fruits avec miel et jus de légumes*», «*flocons*», sont indiqués qualitativement dans les tableaux 1 et 2.

Plomb

Toutes les catégories présentent des teneurs moyennes relativement faibles, moins de 0,02 mg/kg pour la catégorie «*viande*», 0,06 mg/kg pour la catégorie «*fruits avec miel*» et 0,07 mg/kg pour la catégorie «*flocons*». Les écarts-types de valeurs pratiquement identiques aux teneurs moyennes, mettent en évidence une forte dispersion des teneurs des échantillons. Les teneurs maximales varient entre < 0,02 mg/kg pour la catégorie «*viande*» et 0,18 mg/kg pour la catégorie «*fruits avec miel*». Des études semblables ont été effectuées dans d'autres pays, avec pour résultats des teneurs supérieures en plomb (3, 5, 6).

Catégories de repas et leurs constituants	Plomb					Cadmium				
	<i>n</i>	\bar{x} mg/kg	<i>s</i> mg/kg	\tilde{x} mg/kg	Valeurs ex- trêmes mg/kg	<i>n</i>	\bar{x} mg/kg	<i>s</i> mg/kg	\tilde{x} mg/kg	Valeurs ex- trêmes mg/kg
<i>Légumes avec viande</i> (carottes, pommes de terre, tomates, laitues, épinards, fenouils, céleris, poireaux, foie de boeuf ou de veau, viande de boeuf, de veau, de porc)	19	0,02	0,01	<0,02	<0,02-0,03	19	0,013	0,012	0,009	0,003-0,053
<i>Céréales avec viande, légumes et fruits</i> (riz, froment, tomates, épinards, céleris, poireaux, carottes, petits-pois, persil, viande de boeuf, de poulet, ananas)	13	0,03	0,04	<0,02	<0,02-0,13	13	0,017	0,025	0,007	0,003-0,079
<i>Légumes</i> (pommes de terre, carottes, tomates, épinards, fenouils, céleris, petits-pois, asperges)	10	0,04	0,04	0,02	0,01-0,12	10	0,032	0,030	0,022	0,005-0,094
<i>Viande</i> (viande de boeuf, de veau, foie)	6	<0,02		<0,02	<0,02	6	0,010	0,007	0,010	0,003-0,020
<i>Fruits avec miel</i> (pommes, bananes, groseilles, ananas, abricots, pêches, miel)	9	0,06	0,06	0,03	<0,02-0,18	9	0,001	0,001	<0,001	<0,001-0,004
<i>Jus de fruits avec miel et jus de légumes</i> (ananas, pommes, bananes, oranges, raisins, cassis, miel, carottes, tomates, céleris, betteraves rouges)	16	0,02	0,02	<0,02	<0,02-0,07	16	0,004	0,005	<0,001	<0,001-0,018
<i>Flocons</i> (froment, seigle, orge, millet, riz, soya, avoine, noisettes, amandes, poires, pommes, oranges, bananes, abricots, carottes, tomates, lait)	20	0,07	0,04	0,06	0,03-0,15	23	0,048	0,037	0,045	0,001-0,140

n = nombre d'échantillons
 \bar{x} = moyenne arithmétique

\tilde{x} = médiane

$$s = \text{écart-type} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}$$

Tableau 2. Teneurs en zinc et en sélénium IV de repas prêts à la consommation de diverses provenances pour nourrissons et petits enfants

Catégories de repas et leurs constituants	Zinc					Sélénium IV				
	<i>n</i>	\bar{x} mg/kg	<i>s</i> mg/kg	\tilde{x} mg/kg	Valeurs ex- trêmes mg/kg	<i>n</i>	\bar{x} mg/kg	<i>s</i> mg/kg	\tilde{x} mg/kg	Valeurs ex- trêmes mg/kg
<i>Légumes avec viande</i> (carottes, pommes de terre, tomates, laitues, épinards, fenouils, céleris, poireaux, foie de boeuf ou de veau, viande de boeuf, de veau, de porc)	19	6,4	2,1	6,4	2,6-10,5	19	0,02	0,01	0,01	<0,01-0,05
<i>Céréales avec viande, légumes et fruits</i> (riz, froment, tomates, épinards, céleris, poireaux, carottes, petits-pois, persil, viande de boeuf, de poulet, ananas)	13	7,0	2,2	7,0	3,2-10,2	13	0,02	0,01	0,02	0,01-0,04
<i>Légumes</i> (pommes de terre, carottes, tomates, épinards, fenouils, céleris, petits-pois, asperges)	10	3,9	1,2	3,7	2,1- 5,7	10	0,01	0,01	<0,01	0,01-0,02
<i>Viande</i> (viande de boeuf, de veau, foie)	6	18,4	6,2	19,6	6,8-24,6	6	0,02	0,01	0,02	0,01-0,03
<i>Fruits avec miel</i> (pommes, bananes, groseilles, ananas, abricots, pêches, miel)	9	2,3	1,4	1,8	0,6- 4,6	9	0,01	0,01	<0,01	<0,01-0,02
<i>Jus de fruits avec miel et jus de légumes</i> (ananas, pommes, bananes, oranges, raisins, cassis, miel, carottes, tomates, céleris, betteraves rouges)	16	1,0	0,4	1,0	<0,2- 1,7	16	<0,01		<0,01	<0,01-0,02
<i>Flocons</i> (froment, seigle, orge, millet, riz, soya, avoine, noisettes, amandes, poires, pommes, oranges, bananes, abricots, carottes, tomates, lait)	23	16,8	5,6	16,9	7,0-25,6	11	0,37	0,34	0,027	<0,01-0,85

Cadmium

Bien que généralement inférieures à celles du plomb, les teneurs moyennes de certains repas sont pratiquement identiques à celles que l'on a décelées pour le plomb (0,03 mg/kg pour la catégorie «légumes» et 0,05 mg/kg pour la catégorie «flocons»). De même que pour le plomb, les écarts-types mettent en évidence une forte dispersion des teneurs des échantillons. Les teneurs maximales varient entre 0,004 mg/kg pour la catégorie «fruits avec miel» et 0,14 mg/kg pour la catégorie «flocons». Selon la bibliographie en la matière, ce sont surtout les céréales et les épinards qui présentent des teneurs élevées en cadmium (4, 15).

