

# MÉTAUX ET MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LES EAUX, LES MOULES ET LES POISSONS DU LÉMAN

## METALS AND MICROPOLLUTANTS IN THE WATER, MUSSELS AND FISH OF LAKE GENEVA

Campagne 2004

PAR

**Claude CORVI**

243, Chemin des Vollandes, FR - 74380 CRANVES-SALES

**Pierre ZIMMERLI, Didier ORTELLI et Sophal KHIM-HEANG**

SERVICE DE PROTECTION DE LA CONSOMMATION, CP 76, CH - 1211 GENÈVE 4 Plainpalais

**Kristin BECKER VAN SLOOTEN**

LABORATOIRE DE CHIMIE ENVIRONNEMENTALE ET ÉCOTOXICOLOGIE, (CECOTOX) EPFL  
CH - 1015 LAUSANNE

### RÉSUMÉ

*Les teneurs en métaux lourds des eaux du Léman demeurent faibles et satisfont pleinement aux exigences requises pour les eaux de boisson et la vie piscicole.*

*La recherche de produits antiparasitaires dans les eaux du lac a été effectuée, cette année, selon une méthodologie nouvelle permettant la mise en évidence potentielle d'un plus grand nombre de pesticides, et ceci avec une limite de détection très basse. De ce fait, le nombre de matières actives décelées dans les eaux du lac a considérablement augmenté. Notamment, deux composés, un herbicide et un antifongique, le Foramsulfuron et le Métalaxyl, sont, par ailleurs, en concentrations relativement élevées. Ces produits sont apportés au lac par les eaux du Rhône et leur origine industrielle a été identifiée. Des mesures sont actuellement à l'étude par les autorités cantonales pour remédier rapidement à ce problème.*

*Ceci est en conformité avec les résultats des surveillances de rivières par les autorités qui montrent que fréquemment les rivières sont polluées par des pesticides.*

*Par ailleurs, le suivi de la contamination du Léman par le mercure et les polychlorobiphényles (PCB) est assuré par le dosage de ces derniers dans la chair de poissons. La détermination de divers métaux lourds (plomb, cadmium, chrome, cuivre, nickel et zinc) et des composés organostanniques (dibutylétain, tributylétain et triphénylétain) est effectuée dans la chair de moules zébrées (*Dreissena polymorpha*), provenant de douze sites répartis sur l'ensemble des côtes.*

*Bien que les teneurs en mercure des différentes espèces de poisson soient plus élevées que celles observées lors de la campagne 2000, l'amélioration globale relevée ces dernières années pour la contamination mercurielle se confirme.*

*La teneur en PCB des ombles chevaliers est nettement supérieure à celle des lottes et des perches, mais elle semble plus faible ces dernières années en regard de la contamination antérieure.*

*Les concentrations en mercure et PCB sont parfaitement acceptables en regard de la législation suisse ou européenne sur les denrées alimentaires.*

*L'intérêt du suivi de la contamination métallique des moules zébrées s'affirme et les résultats des études antérieures sont comparés à ceux de cette campagne : globalement, l'amélioration observée lors des campagnes précédentes se confirme.*

*Les concentrations en composés organostanniques observées dans les moules zébrées prélevées dans certains ports sont en nette baisse et la contamination du port du Bouveret par ces polluants semble maîtrisée.*

### ABSTRACT

*The levels of heavy metals in the water of Lake Geneva remain low, and fully compliant with the levels stipulated for drinking water and for fish life.*

*Tests have been carried out for antiparasitic products in the water of the Lake this year using a new method, which can potentially detect more pesticides, and has a very low detection threshold. As a result, the number of active substances detected in the water of the Lake has increased considerably. In particular, relatively high*

concentrations were found of two compounds, a herbicide and an antifungal, Foramsulfuron and Metalaxyl respectively. These products are carried into the Lake in the waters of the Rhône, and their industrial source has been identified. The authorities of the Canton are currently investigating the situation in order to find a rapid solution to this problem.

This is consistent with the findings of river monitoring carried out by the authorities, which show that the rivers are often polluted by pesticides.

Furthermore, the monitoring of the mercury and polychlorobiphenyl (PCBs) contamination of Lake Geneva is carried out by assaying these substances in the flesh of fish. Various heavy metals (lead, cadmium, chromium, copper, nickel and zinc) and organostannic compounds (dibutyl tin, tributyl tin and triphenyl tin) have been determined in the flesh of Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*), taken from twelve sites spread along all the shores.

