Les teneurs en huit éléments traces des carpophores de Coprinus comatus

Autor(en): **Quinche, J.-P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mycologia Helvetica**

Band (Jahr): **5 (1992-1993)**

Heft 2

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-1036508

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Mycologia Helvetica 5: 133 – 142, 1992
© Swiss Mycological Society, ISSN: 0256-310X

Les teneurs en huit éléments traces des carpophores de *Coprinus comatus*

J.-P. Quinche
Station fédérale de recherches agronomiques de Changins,
CH - 1260 Nyon, Suisse

Résumé. Nous avons dosé les éléments Hg, Se, Cu, Zn, Cd, Pb, Fe et Mn dans 17 échantillons de carpophores de *Coprinus comatus*. Les indices de corrélation linéaire (r) étaient significatifs à p = 0,001 pour la paire Hg, Se (r = 0,74) et à p = 0,01 pour les paires Cd, Cu (r = 0,69); Pb, Cu (r = 0,70) et Mn, Zn, (r = 0,62). Les champignons récoltés dans un verger ayant reçu des boues d'épuration étaient nettement contaminés par Pb, Cu et Cd. *C. comatus* peut servir de bioindicateur de pollution des sols par le sélénium et les "métaux lourds".
Zusammenfassung. Die Elemente Hg, Se, Cu, Zn, Cd, Pb, Fe und Mn wurden in 17 Fruchtkörperproben von *Coprinus comatus* bestimmt. Die berechneten linearen Korrelationskoeffizienten (r) waren für die Paare Hg, Se (r = 0,74) signifikant (p = 0,001), und für die Paare Cd, Cu (r = 0,69); Pb, Cu (r = 0,70) und Mn, Zn (r = 0,62) auch signifikant (p = 0,01). Pilze aus einem Obstgarten der mit Klärschlamm begossen wurde, waren deutlich mit Pb, Cu und Cd verunreinigt. *C. comatus* kann als Bioindikator die Bodenverunreinigung durch Schwermetalle und Selen anzeigen.
Abstract. Elements content (Hg, Se, Cu, Zn, Cd, Pb, Fe and Mn) of 17 samples of fruits bodies of *Coprinus comatus* have been measured. The following linear correlation coefficients (r) are significant (p = 0,001): Hg, Se (r = 0,74) and (p = 0,01): Cd, Cu (r = 0,69); Pb, Cu (r = 0,70); Mn, Zn (r = 0,62). Mushrooms collected from an orchard which has received sewage sludge, were distinctly contaminated by Pb, Cu and Cd. *C. comatus* can be used as a bioindicator in soil pollution by heavy metals and selenium.

Introduction

La recherche d'espèces de champignons pouvant servir à la détection de sols contaminés par les "métaux lourds" nécessite la récolte de carpophores sur des sites les plus divers. Dans cette optique, seules des espèces communes peuvent entrer en ligne de compte. Dans la présente publication, nous présentons les résultats des analyses de 17 échantillons de *Coprinus comatus* (Fr.) S.F. Gray récoltés en Suisse romande; 16 échantillons provenaient du canton de Vaud et un échantillon du Valais (Monthey).

Dans deux sites (Duillier-Changins et Nyon-Bourg de Rive) nous avons prélevé de la terre à l'aide d'une petite sonde cylindrique en vue de la détermination des facteurs d'accumulation des éléments étudiés.

Matériel et méthodes

Les carpophores ont été soigneusement nettoyés à l'aide de papiers Tela humectés d'eau déminéralisée (appareil Milli-Q de Millipore) pour en éliminer la terre, découpés en menus fragments puis lyophilisés. Ils ont été ensuite mis en poudre à l'aide d'un moulin à billes d'agate (pulvérisette Fritsch).

Les dosages des éléments Cu, Zn, Cd, Pb, Fe et Mn ont été réalisés par spectrophotométrie d'absorption atomique en flamme air + acétylène, selon les méthodes décrites brièvement dans un article précédent (Quinche, 1987). Le Se a été déterminé par chromatographie gaz-liquide, d'après Poole et al. (1977): après minéralisation de prises d'échantillons (0,2 à 0,5 g) dans un mélange d'HNO_3 65 % et de $Mg(NO_3)_2.6H_20$, le Se IV a été transformé en 5-nitropiazsélénol qui a été extrait au toluène puis injecté dans la colonne d'un chromatographe Hewlett-Packard muni d'un injecteur automatique, d'un détecteur à capture d'électrons et d'un système d'acquisition de données.