Zinc

Les teneurs moyennes des catégories varient entre 1 et 18 mg/kg, les plus faibles (1 et 2 mg/kg) étant celles des catégories «jus de fruits avec miel et jus de légumes» et «fruits avec miel», les plus fortes (17 et 18 mg/kg), celles des catégories «flocons» et «viande». Contrairement aux cas du plomb et du cadmium, les écarts-types (2 à 3 fois plus faibles que les teneurs moyennes) mettent en évidence une dispersion plus restreinte des teneurs en zinc des échantillons. Les teneurs maximales varient entre 2 mg/kg environ pour la catégorie «jus de fruits avec miel et jus de légumes» et environ 25 mg/kg pour les catégories «flocons», «viande», teneurs que l'on retrouve dans d'autres études (15).

Sélénium IV

En général, nous n'avons dosé que le sélénium IV, exception faite pour 35 échantillons à base de céréales dont nous avons aussi dosé le sélénium VI; les résultats obtenus ont montré une prédominance du sélénium IV. Les teneurs moyennes sont faibles (environ 0,02 mg/kg), sauf pour la catégorie «flocons» (0,37 mg/kg). Les teneurs maximales varient entre 0,02 mg/kg pour la catégorie «légumes», «fruits avec miel» et 0,85 mg/kg pour la catégorie «flocons»; des résultats semblables se retrouvent dans d'autres études (16, 17).

Denrées alimentaires entrant dans la préparation de repas prêts à la consommation ou dans la composition du menu standard hebdomadaire (tableaux 3 et 4)

Ayant trouvé dans certains repas prêts à la consommation, tels que «céréales avec viande, légumes et fruits», «légumes», «viande», «fruits avec miel» et «flocons», des teneurs en plomb ou en cadmium, en zinc ou en sélénium relativement élevées, nous avons dosé ces métaux (le sélénium dans quelques échantillons seulement) dans certains de leurs composants frais ou congelés, tels que des miels, des épinards, des foies de bœuf et de veau, des levures alimentaires. Nous avons en outre inclus dans cette étude des aliments entrant dans le menu standard, tels que des boissons fortifiantes et des œufs.

Les épinards (parties comestibles) et les légumes à tubercules et à racines ont été lavés avant d'être homogénéisés et analysés. De même que pour les repas

prêts à la consommation, chaque échantillon a été analysé à double et les quatre éléments ont été dosés dans la même solution de minéralisation.

Les teneurs moyennes en plomb et en cadmium de ces diverses denrées alimentaires figurent au tableau 3; celles en zinc et en sélénium, au tableau 4.

Miel (25 échantillons)

Bien que le nombre des échantillons de miel analysés ne soit pas très élevé (15 miels de forêt et 10 miels de fleurs), il apparaît que les teneurs moyennes des miels de forêt en plomb (0,1 mg/kg), en cadmium (0,02 mg/kg) et en zinc (5,2 mg/kg) sont plus élevées (facteur de 5 environ) que celles des miels de fleurs.

Il semblerait, selon d'autres auteurs (18), que le miel puisse servir d'indicateur pour la pollution de l'environnement.

Boissons fortifiantes (11 échantillons), *boissons à base de cacao* (8 échantillons)

Ces denrées alimentaires sont caractérisées par des teneurs moyennes en plomb relativement faibles (inférieures à 0,07 mg/kg) et par des teneurs moyennes en cadmium (environ 0,04 mg/kg) et en zinc (environ 15 mg/kg) plutôt élevées. Les teneurs extrêmes de ces denrées varient de 0,016 à 0,061 mg/kg pour le cadmium et de 7,1 à 23,8 mg/kg pour le zinc.

Cacaos et chocolats en poudre (6 échantillons)

Sur la base des teneurs maximales trouvées dans certaines «boissons fortifiantes» et «boissons à base de cacao», nous avons analysé des cacaos et chocolats en poudre, matières de base de ces boissons. Nous avons trouvé pour ces denrées une teneur moyenne en cadmium d'environ 0,3 mg/kg et des valeurs extrêmes variant entre 0,05 mg/kg (chocolats en poudre) et environ 0,8 mg/kg (cacaos). Les teneurs moyennes en zinc, avec 50 mg/kg, et maximales, avec 71 mg/kg, sont également élevées. Selon la bibliographie, il semblerait que le cacao de fèves nobles* ait des teneurs en cadmium plus élevées que celles des autres sortes (20), ce qui expliquerait la forte dispersion des teneurs extrêmes en cadmium (0,052 à 0,783 mg/kg).

Levures alimentaires (10 échantillons)

Cette denrée est caractérisée tant par des teneurs moyennes élevées en cadmium (0,46 mg/kg) et en zinc (105 mg/kg) que par de fortes teneurs maximales en cadmium (1,32 mg/kg) et en zinc (309 mg/kg). Des recherches complémentaires ont permis d'établir une interdépendance déterminante entre la teneur des levures en éléments (plomb, cadmium et zinc entre autres) et le milieu de culture; cela pourrait expliquer l'importance de l'écart entre les teneurs extrêmes.