Although the mercury contents of the various species of fish are higher than those found in the 2000 survey, the global improvement in mercury contamination levels recorded in recent years is confirmed.

The PCB content of arctic char is clearly higher than that of burbot and perch, but it seems to have been lower in recent years compared to earlier levels of contamination.

The concentrations of mercury and PCB are entirely acceptable according to Swiss and European foodstuff legislation.

The utility of monitoring the level of metal contamination in Zebra mussels is confirmed, and the findings of previous studies have been compared to those obtained during this survey: globally, the improvement observed during previous surveys is confirmed.

The concentrations of organostannic compounds observed in Zebra mussels sampled from some ports show a clear reduction, and the contamination of the port at Bouveret by these pollutants seems to have been brought under control.

## 1. INTRODUCTION

Outre la surveillance de la contamination des eaux, le programme d'étude du Léman adopté par la CIPEL prévoit le suivi des teneurs en mercure et polychlorobiphényles (PCB) de diverses espèces piscicoles ainsi que celui de divers polluants métalliques dans les moules.

L'intérêt économique des espèces piscicoles nobles est manifeste comme le montrent les tonnages des pêches effectuées dans les eaux lémaniques (GERDEAUX *et al.*, 1989; CRETENOY *et al.*, 1996).

Les études antérieures (CORVI *et al.*, 1994, 1995, 1998) ont mis en évidence une contamination de la chair des ombles chevaliers par les PCB nettement plus élevée que celle des lottes ou des perches.

La moule d'eau douce a, par ailleurs, été utilisée comme bioindicateur de l'accumulation des composés organostanniques (BECKER VAN SLOOTEN *et al.*, 1992, 1994, 1995) et d'autres études, (GERDEAUX *et al.*, 1995; CORVI *et al.*, 1996, 1998, 2001) ont permis de confirmer l'intérêt de cet organisme dans le suivi de certains types de pollution. Les propriétés bioaccumulatrices se traduisent par des concentrations dans la chair, supérieures à celles des poissons pour certains métaux - cadmium, cuivre, plomb, zinc - et du même ordre de grandeur pour les PCB et les organo-étains.

L'introduction d'un suivi de certains de ces paramètres dans les moules et les poissons permet d'assurer une surveillance sanitaire de la production piscicole et une surveillance écologique des eaux du lac.

En 2004, le Service de protection de la consommation de Genève (SPCo) a développé une nouvelle technologie concernant la recherche des résidus de pesticides dans les eaux permettant le dépistage de 134 fongicides et insecticides et 80 herbicides, soit plus de 200 matières actives. Cette méthode, très performante et sensible, a été appliquée pour la première fois à la surveillance des eaux du lac.

## 2. ÉCHANTILLONNAGE

### ► Eaux

La surveillance de la pollution en métaux lourds et en micropolluants organiques des eaux est effectuée sur des échantillons prélevés au centre du lac, à la station SHL2 (figure 1), les 26 avril et 6 septembre 2004 (LAZAROTTO *et al.*, 2005).

### ► Poissons

Les perches (*Perca fluviatilis*) ont été pêchées en septembre 2004. Les analyses portent sur 8 mâles matures et 27 femelles immatures.

Les 30 ombles chevaliers (*Salvelinus alpinus*) analysés ont été pêchés en décembre 2004 le long de la rive française du lac. Il s'agit de 13 mâles et 17 femelles matures.

De même, 35 lottes (*Lota lota*) de la même zone capturées en février ou mars 2004 ont été soumises à examen. L'effectif est composé de 18 individus femelles et 17 mâles, pour la plupart matures et âgés de 2 ou 3 ans.

Pour la première fois, 30 corégones (*Coregonus sp.*), 13 mâles et 17 femelles, âgés de 2 ans ou plus et pêchés en mars 2004 ont été analysés, plus spécifiquement en regard de leur teneur en PCB.

## ► Moules

Les moules zébrées (*Dreissena polymorpha*), prélevées en juin et juillet 2004, proviennent de 12 lieux retenus pour leur intérêt géographique (couverture des différentes zones côtières) ou reconnus comme zones réputées polluées ou, inversement considérées comme propres. Les sites ont été choisis afin de surveiller les affluents. A cet effet, les échantillons ont été prélevés dans le lac, le plus près possible des embouchures.

La situation des points de prélèvement apparaît sur la figure 1 et leur localisation plus précise a été décrite antérieurement (CORVI et al., 1996).