Pour le dosage des éléments Cu, Zn, Cd, Pb, Fe et Mn dans les terres, nous avons utilisé une extraction avec HNO_3 2 M au bain-marie bouillant selon Andersson (1975) avec un rapport de poids entre la terre et le solvant de 1:10; les déterminations des métaux ont été faites ensuite par spectrophotométrie d'absorption atomique (flamme air + acétylène).

Le dosage du Hg dans les terres et dans les champignons a été réalisé par la technique d'absorption atomique de la vapeur froide selon Hatch et Ott (1968) après digestion de prises d'échantillons (terres: 1 g; champignons: 0,2 g) en présence de mélange sulfonitrique dans un autoclave Perkin-Elmer à 150 ± 5°C.

Pour la détermination du Se dans les terres, nous avons attaqué de petites quantités d'échantillons finement moulus (0,25 g) avec HNO_3 65 % en présence de $Mg(NO_3)_2.6H_20$, selon la procédure de Poole et al. (1977); la mesure des traces de sélénium s'est faite ensuite par spectrophotométrie d'absorption atomique d'après la méthode de génération d'hydrures (Perkin-Elmer, 1987).

Résultats

Les résultats des déterminations des taux de matière sèche et des teneurs en éléments traces des carpophores de *C. comatus* figurent au tableau 1. Les valeurs "outliers" déterminées par le test Veglia (1981) sont signalées par des astérisques. C'est à Nyon, dans le parc public du Bourg de Rive, que nous avons récolté les exemplaires les plus riches en mercure et en sélénium; ce fait reflète une certaine contamination du sol par Hg et Se causée vraisemblablement par des activités artisanales et industrielles du passé. La combustion des combustibles fossiles, du charbon en particulier, pour le chauffage domestique,

a pu également enrichir la terre de cette zone en divers éléments par des retombées de poussières.

L'échantillon de *C. comatus* le plus riche en cadmium (8,1 mg/kg m.s.), en plomb (113 mg/kg m.s.) et en cuivre (220 mg/kg m.s.) provenait d'un verger de pommiers situé à Commugny qui avait reçu des boues d'épuration. L'hypothèse selon laquelle ces champignons auraient été contaminés par des résidus de produits phytosanitaires à base d'arséniate de plomb a pu être écartée car leur teneur en arsenic était assez modeste (0,94 mg As/kg m.s., selon l'analyse du Dr T. Stijve).

Dans le tableau 2, nous avons indiqué les coefficients de corrélation linéaire (r) calculés pour chacune des paires d'éléments étudiés. Un des indices est significatif à $p = 0{,}001$ (Hg, Se: $r = 0{,}74$); trois indices sont significatifs à $p = 0{,}01$ (Cd, Cu: $r = 0{,}69$; Pb, Cu: $r = 0{,}70$ et Mn, Zn: $r = 0{,}62$).

Les résultats des analyses des terres des stations de Changins-Duillier et Nyon-Bourg de Rive figurent au tableau 3 avec les facteurs d'accumulation f. Ces derniers ont été calculés à partir des teneurs moyennes en éléments traces indiquées dans le tableau 1 pour les deux récoltes faites sur chacun de ces sites. On constate que les facteurs f décroissent dans l'ordre suivant:

Hg > Se > Cd > Cu > Zn > Pb > Mn > Fe

Les caractéristiques agrologiques de ces deux sols sont données dans le tableau 4. La terre agricole de Changins est très peu chargée en métaux lourds, tandis que le site de Nyon (Bourg de Rive) est nettement contaminé par Hg, Cu et Pb. Il s'agit d'une zone urbaine dont le sol a accumulé ces métaux au cours du temps.