Bien que la quantité de levure ajoutée à certains repas prêts à la consommation soit très faible (1,3% dans certains «flocons»), cette denrée peut influencer considérablement la teneur en éléments, notamment en cadmium. Dans le cas

* Qualité marchande supérieure

Tableau 3. Teneurs en plomb et en cadmium de denrées alimentaires entrant dans la préparation des repas prêts à la consommation ou dans la composition du menu standard hebdomadaire

Denrées alimentaires	Plomb					Cadmium				
	<i>n</i>	\bar{x} mg/kg	<i>s</i> mg/kg	\tilde{x} mg/kg	Valeurs ex- trêmes mg/kg	<i>n</i>	\bar{x} mg/kg	<i>s</i> mg/kg	\tilde{x} mg/kg	Valeurs ex- trêmes mg/kg
Miels										
de forêt	15	0,10	0,09	0,04	<0,02-0,33	15	0,021	0,017	0,015	<0,002-0,056
de fleurs	10	0,02	0,02	0,02	<0,02-0,06	10	0,004	0,004	0,003	<0,002-0,011
Boissons fortifiantes	11	<0,07		<0,07	<0,07	11	0,035	0,015	0,034	0,016-0,061
Boissons à base de cacao	8	<0,07		<0,07	<0,07	8	0,038	0,013	0,036	0,025-0,058
Cacaos et chocolats en poudre	6	<0,07		<0,07	<0,07	6	0,289	0,268	0,237	0,052-0,783
Levures alimentaires	10	0,21	0,23	0,08	<0,07-0,59	10	0,459	0,477	0,175	0,024-1,317
Épinards (congelés et frais)	17	0,10	0,08	0,08	<0,01-0,30	17	0,060	0,030	0,063	0,020-0,135
Foies										
de bœuf	7	0,20	0,08	0,18	0,10-0,35	7	0,130	0,092	0,112	0,026-0,310
de veau	7	0,11	0,08	0,08	0,03-0,25	7	0,030	0,040	0,018	0,007-0,118
Légumes à tubercules et à racines										
épluchés	23	<0,01		<0,01	<0,01	23	0,016	0,022	0,014	<0,002-0,110
cuits	9	0,01	0,01	0,01	0,01-0,06	9	0,013	0,007	0,013	0,002-0,024
crus	9	<0,01		<0,01	<0,01	9	0,011	0,007	0,010	<0,002-0,022
épluchures	22	0,13	0,09	0,10	0,04-0,44	22	0,034	0,041	0,023	0,003-0,200
Oeufs	38	0,09	0,05	0,08	<0,02-0,15	38	<0,002		<0,002	<0,002-0,002

n = nombre d'échantillons
 \bar{x} = moyenne arithmétique

s = écart-type
 \tilde{x} = médiane

Tableau 4. Teneurs en zinc et en sélénium de denrées alimentaires entrant dans la préparation des repas prêts à la consommation ou dans la composition du menu standard hebdomadaire

Denrées alimentaires	Zinc					Sélénium IV				
	<i>n</i>	\bar{x} mg/kg	<i>s</i> mg/kg	\tilde{x} mg/kg	Valeurs ex- trêmes mg/kg	<i>n</i>	\bar{x} mg/kg	<i>s</i> mg/kg	\tilde{x} mg/kg	Valeurs ex- trêmes mg/kg
Miels										
de forêt	15	5,2	4,7	3,9	1,5-19,5	9	<0,01		<0,01	<0,01
de fleurs	10	2,0	0,9	2,0	0,5-3,8	-				
Boissons fortifiantes	11	15,9	4,8	15,6	7,1- 23,8	-				
Boissons à base de cacao	8	14,4	1,3	15,0	13,0- 16,0	-				
Cacaos et chocolats en poudre	6	50,0	24,2	63,0	18,0- 71,0	-				
Levures alimentaires	10	104,8	76,3	86,5	44,0-309,0					
Épinards (congelés et frais)	11	7,1	2,3	7,3	3,6- 11,1	11	<0,01		<0,01	<0,01
Foies										
de bœuf	7	47	18,2	44	33,7- 86,8	7	0,06	0,09	<0,01	<0,01-0,25
de veau	7	80,5	64,5	62	26,3-220	7	0,06	0,07	0,01	<0,01-0,17
Légumes à tubercules et à racines										
épluchés	23	2,3	1,2	2,7	<0,2-4,4	23	<0,01		<0,01	<0,01-0,02
cuits	9	2,2	1,4	2,4	<0,2- 4,3	-				
crus	9	1,8	1,3	1,8	<0,2- 4,0	-				
épluchures	22	4,4	2,2	4,5	0,7- 9,0	20	0,01	0,01	0,01	0,01
Oeufs	16	15,3	2,2	15,7	11,3- 18,7	16	0,15*	0,04	0,19	0,09-0,23

des «flocons» par exemple, on peut évaluer un apport supplémentaire en cadmium par la levure de 0,6%, dans le cas le plus favorable, et de 36% environ dans le cas le plus défavorable; pour le plomb, cet apport peut varier entre 0,7 et 11%.

De ce fait, on peut estimer que 0,2 à 13% de l'apport hebdomadaire total en cadmium sont dus à la levure entrant dans la composition des «flocons».

Epinards (17 échantillons)

Comparés aux autres aliments analysés, aux légumes en particulier, les épinards présentent une teneur moyenne en cadmium relativement élevée (0,06 mg/kg) et des teneurs atteignant environ 0,14 mg/kg. De même que les légumes à feuilles, ils peuvent, selon d'autres auteurs (15), être considérés, vu leur teneur élevée en cadmium, comme une source spécifique de ce métal dans l'alimentation.