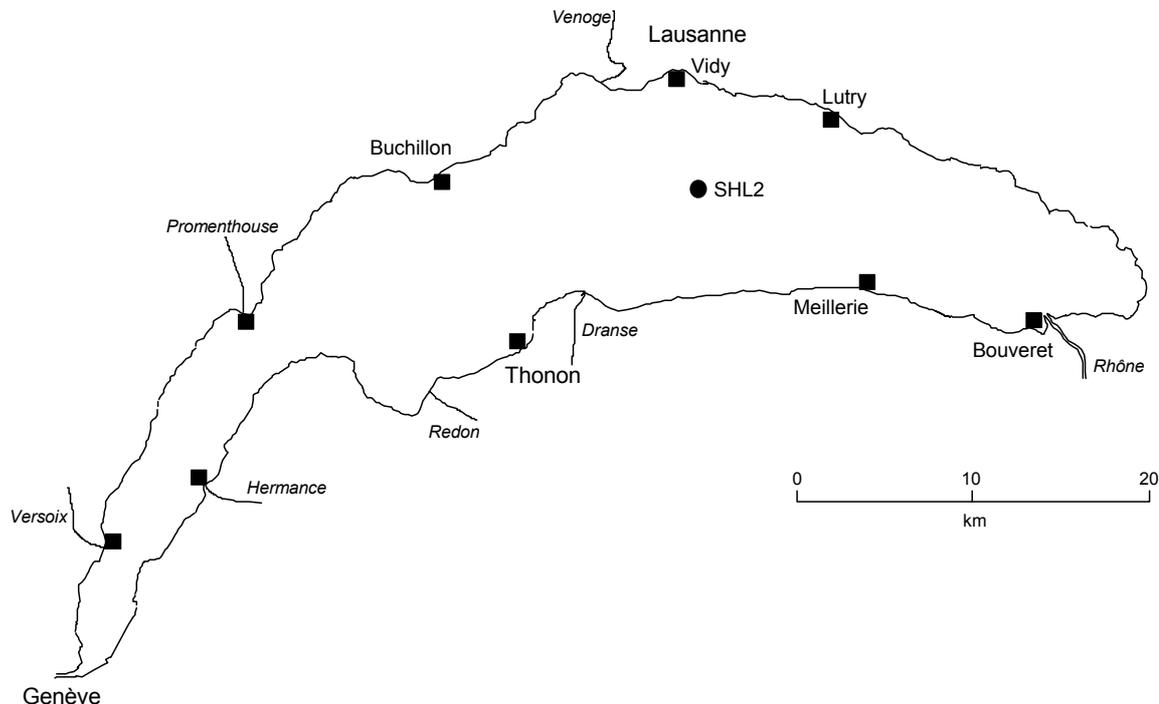


Figure 1 : Situation des points de prélèvement pour les moules (carrés noirs) et de la station SHL2 (cercle noir).

Figure 1 : Location of the Location of the mussel sampling sites (black squares) and the SHL2 station (black circle).

## 3. MÉTHODOLOGIE

### 3.1 Eaux

Certains métaux et micropolluants organiques sont recherchés, à différentes profondeurs (0 - 1 - 5 - 7.5 - 10 - 30 - 100 - 305 - 309 m), après circulation des eaux (avril) et en période de stratification (septembre). Les éléments suivants ont été dosés : manganèse, plomb, cadmium, chrome, cuivre et mercure. La liste des herbicides recherchés antérieurement dans les eaux du Léman a été considérablement augmentée jusqu'à environ 80 substances. De plus, de nombreux fongicides et insecticides (134 matières actives) ont également été recherchés avec un intérêt particulier pour les substances de génération plus récente que les classiques pesticides chlorés et phosphorés beaucoup moins utilisés aujourd'hui. La liste des produits recherchés est donnée en annexe 1. Quelques dosages de glyphosate (herbicide), d'EDTA et de NTA ont également été effectués. Pour ces deux derniers paramètres, la méthodologie analytique est décrite dans CORVI et al. (1996).

### 3.2 Poissons

Les paramètres suivants ont été déterminés : taille, poids, poids des viscères, sexe, âge et concentrations en polychlorobiphényles, pp'DDE (métabolite du DDT) et mercure.

Suite à la publication dans la presse des résultats d'une étude américaine sur la contamination des saumons par les PCB (HITES et al., 2004), il nous a paru intéressant de compléter la surveillance lémanique de ce polluant en étendant notre suivi des espèces piscicoles aux corégones, très appréciés sur la rive française du lac.

L'âge des individus est déterminé par scalimétrie.

Les dosages de contaminants sont effectués sur la partie comestible du poisson (filet et peau).