Discussion et conclusions

C. comatus est une espèce saprophyte; elle tire sa nourriture de la matière organique du sol ou de déchets en décomposition qui y ont été incorporés, tels que fumiers, boues d'épuration, etc. Si ces derniers sont contaminés par des "métaux lourds", le mycélium en absorbe une partie qui est transportée dans les carpophores lors de la fructification. Mais le champignon absorbe surtout les oligo-éléments nécessaires à son métabolisme: Cu, Zn, Fe, Mn (Cochrane, 1958). Cependant, la sélectivité du mécanisme d'absorption n'étant pas parfaite, des traces de métaux toxiques sont également prélevées (Hg, Se, Cd, Pb).

A partir des teneurs moyennes en éléments traces des carpophores de *C. comatus* (tableau 1), on peut en calculer les proportions relatives en atomes-g %.

On obtient: Hg: 0.39; Se: 0.20; Cu: 31,12; Zn: 26,80; Cd: 0,46; Pb: 0,80; Fe: 36,82 et Mn: 3.41. La somme des oligo-éléments étudiés ici représente donc 98,15 at.-g % et la somme des éléments toxiques seulement 1,85 at.-g %. Mais c'est à ces derniers que le consommateur de champignons doit prendre garde.

Dans le seizième rapport du Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires (Anonyme, 1972) on trouve des normes relatives à l'ingestion des métaux lourds par l'homme. Les doses tolérables ont été fixées provisoirement aux valeurs suivantes:

a) pour le mercure: 0,3 mg Hg par semaine pour un adulte de 60 kg.
b) pour le cadmium: 0,4 à 0,5 mg Cd par semaine pour un adulte de 60 kg.
c) pour le plomb: 3 mg Pb par semaine pour un adulte de 60 kg.
d) pour le cuivre: 0,5 mg/kg de poids corporel et par jour.

L'échantillon de *C. comatus* le plus riche en mercure de la série analysée contenait 12,9 mg Hg/kg de matière sèche, soit 1,0 mg Hg/kg de matière fraîche (tableau 1). D'après la norme ci-dessus pour le mercure, il ne faudrait donc pas consommer plus de 300 g de cet "excellent comestible" par semaine.

En ce qui concerne le cadmium, l'échantillon le plus riche en cet élément toxique contenait 8,1 mg Cd/kg de matière sèche, soit 0,58 mg de Cd/kg de matière fraîche (tableau 1; calculé pour un taux moyen de matière sèche de 7,11 %). La quantité ingérée ne devrait pas dépasser 690 à 860 g de *C. comatus* frais par semaine. Mais cet échantillon était aussi particulièrement riche en plomb (113 mg Pb/kg m.s.; tableau 1), ce qui limiterait sa consommation à 374 g par semaine.

Aux quantités d'éléments toxiques absorbées lors de l'ingestion des champignons sauvages, il faut ajouter les traces de "métaux lourds" contenus dans d'autres aliments: le plomb, l'étain et le cadmium des conserves de fruits et de légumes; le mercure, le cadmium, le zinc et le chrome des poissons; le plomb des légumes cultivés près des routes, etc. D'autres part, les fumeurs de cigarettes inhalent des quantités non négligeables de cadmium provenant de la combustion du tabac.

Dans le tableau 5 nous avons présenté une étude de la littérature relative aux teneurs en Hg, Se, Cu, Zn, Cd, Pb, Fe et Mn de *C. comatus*. On remarque que l'échantillon le plus riche en mercure (23 mg/kg m.s.) provient de la région italienne du Monte Amiata où est extrait et traité le cinabre (minerai de mercure). En Finlande, en zone urbaine, on signale des carpophores contenant jusqu'à 27 mg Cd/kg m.s., 17 mg Hg/kg m.s. et 14 mg Pb/kg m.s.

L'analyse des carpophores de *C. comatus* permet donc de détecter des sols contaminés par des métaux lourds (mercure, cadmium, plomb).

On ne peut que déconseiller la consommation des champignons récoltés dans des régions urbaines, dans les zones industrielles, dans les environs des usines d'incinération d'ordures, à proximité des routes et des décharges de déchets.

Remerciements

Nous remercions le Dr V. Dvorak pour les dosages de sélénium dans les champignons, ainsi que le Dr T. Stijve (Nestec Ltd., Vevey) pour un dosage d'arsenic. Le Dr R. Pezet nous a procuré les *C. comatus* de Commugny. Ce travail a pu être achevé grâce à un crédit de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.