Foies de bœuf et de veau (14 échantillons)

Les échantillons de foie de bœuf analysés (7 échantillons) sont caractérisés par une teneur moyenne élevée en cadmium (0,13 mg/kg) et une teneur maximale atteignant 0,31 mg/kg, soit des teneurs environ 4 fois plus élevées que celles décelées dans des foies de veau (7 échantillons). Cette différence est due très vraisemblablement à l'âge des animaux. Par contre, la teneur moyenne en zinc des foies de veau (80 mg/kg) est supérieure (facteur de 2 environ) à celle des foies de bœuf (47 mg/kg). Selon des renseignements obtenus auprès de la Station fédérale de recherches sur la production animale de Grangeneuve, la teneur élevée en zinc du foie de veau pourrait avoir deux causes: d'une part, la bacitracine de zinc (19), antibiotique à effet positif sur la croissance, par un apport journalier de 7 mg de zinc environ, d'autre part, l'habitude qu'ont les veaux de lécher les barrières de séparation zinguées des boxes d'engraissement.

Légumes à tubercules et à racines (23 échantillons)

Il est intéressant de remarquer que, pour ces denrées alimentaires, les éléments analysés (plomb, cadmium et zinc) se trouvent principalement dans les épluchures. En outre, nous n'avons pas pu mettre en évidence une différence significative, tant pour les teneurs en cadmium que pour les teneurs en zinc, entre les légumes cuits et les légumes crus.

Oeufs (16 échantillons)

Pour cette denrée alimentaire, nous avons dosé le sélénium IV et le sélénium total (sélénium IV et VI). Pour une teneur moyenne de 0,15 mg/kg en sélénium total, nous avons obtenu une teneur moyenne en sélénium IV de 0,04 mg/kg: cette teneur a été utilisée pour calculer l'apport hebdomadaire en sélénium des œufs.

Contrairement à d'autres auteurs, qui ont trouvé une prédominance du sélénium -II et IV dans les œufs (37), nous avons constaté dans cette étude que le sélénium IV ne représente que les $28\% \pm 3,4\%$ ($\pm s/\sqrt{n}$ où $n = 16$) du sélénium total, avec des pourcentages extrêmes de 10 à 53%. Un pourcentage identique de sélé-

niem IV (26%), dosé toutefois dans de l'albumine d'œuf, a été obtenu par un autre auteur (36).

Contrairement à la teneur moyenne en plomb (0,09 mg/kg), la teneur moyenne en cadmium des œufs est extrêmement faible (<0,002 mg/kg).

Evaluation de l'apport hebdomadaire de plomb, cadmium, zinc et sélénium par voie alimentaire

Vu le manque de normes internationales (FAO/OMS), notamment pour le plomb et le cadmium à l'égard des nourrissons et des petits enfants, nous ne discuterons pas des effets toxicologiques possibles de l'exposition des nourrissons à ces éléments.

Il faut cependant remarquer qu'à défaut de normes internationales, la Food and Drug Administration (FDA) a proposé sur la base des travaux de *K. R. Mahaffey* (21), dès 1978, pour le plomb total (inhalé ou absorbé par la voie de l'alimentation, ou provenant des jouets et autres objets usuels), des doses maximales journalières de 100 μg (0,7 mg/semaine) pour un nourrisson jusqu'à l'âge de 6 mois et de 150 μg (1,05 mg/semaine) pour un nourrisson de 6 à 24 mois (22), étant donné les effets métaboliques induits par le plomb.

Sur la base d'un menu standard hebdomadaire, établi en collaboration avec des pédiatres et des spécialistes de la nutrition (14), nous nous bornerons ici à évaluer l'apport hebdomadaire en plomb, en cadmium, en zinc et en sélénium pour un *nourrisson de 10 mois* (tableau 5). Cet apport fut évalué sur la base des moyennes arithmétiques des denrées alimentaires analysées (tableaux 1 à 4) et en fonction de la quantité d'aliments ingérés. Pour les teneurs moyennes inférieures au seuil de détection, la moitié de cette dernière valeur a été prise comme «teneur moyenne».

En ce qui concerne l'apport hebdomadaire en sélénium, seul le sélénium IV a été pris en considération, tant parce que le sélénium total (IV et VI) n'a pas été dosé dans tous les aliments que parce que la teneur calculée sur la base de la publication ne concernait que le sélénium IV (34).

Plomb

Sur la base du menu standard que nous avons établi, les catégories d'aliments «flocons», constituant 17%, «fruits avec miel» et «lait/yoghourt» constituant chacun 25% du plomb total représentent l'apport majeur en plomb (0,24 mg/semaine) par la voie de l'alimentation. Avec un apport hebdomadaire de 0,24 mg de plomb de provenance alimentaire, l'exposition du nourrisson est comparable à celles que l'on a calculées en Europe (2, 3, 5, 8), au Canada (6) et aux USA (7): 0,28 (2) à 0,6 mg/semaine (8).