### 3.3 Moules zébrées

Elles sont congelées immédiatement après le prélèvement. Dès réception au laboratoire, les paramètres morphologiques sont mesurés (longueur et largeur de la coquille).

Pour l'analyse, l'échantillon décongelé est égoutté sur papier filtre. La chair est séparée de la coquille et le rapport de remplissage des individus (poids de la chair par rapport au poids total) est déterminé. La chair des individus d'un même site est homogénéisée et les analyses sont effectuées sur l'homogénat obtenu.

Les paramètres suivants ont été mesurés : les métaux lourds (plomb, cadmium, chrome, cuivre, nickel, zinc), les polychlorobiphényles, les organo-étains (dibutylétain, tributylétain et triphénylétain) et la matière sèche.

### 3.4 Analyses chimiques

La recherche des pesticides est effectuée sur eaux brutes : ils sont préconcentrés à partir d'un échantillon de 500 mL d'eau passés sur une phase solide (cartouche spécifique). Après élution à l'aide d'un solvant et concentration de ce dernier, l'extrait concentré est analysé par chromatographie en phase liquide couplée à un détecteur de spectrométrie de masse en mode tandem (HPLC/MS-MS). La méthode comprend deux injections sur le système, une première permet l'analyse simultanée des herbicides et la seconde la mise en évidence des fongicides et insecticides. La recherche des pesticides est effectuée en deux étapes. Le premier extrait est dédié à un dépistage de toutes les substances par le suivi en mode MRM (multiple reaction monitoring) d'une transition MS/MS, comprenant généralement l'ion moléculaire sur le premier quadropôle et un fragment spécifique sur le deuxième. Le principe de cette méthode, appliquée aux contrôles des résidus de pesticides dans les fruits et légumes a été décrit plus en détail par ORTELLI *et al.* (2004). Les substances décelées dans les extraits lors de cette première analyse sont ensuite confirmées et dosées quantitativement par une deuxième analyse ciblée uniquement sur elles et comprenant cette fois-ci deux transitions MS/MS complètes (l'ion moléculaire sur le premier quadropôle et deux fragments spécifiques sur le deuxième). Ceci permet de garantir sans ambiguïté l'identité de la substance décelée. Cette manière de procéder est préconisée aujourd'hui dans divers documents officiels (par exemple la directive EEC/657/2002) concernant les performances analytiques des méthodes.

Après minéralisation du poisson par un mélange acide-oxydant (acides sulfurique et nitrique) en récipients fermés et sous pression (four à micro-ondes), les teneurs en mercure sont déterminées par absorption atomique sans flamme selon le principe de la méthode décrite dans le Manuel Suisse des Denrées Alimentaires (1994). Les autres métaux sont mesurés par absorption atomique-four graphite sur un minéralisat obtenu par digestion de l'échantillon en milieu acide nitrique concentré à chaud et selon la méthode des ajouts dosés.

Les polychlorobiphényles et autres composés organochlorés sont extraits de la chair des poissons ou des moules par un mélange de solvants (hexane/acétone); après purification, l'extrait est analysé par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un détecteur à capture d'électrons. La quantification des PCB est effectuée à l'aide d'un mélange de référence de 25 congénères purs qui sont déterminés dans l'extrait. La teneur totale en PCB des échantillons est exprimée en PCB 1254/1260 à partir d'une extrapolation des résultats des congénères purs (CORVI *et al.*, 1988).

La méthode d'analyse du dibutylétain (DBT), du tributylétain (TBT) et du triphénylétain (TPT) dans le tissu des moules zébrées a été décrite par ailleurs (BECKER VAN SLOOTEN et TARRADELLAS, 1994). La méthode comporte les étapes suivantes : broyage du tissu, extraction avec un mélange de solvants organiques (éther/hexane3:2), dérivation avec du chlorure de méthyl-magnésium, purification sur colonne (silicagel et florasil) et quantification sur un chromatographe en phase gazeuse, équipé d'un détecteur photométrique de flamme. Les résultats sont exprimés en µg/g de poids sec (PS), et ne sont pas corrigés par le taux de récupération de la méthode.

La matière sèche est déterminée par calcination à 105°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant sur une partie aliquote de l'homogénat.

### 3.5 Contrôles

La qualité des résultats est assurée par la participation du laboratoire ayant effectué les analyses (Service de protection de la consommation - SPCo) à toutes les procédures d'intercalibration organisées par la CIPEL (pesticides, métaux, etc.) ou, pour les PCB, à des programmes de certification du bureau européen "Mesures et Essais" (BCR).