Bibliographie

Andersson, A. 1975. Relative efficiency of nine different soil extractants. Swedish J. Agric. Res. 5 : 125-135.

Anonyme, 1972. Evaluation de certains additifs alimentaires et des contaminants: mercure, plomb et cadmium, 34 p., FAO (Rome) et OMS (Genève).

Bargagli, R. et Baldi, F. 1984. Mercury and methylmercury in higher fungi and their relation with the substrata in a cinnabar mining area. Chemosphere. 13 : 1059-1071.

Byrne, A.R., Ravnik, V. et Kosta, L. 1976. Trace element concentrations in higher fungi. The Sci. Tot. Environm. 6 : 65-78.

Cochrane, V.W. 1958. Physiology of fungi. 524 p. John Wiley and Sons, New York, London.

Hatch, W.R. et Ott, W.L. 1968. Determination of sub-microgram quantities of mercury by atomic absorption spectrophotometry. Anal. Chem. 40 : 2085-2087.

Kuusi, T., Laaksovirta, K., Liukkonen-Lilja, H., Lodenius, M. et Piepponen, S. 1981. Lead, cadmium and mercury contents of fungi in the Helsinki area and in unpolluted control areas. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 173 : 261-267.

Laaksovirta, K. et Alakuijala, P. 1978. Lead, cadmium and zinc contents of fungi in the parks of Helsinki. Ann. Bot. Fennici. 15 : 253-257.

Laaksovirta, K. et Lodenius, M. 1979. Mercury content of fungi in Helsinki. Ann. Bot. Fennici. 16 : 208-212.

Liukkonen-Lilja, H., Kuusi, T., Laaksovirta, K., Lodenius, M. et Piepponen, S. 1983. The effect of lead processing works on the lead, cadmium and mercury contents of fungi. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 1976 : 120-123.

Lodenius, M., Kuusi, T., Laaksovirta, K., Liukkonen-Lilja, H. et Piepponen, S. 1981. Lead, cadmium and mercury contents of fungi in Mikkeli, SE Finland. Ann. Bot. Fennici. 18 : 183-186.

Meisch, H.-U., Schmitt, A. et Reinle, W. 1977. Schwermetalle in höheren Pilzen. Cadmium, Zink und Kupfer. Z. Naturforsch. 32c : 172-181.

Mutsch, F., Horak, O. et Kinzel, H. 1979, Spurenelemente in höheren Pilzen. Z. für Pflanzenphysiol. 94 : 1-10.

Perkin-Elmer, 1987. Analytical methods using the MHS mercury/hydride system. Publication B309. Ueberlingen, Federal Republic of Germany.

Piepponen, S., Liukkonen-Lilja, H. et Kuusi, T. 1983. The selenium content of edible mushrooms in Finland. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 177 : 257-260.

Poole, C.F., Evans, N.J. et Wibberley, D.G. 1977. Determination of selenium in biological samples by gas-liquid chromotography with electroncapture detection. J. of Chromatog. 136 : 73-83.

Quinche, J.-P. et Dvorak, V. 1975. Le mercure dans des végétaux et des sols de Suisse romande. La Recherche agronomique en Suisse 14 (4) : 323-337.

Quinche, J.-P. 1976. La pollution mercurielle de diverses espèces de champignons. Rev. Suisse Agric. 8 (5) : 143-148.

Quinche, J.-P. 1987. Les teneurs en huit éléments traces de Lepista nuda. Mycologia Helvetica. 2 : 173-181.

Schmitt, J.A., Meisch, H.-U., Reinle, W. 1977. Schwermetalle in höheren Pilzen. II Mangan und Eisen. Z. Naturforsch. 32c : 712-723.

Seeger, R. 1976, Quecksilbergehalt der Pilze. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 160 : 303-312.

Seeger, R. 1978. Cadmium in Pilzen. Z. Lenbensm. Unters. Forsch. 166 : 23-34.

Stijve, T. 1977. Selenium content of mushrooms. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 164 : 201-203.

Stijve, T. et Roschnik, R. 1974. Mercury and methyl mercury content of different species of fungi. Trav. chim. alim. hyg. 65 : 209-220.