Cadmium

Bien que ne représentant chacune que 8% de la diète hebdomadaire, les catégories d'aliments «flocons» et «légumes» contribuent par 35 et 26% à l'apport

Tableau 5. Apport hebdomadaire moyen en plomb, cadmium, zinc et sélénium IV pour un nourrisson de 10 mois, calculé sur la base du menu standard hebdomadaire

Denrées alimentaires du menu standard hebdomadaire	Quantité d'aliments en		Quantités hebdomadaires moyennes d'éléments ingérés							
			plomb		cadmium		zinc		sélénium IV	
	g/semaine	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
Fruits avec miel ¹	1 000	13,9	0,060	25,1	0,001	1,4	2,30	5,9	0,010	3,4
Légumes ¹	600	8,3	0,024	10,0	0,019	26,1	2,34	6,0	0,006	2,1
Flocons ¹	550	7,6	0,040	16,8	0,026	35,6	9,24	23,6	0,204	69,4
Jus de fruits avec miel et jus de légumes ¹	525	7,3	0,011	4,6	0,002	2,7	0,53	1,3	0,003	1,0
Céréales avec viande, légumes et fruits ¹	400	5,5	0,012	5,0	0,007	9,6	2,80	7,1	0,008	2,7
Légumes avec viande ¹	350	4,9	0,007	2,9	0,004	5,5	2,24	5,7	0,007	2,4
Lait/yoghourt ²	2 600/500	42,9	0,060 ³	25,1	0,003 ³	4,1	12,4 ⁴	31,7	0,050 ⁶	17,1
Eau	400	5,5	0,004 ³	1,7	0,000 ³	0,0	0,16 ⁵	0,4	0,000 ⁷	0,0
Epinards frais ou congelés	100	1,4	0,010	4,2	0,006	8,2	0,71	1,8	0,001	0,3
Boissons fortifiantes pour le petit déjeuner	60	0,8	0,002	0,8	0,002	2,7	0,95	2,4	–	0,0
Foie de veau frais	50	0,7	0,006	2,5	0,002	2,7	4,03	10,3	0,003	1,0
Viande ¹	50	0,7	0,000	0,0	0,001	1,4	0,92	2,4	0,001	0,3
Oeufs frais	35	0,5	0,003	1,3	0,000	0,0	0,54	1,4	0,001	0,3
Total	7 220	100,0	0,239	100,0	0,073	100,0	39,16	100,0	0,294	100,0

¹ Aliments pour nourrissons (repas prêts à la consommation).

² Les teneurs arithmétiques moyennes en éléments du lait sont rapportées au yoghourt.

³ Les teneurs arithmétiques moyennes sont reprises du «Bericht 1/1979 der Zentralen Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien des Bundesgesundheitsamtes», Berlin 1979 (33).

⁴ Teneur arithmétique moyenne calculée à partir d'une communication privée de la Station fédérale de recherches laitières de Liebefeld-Berne.

⁵ Teneur arithmétique moyenne calculée à partir d'une communication privée du laboratoire cantonal de Berne (K. Rieder).

⁶ Teneur arithmétique moyenne calculée sur la base d'une publication de F. Kiermeier (34).

⁷ Teneur arithmétique moyenne calculée sur la base d'une publication de K. Köck et al. (35).

– échantillons non analysés.

hebdomadaire en cadmium. L'apport total de 0,07 mg par semaine, que nous avons estimé, correspond à l'apport trouvé dans d'autres pays, tant en Europe (4, 5, 8) qu'au Canada (6) et qu'aux USA (7): 0,09 (7) à 0,23 mg/semaine (6).

Zinc

Les besoins journaliers en zinc (oligoélément) ont été évalués à 1,1 mg pour un nourrisson de 5 à 12 mois par le Comité d'experts de la FAO/OMS (9), et l'apport nécessaire par l'alimentation, selon la proportion de zinc assimilable, entre 2,8 et 11 mg par jour. Pour les nourrissons de cet âge, diverses commissions scientifiques recommandent en Europe des doses journalières de 0,3 mg/100 kcal (23) et des doses journalières de 5 mg au Canada et aux USA (6). Dans notre étude, nous avons calculé un apport hebdomadaire de 39 mg, soit environ 6 mg par jour, dont la catégorie «lait/yoghourt» couvre 32% et la catégorie «flocons», 24%. Un apport semblable a été trouvé tant en Europe (2) qu'au Canada (6) et qu'aux USA (7): 35 (6) à 57 mg/semaine (7).

Sélénium

Par manque de données suffisantes, le Comité d'experts de la FAO/OMS n'a pas été en mesure de proposer des recommandations pour l'apport en sélénium (9), bien qu'une commission scientifique ait évalué les besoins journaliers pour l'homme adulte à 0,06—0,12 mg (10), il n'y a pas, selon nos connaissances, de recommandations pour les nourrissons. Dans la présente étude, nous avons obtenu un apport hebdomadaire de 0,29 mg, soit 0,04 mg par jour, dont 70% proviennent de la catégorie «flocons» et environ 17% de la catégorie «lait et yoghurt». Des valeurs semblables (0,08—0,32 mg/semaine) ont été trouvées aux USA (7, 16).

Partie expérimentale

Commentaire

Sur la base de nombreuses publications (24—32) et d'essais préliminaires, dans lesquels nous avons étudié l'influence des acides servant à la minéralisation par voie humide (HNO_3 , H_2SO_4 , $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$, $\text{HNO}_3/\text{HClO}_3$, $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HClO}_4$, $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$) et celle des sels de sodium, de potassium et de calcium sous forme de chlorures, nitrates, phosphates et sulfates isolés ou en mélange, sur le dosage du plomb et du cadmium par absorption atomique avec four en graphite, il nous a paru indispensable d'établir pour chaque sorte d'aliments une courbe d'étalonnage avec ajouts, avant la minéralisation. En effet, selon la composition de l'aliment analysé, les effets de matrice peuvent être tels, que lors du dosage du plomb principalement, les extinctions pour une quantité déterminée peuvent varier considérablement (jusqu'à 60%) par rapport à la même quantité de plomb dosée dans l'acide chlorhydrique 0,1 n.