Les résultats des intercalibrations organisées en 2005 par la CIPEL font l'objet du rapport de STRAWCZINSKI (2005).

Suite à la récente mise en évidence de nouvelles substances actives dans le Léman, le SPCo a organisé, en collaboration avec la CIPEL, un test interlaboratoires visant à confirmer ses résultats. Trois laboratoires seulement ont accepté de participer à cette étude et seuls deux d'entre eux (dont le SPCo) ont fourni des résultats complets sur les quatre échantillons du test. Ces échantillons consistaient en un blanc, une eau du lac, une eau dopée avec les pesticides d'intérêt ainsi qu'une eau minérale polluée par des antiparasitaires. Les résultats étant peu nombreux, il a été difficile d'en tirer des conclusions. Cependant, le Foramsulfuron et le Métalaxyl, polluants majeurs du Léman mis en évidence en 2004, ont pu être identifiés et confirmés dans l'échantillon dopé et l'eau du lac par les deux laboratoires. D'autres substances ont été mises en évidence par un seul laboratoire, car leurs teneurs se situaient, pour la plupart, en dessous des limites de détection de l'autre laboratoire. Ces résultats confirment ceux obtenus précédemment par le laboratoire de Genève. Des études complémentaires sont en cours pour identifier l'origine de ces contaminants dans le Léman.

## 4. RÉSULTATS

### 4.1 Eaux

► **Métaux** (tableaux 1 et 2)

Les concentrations en métaux sont déterminées sur les échantillons d'eau brute acidifiée sans filtration préalable, il s'agit donc de métaux totaux.

Les teneurs en éléments métalliques toxiques (mercure, plomb, cadmium et chrome) demeurent faibles, voire inférieures aux limites de détection et ne posent aucun problème en regard des valeurs recommandées pour les eaux de boisson. Elles sont également du même ordre de grandeur que les teneurs correspondantes observées dans d'autres eaux douces exemptes de pollutions métalliques (CORVI, 1984; SIGG, 1992).

Les fluctuations temporelles, voire spatiales, observées ces dernières années pour le cuivre demeurent à ce jour non expliquées. Une étude en cours vise à expliciter cette constatation.

Les valeurs du manganèse, métal non toxique, sont données à titre indicatif. Elles permettent d'apprécier les conditions d'oxygénation des eaux du fond (LAZZAROTTO et al., 2005; figure 19). Les conditions d'oxygénation des couches profondes n'ayant pas évolué significativement ces dernières années, il en est de même de la fluctuation des concentrations de cet élément resolubilisé du sédiment.

Les concentrations métalliques toxiques pour le poisson, citées dans la littérature (REICHENBACH-KLINKE, 1966; DIETRICH, 1995), varient pour chaque espèce, selon la nature et la forme chimique du métal mais sont bien supérieures aux concentrations observées dans les eaux du lac.

Tableau 1 : Campagne du 26 avril 2004.

Léman - Grand Lac (Station SHL 2)

Table 1 : Survey done on April 26, 2004.

Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2)

Profondeur m	Manganèse µg/L	Plomb µg/L	Cadmium µg/L	Chrome µg/L	Cuivre µg/L	Mercure µg/L
0	< 1	nd *	nd *	nd *	4	nd *
1	< 1	nd	nd	nd	4	nd
5	< 1	nd	nd	nd	3	nd
7.5	< 1	nd	nd	nd	4	nd
10	< 1	nd	nd	nd	5	nd
30	< 1	nd	nd	nd	10	nd
100	< 1	nd	nd	nd	6	nd
305	2	nd	nd	nd	5	nd
fond	5	nd	0.02	nd	4	nd

\* = non décelé (Plomb < 1 µg/L; cadmium < 0.02 µg/L; chrome < 0.1 µg/L; cuivre < 1 µg/L; mercure < 0.1 µg/L)

Tableau 2 : Campagne du 6 septembre 2004.

Léman - Grand Lac (Station SHL 2)

Table 2 : Survey done on September 6, 2004.