Veglia, A. 1981. A nonparametric statistical method for the determination of a confidence interval for the mean of a set of results obtained in a laboratory intercomparison, International Atomic Energy Agency, Laboratory Seibersdorf, 22 p.

Tableau 1. Teneurs en matière sèche et en huit éléments traces des carpophores de *Coprinus comatus*.
*) "outliers" selon test Veglia.

Lieux et dates de récoltes	Matière sèche %	mg d'éléments/kg de matière sèche							
		Hg	Se	Cu	Zn	Cd	Pb	Fe	Mn
Nyon, parc du Bourg de Rive, 29.9.1981	7,73	12,9	2,1*	105	85	1,4	2,6	74	7
Nyon, parc du Bourg de Rive, 27.9.1980	7,12	12,6	2,7*	110	91	0,9	2,8	79	8
Monthey, décharge Mangettes, 5.10.1983	7,56	10,5	0,70	102	60	7,6	4,5	96	4
Nyon, Petit Calève, vigne, 11+18.9.1979	6,91	8,4	0,32	153	116	1,1	1,5	108	14
Mollendruz, Châtel, 8.8.1984	7,33	5,1	1,9*	136	133*	5.1	1.7	124	14
Lausanne, Le Home, 7,9.1975	-	3,2	0,78	86	86	2,0	1,6	87	10
Commugny, verger, 29.9.1975	-	2,7	0,81	220*	77	8,1	113*	110	8
Crissier, giratoire autoroute, 1.11.1975	-	2,6	0,58	71	84	0,9	3,9	228*	11
Lausanne, Vidy, 6.10.1977	8,29	2,5	0,70	163	118	7,2	1,3	128	8
Chéserex, Bois Badis, 16.9.1985	6,52	2,3	0,56	53	79	3,0	0,2	49	9
Duillier, Changins, 21.10.1979	7,15	1,4	0,26	75	83	0,8	0,9	96	12
Duillier, Changins, 28.10.1979	7,13	1,3	0,27	76	85	0,8	1,1	84	10
Mies, Prévorzier, 30.9.1983	7,57	0,9	0,83	75	91	1,0	1,7	146	10
Etoy,Bois Riondet, 22.9.1984	4,86	0,8	0,13	68	84	0,9	1,3	84	13
Givrins, forêt, 27.9.1981	6,55	0,6	0,32	77	80	1,6	1,3	82	9
Epalinges, les Biches, 28.9.1975	-	0,5	0.37	58	75	1,1	1,5	94	8
Nyon, place Pertemps, 14.10.1979	7,74	0,4	0,15	73	81	1,0	1,1	101	7
Moyennes	7,11	4,0	0,79	100,1	88,7	2,6	8,4	104,1	9,5
Médianes	7,15	2,5	0,58	77	84	1,1	1,5	96	9

Tableau 2. Coefficients de corrélation linéaire (r) pour des paires d'éléments traces chez *Coprinus comatus* (17 échantillons). Corrélations significatives à p = 0,05 (*); à p = 0,01 (**) et à p = 0,001 (***).

	Hg	Se	Cu	Zn	Cd	Pb	Fe
Se	0,74***						
Cu	0,30	0,28					
Zn	0,09	0,29	0,42				
Cd	0,14	0,11	0,69**	0,09			
Pb	-0,06	0,02	0,70**	-0,18	0,55*		
Fe	-0,18	-0,08	0,12	0,23	0,04	0,06	
Mn	-0,26	-0,14	0,00	0,62**	-0,37	-0,16	0,23

Tableau 3. Tenneurs en éléments traces (mg/kg) des terres des stations de Duillier, Changins (A) et Nyon, Bourg de Rive (B); couches de 0 à 10 cm. Les facteurs d'accumulation des éléments traces chez *C. comatus* figurent entre parenthèses.

Lieux	Hg	Se	Cu	Zn	Cd	Pb	Fe	Mn
A	0,046 (29,3)	0,13 (2,0)	29 (2,6)	52 (1,6)	0,1 (8)	18 (0,06)	18'880 (0,005)	671 (0,02)
B	0,59 (21,6)	0,22 (10,9)	48 (2,2)	82 (1,1)	0,2 (6)	80 (0,03)	14'820 (0,005)	616 (0,01)

Tableau 4. Analyses de terres (couches de 0 à 10 cm) des stations de Duillier, Changins (A) et de Nyon, Bourg-de-Rive (B).