Sur la base de certaines indications (31) et de nos propres essais, nous avons pu constater que la concentration finale en acide nitrique influençait négativement (jusqu'à 30%) la pente de la courbe d'étalonnage. Afin de pallier à cet effet négatif, nous détruisons donc à la fin de la minéralisation l'excès d'acide nitrique par addition d'acide formique.

Avant de calculer la concentration en métal de l'échantillon, il faut soustraire l'extinction obtenue pour l'essai à blanc de l'extinction mesurée. De plus, il est nécessaire d'établir avant les dosages une courbe d'étalonnage dans de l'acide chlorhydrique 0,1 n et de contrôler à la fin des dosages les variations éventuelles (jusqu'à 15%) de cette droite.

Méthode de dosage

Principe

Minéraliser l'échantillon au moyen d'acide nitrique concentré à ébullition durant 4 heures. Détruire le surplus d'acide nitrique par de l'acide formique. Doser les métaux par absorption atomique après dilution des solutions.

Réactifs

Acide nitrique Suprapur® 65% (Merck)

Acide formique à 98–100%, p. a. (Merck) (dosage des métaux avant son utilisation)

Acide chlorhydrique Suprapur® 30%, (Merck)

Borohydrure de sodium p. a. (Merck)

Hydroxyde de sodium p. a. (Merck)

Solution réductrice pour le dosage du sélénium: 5% de borohydrure de sodium dans une solution d'hydroxyde de sodium à 2,5%.

Equipement

Minéralisateur automatique Paar VAO (Instrumenten-Gesellschaft)

Vibromixer (Apparatebau Eckli-Electronic)

Spectromètre d'absorption atomique (mod. 400 Perkin-Elmer)

Unité pour le four en graphite (mod. HGA-74 Perkin-Elmer)

Système pour le dosage des hydrures (mod. MHS-1 Perkin-Elmer)

Preneur d'échantillons (mod. AS-1 Perkin-Elmer)

Tubes à minéralisation calibrés à 40 ml (Instrumenten-Gesellschaft)

Récipients à réaction en polypropylène pour le système MHS-1 traités avec un antimousse à base de silicone (Perkin-Elmer).

Paramètres pour le minéralisateur automatique Paar VAO

Température: 210 °C.

Intervalle pour le transport des échantillons: 50 min.

Profil de température des blocs de minéralisation: 1^{er} bloc: position 6; 2^{ème} bloc: position 0; 3^{ème} bloc: position 3; 4^{ème} bloc: position 0; 5^{ème} bloc: position 3.

Tableau 6. Paramètres de mesure pour le dosage des éléments cités

	Pb	Cd	Zn	Se
SAA-400: Source lumineuse	lampe EDL	lampe EDL	lampe à cathode creuse	lampe EDL
Longueur d'onde	283 nm	228 nm	213 nm	196 nm
Fente	0,7 nm	0,7 nm	0,7 nm	2,0 nm
Compensateur du bruit de fond	lampe D ₂	lampe D ₂	lampe D ₂	lampe D ₂
Genre de la mesure	hauteur du pic	hauteur du pic	concentration avec correction de la courbe (étalonnage avec 1 et 5 ppm zinc) 2 sec. air/acétylène	hauteur du pic
Temps d'intégration				
Flamme				
AS-1: Volume injecté	20 µl	20 µl		
HGA-74: Gaz protecteur	argon, 300 ml/min	argon, 300 ml/min		
Séchage	100 °C/20 s	100 °C/20 s		
Désagrégation	650 °C/60 s	300 °C/60 s		
Atomisation (Gaz-stop)	2100 °C/10 s	1900 °C/10 s		
Surchauffage	2650 °C/ 5 s	2650 °C/ 5 s		
MHS-1: Gaz protecteur				argon
Programme				II
Température de la cuvette en quartz				900 °C
Volume de la solution réductrice				2,5 ml

Absorption atomique

Paramètres de mesure pour le dosage du plomb, du cadmium, du zinc et du sélénium, par absorption atomique: tableau 6.

Mode opératoire

Peser dans les tubes à minéralisation 2,00—5,00 g d'un échantillon frais parfaitement homogénéisé, ou 0,50—1,00 g de l'échantillon sec. Ajouter une pierre à ébullition, 8 ou 10 ml d'acide nitrique et homogénéiser durant 10 secondes au moyen du vibromixer. Laisser réagir les échantillons frais ainsi traités durant 30 à 50 minutes et les échantillons secs environ 2 heures sur la zone de réception, afin d'éviter une réaction trop intense lors de la minéralisation à chaud (possibilité de débordement).

Le passage des zones de minéralisation s'effectue automatiquement selon les paramètres programmés du minéralisateur.

Le volume final est d'environ 5 ml. Après refroidissement des solutions, ajouter 5 ml d'eau déionisée, 1 ml d'acide formique et mélanger 5 secondes au moyen du vibromixer. Attendre la fin de la réaction exothermique (30 à 40 minutes) et rajouter 1 ml d'acide formique. Renouveler ce procédé jusqu'à un ajout total de 5 ml d'acide formique. Chauffer ensuite les tubes de minéralisation durant 1 heure (tous les blocs de chauffage étant en position 0 et la température, à 120 °C). Après 30 minutes de chauffage, rajouter 1 ml d'acide formique par tube. Laisser refroidir les solutions, puis les diluer à 40 ml avec de l'eau et les transférer dans des flacons en polypropylène. Doser le plomb et le cadmium par absorption atomique sans flamme et le zinc avec la flamme air-acétylène, selon les paramètres du tableau 6.