Lake Geneva - Grand Lac (SHL 2)

Profondeur m	Manganèse µg/L	Plomb µg/L	Cadmium µg/L	Chrome µg/L	Cuivre µg/L	Mercure µg/L
0	< 1	nd *	nd *	nd *	3	nd *
1	< 1	nd	nd	nd	3	nd
5	< 1	nd	nd	nd	nd *	nd
7.5	< 1	nd	nd	nd	2	nd
10	< 1	nd	nd	nd	3	nd
30	1	nd	nd	nd	3	nd
100	1	nd	nd	nd	3	nd
305	59	nd	nd	nd	3	nd
fond	121	nd	nd	nd	4	nd

\* = non décelé (Plomb < 1 µg/L; cadmium < 0.02 µg/L; chrome < 0.1 µg/L; cuivre < 1 µg/L; mercure < 0.1 µg/L)

RÉFÉRENCES POUR L'EAU POTABLE :

	Manganèse µg/L	Plomb µg/L	Cadmium µg/L	Chrome µg/L	Cuivre µg/L	Mercuré µg/L
OMS (1)	500	10	5	50	2'000	1
CE (2)	50	10	5	50	2'000	1
OSEC (3) C	50	-	-	-	1'500	-
D	-	10	5	** 20		1

\*\* = chrome VI

(1) = Organisation Mondiale de la Santé, "Guidelines for drinking water quality", Vol. I, EFP/82.39 (1984) et "Guidelines values for chemicals in drinking water" (1993).

(2) = Directive 98/83/CE DU CONSEIL du 3 novembre 1998 - Journal officiel des Communautés européennes du 05.12.1998.

(3) = Ordonnance sur les Substances Etrangères et les Composants (1995) (Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3003 Berne).

C = Valeur de tolérance (concentration maximale au-delà de laquelle l'eau est considérée comme souillée ou diminuée d'une autre façon dans sa valeur intrinsèque).

D = Valeur limite (concentration maximale au-delà de laquelle l'eau est jugée impropre à la consommation).

EXIGENCES RELATIVES À LA QUALITÉ DES EAUX POUR LES COURS D'EAU

(Ordonnance suisse sur la protection des eaux - OEaux du 28 octobre 1998) :

	Plomb µg/L	Cadmium µg/L	Chrome µg/L	Cuivre µg/L	Mercuré µg/L
total (4)	10	0.2	5	5	0.03
dissous	1	0.05	2 (5)	2	0.01

(4) = La valeur indiquée pour la concentration dissoute est déterminante.

Si la valeur indiquée pour la concentration totale est respectée, on partira du principe que celle qui est fixée pour la concentration dissoute l'est également.

(5) = Cr (III et VI).

► **Pesticides (phytosanitaires)** (annexe 2 et figure 2)

Les produits antiparasitaires recherchés sont listés dans l'annexe 1 : près de 200 produits font aujourd'hui l'objet du suivi dans les eaux (rappelons que près de 2'000 substances actives sont actuellement commercialisées et qu'environ 300 d'entre elles sont estimées être utilisées dans le bassin versant lémanique). Les limites de détection sont très basses et fluctuent selon la nature de la molécule dosée entre 0.001 et 0.01 µg / L, voire moins, soit entre 10 et 100 fois moins que les concentrations maximales fixées par les législations suisse et française (OSEC et Directive européenne citées ci-dessus).

Plus de trente pesticides, principalement des herbicides et des fongicides, ont été mis en évidence à presque toutes les profondeurs (annexe 2). La plupart de ces substances, y compris le Foramsulfuron et le Métalaxyl qui sont les deux contaminants majeurs, n'avaient pu, jusqu'à présent, être mis en évidence dans les eaux du Léman. Ceci démontre l'intérêt de cette nouvelle méthodologie. Certes, les teneurs ne sont pas toujours très élevées, mais cette omniprésence de produits absolument pas souhaités dans les eaux est inquiétante, ce d'autant plus que si pris individuellement leur concentration respective est inférieure à la norme (0.1 µg/L), il n'en demeure pas moins que la somme de ces teneurs, 0.37 µg/l à 30 mètres de profondeur en septembre, se rapproche de la valeur maximale normative de 0.5 µg/L.

Les graphiques de la figure 2 illustrent l'évolution des concentrations de certains des pesticides présents en fonction de la profondeur : deux d'entre eux, le Métalaxyl (fongicide) et le Foramsulfuron (herbicide) présentent des teneurs particulièrement élevées dans la zone 30 à 100 mètres (zone de captage des eaux de consommation) correspondant au niveau du panache d'insertion des eaux du Rhône dans le Léman.

Les résultats de la campagne du printemps 2005 confirment pleinement cette contamination des eaux du lac par les pesticides. Des teneurs encore plus élevées sont observées pour le Foramsulfuron en avril 2005 (jusqu'à 0.094 µg/L).

Des analyses complémentaires ont permis de confirmer la présence de ces composés dans les eaux du Rhône amont et l'origine industrielle de cette contamination a été certifiée par une étude menée rapidement début 2005 et qui se poursuit actuellement.