Lieux	pH (H_2O)	$CaCO_3$ (%)	Matière organique (%)	Granulométrie argile (%)	silt (%)	sable (%)	Nomenclature pédologique
A (pelouse)	7,8	1	2,4	23,4	43,4	33,2	sol limoneux
B (Terre labourée)	7,3	16	4,0	19,5	32,3	48,2	limon sableux

Dimensions des particules: 0 - 0,002 mm = argile; 0,002 - 0,05 mm = silt; 0,05 - 2 mm = sable.

Tableau 5. Teneurs en Hg, Se, Cu, Zn, Cd, Pb, Fe et Mn de *C. comatus* selon la littérature (n = nombre d'échantillons analysés; moy. = teneur moyenne en mg d'élément/kg de matière sèche)

Eléments	n	moy.	minimum	maximum	Origines	Auteurs
Hg	6	1,22	0,4	2,25	Allemagne	Seeger, 1976
	7	3,81	1,4	10	Finlande, zone urbaine	Lodenius et al., 1981
	2	2,1	0,6	3,5	Finlande, zone industrielle	Liukkonen-Lilja et al., 1983
	37	4,7	0,68	17	Finlande, zone urbaine	Kuusi et al., 1981
	3	2,7	2,5	2,9	Finlande, zone rurale	Kuusi et al., 1981
	2	5,65	1,5	9,8	Finlande	Laaksovirta et al., 1979
	1	(2,8)			Suisse	Stijve et al., 1974
	4	3,3	0,57	8,0	Suisse	Quinche et Dvorak, 1975
	7	3,1	0,51	5,6	Suisse	Quinche, 1976
	1	(2,1)			Slovénie	Byrne et al., 1976
	1	(23)			Italie, région du M. Amiata	Bargagli et al., 1984
Se	1	0,34)			Slovénie	Byrne et al., 1976
	1	(0,10)			Suisse	Stijve, 1977
	6	0,60	0,40	1,1	Finlande	Piepponen et al., 1983
Cu	3	108,2	81,7	137,6	Autriche	Mutsch et al., 1979
	1	(84,6)			Allemagne, Sarre	Meisch et al., 1977
	1	(76,2)			Slovénie	Byrne et al., 1976

Tableau 5 (suite).

Eléments	n	moy.	minimum	maximum	Origines	Auteurs
Zn	1	(75,2)			Slovénie	Byrne et al., 1976
	1	(88,7)			Allemagne, Sarre	Meisch et al., 1977
	1	(76)			Finlande	Laaksovirta et al., 1978
	3	106,7	100	116	Autriche	Mutsch et al., 1979
Cd	36	4,4	0,9	27	Finlande, zone urbaine	Kuusi et al., 1981
	3	2,6	1,6	3,3	Finlande, zone rurale	Kuusi et al., 1981
	11	1,8	0,7	4,5	Finlande, zone industrielle	Luikkonen-Lilja et al., 1983
	7	2,64	0,9	4,9	Finlande, zone urbaine	Lodenius et al., 1981
	1	(4,86)			Finlande, Helsinki	Laaksovirta et al., 1978
	5	0,9	0,4	1,9	Allemagne	Seeger, 1978
	1	(14)			Slovénie	Byrne et al., 1976
	1	(3,18)			Allemagne, Sarre	Meisch et al., 1977
Pb	36	3,8	0,8	14	Finlande, zone urbaine	Kuusi et al., 1981
	3	1,3	0,9	1,5	Finlande, zone rurale	Kuusi et al., 1981
	11	3,7	1,2	8,8	Finlande, zone industrielle	Liukkonen-Lilja et al., 1983
Fe	1	(165)			Allemagne, Sarre	Schmitt et al., 1977
	3	199	160	266	Autriche	Mutsch et al., 1979
Mn	1	(16)			Allemagne, Sarre	Schmitt et al., 1977
	3	14,3	10	18	Autriche	Mutsch et al., 1979
	1	21,7			Slovénie	Byrne et al., 1976