Pour le dosage du sélénium IV avec le système MHS-1, pipeter 5 ml des solutions de minéralisation dans les récipients à réaction, compléter avec 10 ml d'acide chlorhydrique à 3% et doser le sélénium selon les paramètres du tableau 6. Pour le dosage du sélénium total, il est nécessaire de réduire préalablement le sélénium VI en sélénium IV: pipeter 5 ml de la solution minéralisée dans un tube à minéralisation et ajouter 5 ml d'acide chlorhydrique à 30%. Régler la température du minéralisateur à 150 °C et chauffer durant 30 minutes. Transférer ensuite la solution dans le récipient à réaction, rincer le tube à minéralisation avec 5 ml d'eau et doser le sélénium total, selon les paramètres du tableau 6.

Résumé

Les éléments plomb, cadmium, zinc et sélénium IV de 93 échantillons de repas prêts à la consommation pour nourrissons et de 152 échantillons de denrées alimentaires entrant dans la préparation de ces repas ou dans la composition du menu standard ont été dosés par absorption atomique.

Sur la base du menu standard hebdomadaire établi pour un nourrisson de 10 mois, nous avons calculé les apports hebdomadaires suivants: plomb 0,24 mg, cadmium 0,07 mg, zinc 39 mg et sélénium IV 0,29 mg. Les apports en métaux toxiques plomb et cadmium et en oligoéléments zinc et sélénium IV sont comparables à ceux calculés dans d'autres pays.

Zusammenfassung

Es wurden 93 Proben verzehrsfertiger Kindernährmittel und 152 Lebensmittelproben, die entweder als Bestandteile von Kindernährmitteln dienen und/oder als solche verwendet werden, mit der Atomabsorption auf folgende Elemente untersucht: Blei, Cadmium, Zink und Selen IV.

Anhand eines Standardwochenmenüs für ein 10 Monate altes Kleinkind wurden die folgenden wöchentlichen Zufuhrmengen berechnet: Blei 0,24 mg, Cadmium 0,07 mg, Zink 39 mg und Selen IV 0,29 mg. Die Zufuhrmengen der toxischen Metalle Blei und Cadmium sowie der Spurenelemente Zink und Selen sind mit den in anderen Ländern errechneten Zufuhrmengen vergleichbar.

Summary

93 samples of instant infant food and 152 samples of foodstuffs which either serve as components of such infant food or become infant food themselves were analyzed by means of atomic absorption for lead, cadmium, zinc and selenium IV.

On the basis of a weekly standard menu for a 10 month old infant, the following weekly intake was calculated: lead 0.24 mg, cadmium 0.07 mg, zinc 39 mg and selenium IV 0.29 mg. The intake of the toxic metals lead and cadmium as well as that of the trace elements zinc and selenium is in accordance with the intake calculated in other countries.

Bibliographie

1. OMS: Evaluation de certains additifs alimentaires et des contaminants: mercure, plomb et cadmium. Seizième rapport du Comité mixte FAO/OMS d'experts des Additifs alimentaires. Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn. No 505. Genève 1972.
2. Reith, J. F., Engelsma, J., and van Ditmarsch, M.: Lead and zinc content of food and diets in the Netherlands. Z. Lebensm.-Unters. Forsch. **156**, 271–278 (1974).
3. Boppel, B.: Blei-Gehalte von Lebensmitteln. 4. Bleigehalt von Baby-Fertignahrung. Z. Lebensm.-Unters. Forsch. **158**, 211–294 (1975).
4. Schulte-Löbbert, F.-J., Bohn, G. und Acker, L.: Untersuchungen über den Cadmiumgehalt in Säuglings- und Kleinkinderfertignahrung. Lebensmittelchem. gerichtl. Chem. **32**, 93–96 (1978).
5. Woidich, H. und Pfannhauser, W.: Spurenelemente in der Kleinkindernahrung: Arsen, Blei, Cadmium. Z. Lebensm.-Unters. Forsch. **170**, 95–98 (1980).
6. Kirkpatrick, D. C., Conacher, H. B. S., Méranger, J. C., Dabeka, R., Collins, B., McKenzie, A. D., Lacroix, G. M. A. and Savary, G.: The trace element content of Canadian baby foods and estimation of trace element intake by infants. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. **13**, 154–161 (1980).
7. Johnson, R. D., Manske, D. D., New, D. H. and Podrebarac, D. S.: Food and feed: pesticide, heavy metal and other chemical residues in infant and toddler total diet samples – (II) – August 1975 – July 1976. Pestic. Monit. J. **15**, 39–50 (1981).
8. Käferstein, F.-K., Müller, J., Kossen, M. Th., Möller, R. und Schäfer, B.: Schwermetalle in Säuglingsnahrung. ZEBS-Berichte, Schriftenreihe der Zentralen Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien des Bundesgesundheitsamtes Berlin 1/1981. Dietrich Reimer Verlag.