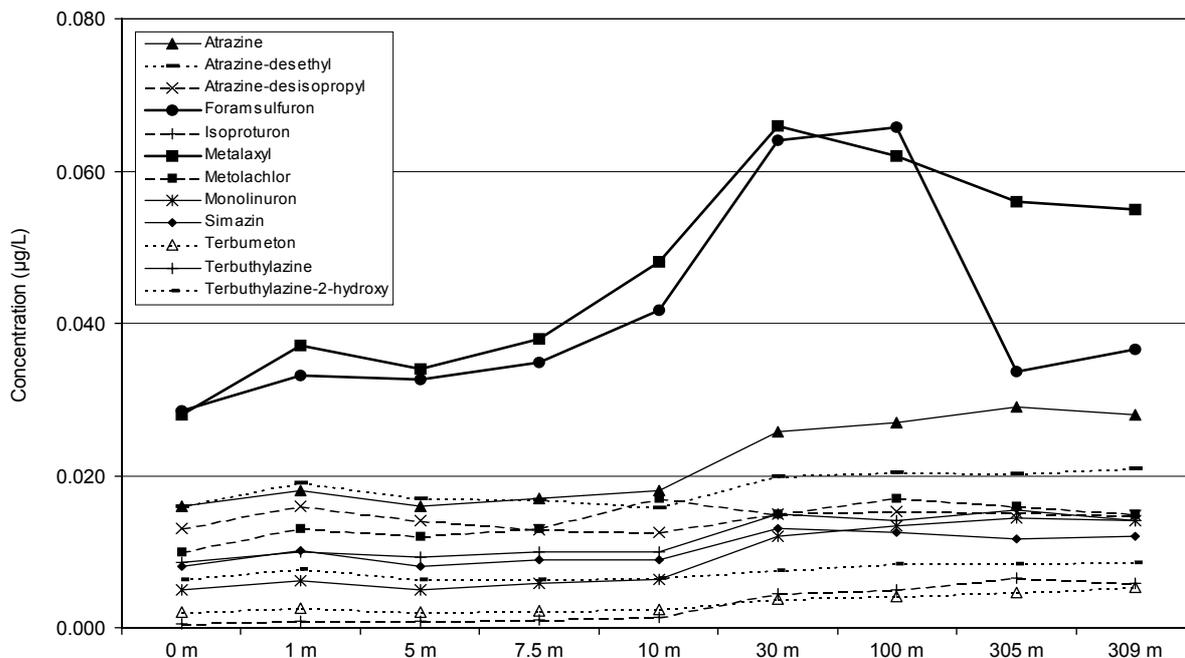


Figure 2 : Evolution des concentrations en pesticides en fonction de la profondeur au centre du Léman (station SHL2) le 6 septembre 2004.

Figure 2 : Change in pesticide concentrations as a function of depth in the center of Lake Geneva (SHL2) on 6 September 2004.

Bien que leur utilisation soit en nette régression, les herbicides Atrazine (et son métabolite Atrazine-déséthyle), Simazine et Terbutylazine sont décelables, en toutes saisons et presque à toutes les profondeurs, dans les eaux du lac. Toutefois, les teneurs mesurées sont très faibles. Il faut également relever qu'en France, la commercialisation de l'Atrazine est interdite depuis octobre 2002. L'interdiction d'utilisation était totale dès le 30 juin 2003. Ces mesures devraient contribuer à la diminution des teneurs résiduelles dans les eaux du lac. La présence de Métolachlore, herbicide de la famille des acétanilides, fréquemment associé à l'Atrazine dans la culture du maïs, est toujours observée.

Toutes les concentrations mesurées sont inférieures à celles fixées pour une eau de boisson (0.1 µg/L par composé selon la Directive du Conseil des Communautés européennes - 1998 et l'Ordonnance suisse sur les substances étrangères et les composants, OSEC - 1995). Cependant, il faut rappeler que la présence de ces produits de synthèse persistants et résultants de l'activité humaine n'est pas souhaitable dans les eaux. L'Ordonnance suisse sur la protection des eaux (OEaux, 1998) rappelle cet objectif écologique pour les eaux superficielles. Il faut relever que les exigences relatives à la qualité des eaux de cette ordonnance fixent la teneur en pesticides organiques à 0.1 microgramme/L par pesticide pour les cours d'eau. Cette concentration ne représente pas ce qui est admissible ou non pour les organismes, mais se veut au moins aussi sévère que ce qui est exigé pour l'homme (eau de boisson).