9. OMS: Les oligo-éléments en nutrition humaine. Rapport d'un Comité d'experts de l'OMS. Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn. No 532, Genève 1973.
10. Food and Nutrition Board, Division Biological Sciences, Assembly of Life Sciences National Research Council: A statement: Selenium and human health. Nutr. Rev. **34**, 347-348 (1976).
11. Underwood, E. J.: Trace elements in human and animal nutrition. 4th edition. Academic Press, New York 1977.
12. Kieffer, F.: Spurenelemente steuern die Gesundheit. Sonderdruck aus Sandoz Bulletin Nr. 51-53, 18-20 (1979).
13. OMS: Evaluation de certains additifs alimentaires. Vingt et unième rapport du Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires. Org. mond. Santé Sér. Rapp. techn. No 617, Genève 1978.
14. Bossi, E.: Medizinische Universitäts-Kinderklinik und Poliklinik Inselspital, Bern; Schwester H. Henzi, Bernisches Säuglingsspital Elfenu, Schwestern der Säuglingsfürsorge Bern. Communications privées.
15. Mahaffey, K. R., Corneliussen, P. E., Jelinek, C. F. and Fiorino, J. A.: Heavy metal exposure from foods. Environ. Health perspect. **12**, 62-69 (1975).
16. Zabel, N. L., Harland, J., Gormican, A. T. and Ganther, H. E.: Selenium content of commercial formula diets 1-3. Am. J. Clin Nutr. **31**, 850-858 (1978).
17. Treptow, H., Bielig, H. J. und Askar, A.: Spurenelemente in Lebensmitteln. Selen in Lebensmitteln. Alimenta **17**, 15-20 (1978).
18. Tong, S. S. C., Morse, R. A., Bache, C. A. and Lisk D. J.: Elemental analysis of honey as an indicator of pollution. Arch. Environ. Health **30**, 329-332 (1975).
19. Morel, J.: Station fédérale de recherches sur la production animale, Section aliments et additifs: Teneurs maximales autorisées pour les adjonctions de substances antimicrobiennes aux aliments composés. Novembre 1981.
20. Knezevic, G.: Schwermetalle in Lebensmitteln. I. Über den Gehalt an Cadmium in Rohkakao und Kakao-Halb- und Fertigprodukten. Deut. Lebensm. Rundschau **75**, 305-309 (1979).
21. Mahaffey, K. R.: Relation between quantities of lead ingested and health effects of lead in humans. Pediatrics **59**, 448-456 (1977).
22. Roberts, H. R., acting director, Bureau of Foods, Food and Drug Administration. Statement before the Environmental Protection Agency. Public hearing on proposed national ambient air quality standard - lead, February, 15, 1978.
23. European Society for Pediatric Gastroenterology and Nutrition (ESPGAN): Guidelines of infant nutrition. I. Recommendations for the composition of an adapted formula Acta Paediatr. Scand. Suppl. 262 (1977).
24. Knapp, G., Sadjadi, B. und Spitzzy, H.: Verhalten flüchtiger Elemente bei der Veraschung organischer Matrices mit Chlorsäure. Z. Anal. Chem. **274**, 275-278 (1975).
25. Behne, D., Brätter, P. und Wolters, W.: Bestimmung von Blei in biologischen Materialien mit Hilfe der flammenlosen Atomabsorptionsspektrometrie. Z. Anal. Chem. **277**, 355-358 (1975).
26. Ölschleger, W. und Lautenschläger, W.: Interferenzeinflüsse in der Graphitrohrküvette am Beispiel der Bestimmung von Blei und Cadmium in biologischen und anderen Materialien. Fresenius Z. anal. Chem. **287**, 28-36 (1977).
27. Woodis, T. C., Hunter, G. B. and Johnson, F. J.: Statistical studies of matrix effects on the determination of cadmium and lead in fertilizer materials and plant tissue by flameless atomic absorption spectrometry. Anal. Chim. Acta **90**, 127-126 (1977).

28. *Wegscheider, W., Knapp, G. and Spitzzi, H.*: Statistical investigations of interferences in graphite furnace atomic absorption spectroscopy. II. Cadmium *Z. Anal. Chem.* **283**, 97–103 (1977).
29. *Crosby, N. T.*: Determination of metals in foods. A. Review. *Analyst* **102**, No. 1213 (1977).
30. *Sinemus, H. W., Melcher, M. and Welz, B.*: Influence of valence state on the determination of antimony, arsenic, bismuth, selenium and tellurium in lake water using the hydride A. A. technique. *At Spectrosc.* **2**, 81–86 (1981).
31. Perkin-Elmer, Datenblätter zur flammenlosen Atom-Absorptions-Spektroskopie mit der Graphitrohrküvette, 1974.
32. Perkin-Elmer, Analytical methods using the HGA graphite furnace, 1977.
33. *Käferstein, F. K., Altmann, H.-J., Kallischnigg, G., Klein, H., Kossen, M.-T., Lorenz, H., Müller, J., Schmidt, E. und Zufelde, K. P.*: Blei, Cadmium und Quecksilber in und auf Lebensmitteln. ZEBs-Berichte, Schriftenteihe der Zentralen Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien des Bundesgesundheitsamtes 1/1979. Dietrich Reimer Verlag, Berlin.
34. *Kiermeier, F. und Wigand, W.*: Selengehalt von Milch und Milchpulver. *Z. Lebensm.-Unters. Forsch.* **139**, 205–211 (1969).
35. *Kock, K., Lautenschläger, W., Maassen, J. und Rombach, N.*: Die Bestimmung von Quecksilber, Arsen und Selen in Trinkwasserproben mit Hilfe der flammenlosen Atomabsorption unter Berücksichtigung der Trinkwasserversorgung vom 31. Januar 1975. *Vom Wasser* **47**, 233–240 (1976).
36. *Shimoishi, Y.*: The gas-chromatographic determination of selenium (VI) and total selenium in milk, milk products and albumin with, 1,2-diamino-4-nitrobenzene. *Analyst* **101**, 298–305 (1976).
37. *Cappon, C. J. and Smith, J. C.*: Chemical form and distribution of mercury and selenium in eggs from chickens fed mercury-contaminated grain. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **26**, 472–478 (1981).

Dr M. Erard
 Dr A. Miserez
 Dr B. Zimmerli
 Office fédéral de la santé publique
 Division du contrôle des denrées alimentaires
 Section de chimie alimentaire et radioactivité
 Case postale 2644
 CH-3001 Berne