L'Aminotriazole, le Glyphosate et son métabolite l'AMPA, pesticides polluants fréquents des eaux superficielles n'ont pas été observés dans les eaux du lac. Par contre un test effectué sur 8 rivières du bassin versant a révélé, dans 6 rivières, la présence de ces contaminants quelques fois en fortes teneurs pouvant atteindre plusieurs microgrammes/L (3.95 µg/L) dans certains affluents secondaires.

► **NTA-EDTA** (tableau 3)

Les concentrations de NTA, initialement un des produits de substitution des phosphates dans les lessives, aujourd'hui bien moins utilisé, avec les citrates ou les zéolithes, sont bien inférieures à la tolérance de 3 µg/L fixée pour les eaux de boisson en Suisse (OSEC, 1995) et nous n'observons aucune évolution significative de ces faibles teneurs depuis 1988.

En 1994, seules 1'000 tonnes de NTA ont encore été utilisées pour l'ensemble de la Suisse (ALDER et al., 1997). Sur la base de l'harmonisation internationale en Europe et de l'utilisation surtout des zéolithes comme substitut des phosphates pour les produits de lavage des textiles, on peut s'attendre à ce que les teneurs en NTA diminuent encore ces prochaines années.

Les concentrations en EDTA dans les eaux lémaniques sont faibles, voisines de celles observées dans d'autres lacs suisses (HOURIET, 1996) et également bien inférieures à la valeur de tolérance de 5 µg/L et à la valeur limite fixée, pour la Suisse, à 200 µg/L (OSEC, 1995).

Tableau 3 : NTA et EDTA Léman - Grand Lac (Station SHL2).  
Table 3 : NTA and EDTA levels - Lake Geneva - Grand Lac (SHL2).

Profondeur m	NTA (µg/L) 20 avril 2004	EDTA (µg/L) 20 avril 2004
0	0.1	0.8
1	0.2	0.8
5	0.1	0.8
7.5	0.2	0.9
10	0.2	0.9
30	0.2	0.8
100	0.1	0.9
305	0.1	1.0
fond	0.1	0.7

## 4.2 Poissons

Les concentrations sont exprimées en microgrammes de polluant par kilogramme de poisson frais analysé (filet plus peau).

La teneur moyenne, le maximum et le minimum observés pour chaque classe d'âge et chaque espèce sont présentés dans les figures 3 à 6.

### ► Paramètres biologiques

Les paramètres biologiques sont regroupés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Paramètres biologiques des poissons analysés.

Table 4 : Biological parameters of the fish analyzed.

Espèce		Poids (g)	Taille (mm)
Perches (n = 36)	Médianes (mini - maxi)	55 (50 - 87)	173 (165 - 200)
Lottes (n = 35)	Médianes (mini - maxi)		299 (278 - 327)
Corégones (n = 30)	Médianes (mini - maxi)		365 (335 - 405)
Ombles chevaliers (n = 30)	Médianes (mini - maxi)	490 (242 - 796)	402 (300 - 480)

Les poissons analysés en 2004 ne présentent pas de différences morphologiques significatives par rapport à ceux pêchés en 1993, 1997 et 2000.

### ► Mercure

Les teneurs moyennes en mercure des individus des différentes espèces analysées sont toutes, en 2004, supérieures à celles observées ces dernières années : 41, 68 et 57 µg/kg respectivement pour les perches, lottes et ombles en 2004 contre 21, 50 et 39 respectivement en 2000.

Par ailleurs, dans un petit échantillon de perches du lac pêchées en 2001 (14 poissons de poids moyen de 64 g), HALDIMANN et al., (2005) signalent une teneur en mercure plus élevée de 114 µg/kg. Ces auteurs relèvent, pour cette espèce, des concentrations de cet ordre également dans d'autres lacs suisses, voire des teneurs encore plus élevées dans le lac de Biemme (173 µg/kg).

Par contre, les concentrations mercurielles qu'ils observent dans les corégones du Léman, 33 µg/kg, sont très voisines de nos résultats (31 µg/kg).

L'augmentation relative des concentrations en mercure dans la faune piscicole observée lors de cette campagne, sans être alarmante, mérite d'être suivie attentivement ces prochaines années.

Malgré ces teneurs plus importantes en 2004, la diminution globale de la teneur en mercure de la chair des poissons depuis le début des années 1970 est confirmée. Elle est illustrée, par exemple, par l'évolution des concentrations moyennes des lottes (figure 7).

Les concentrations mercurielles sont bien inférieures aux concentrations maximales fixées par la législation (valeur limite fixée à 500 µg/kg).

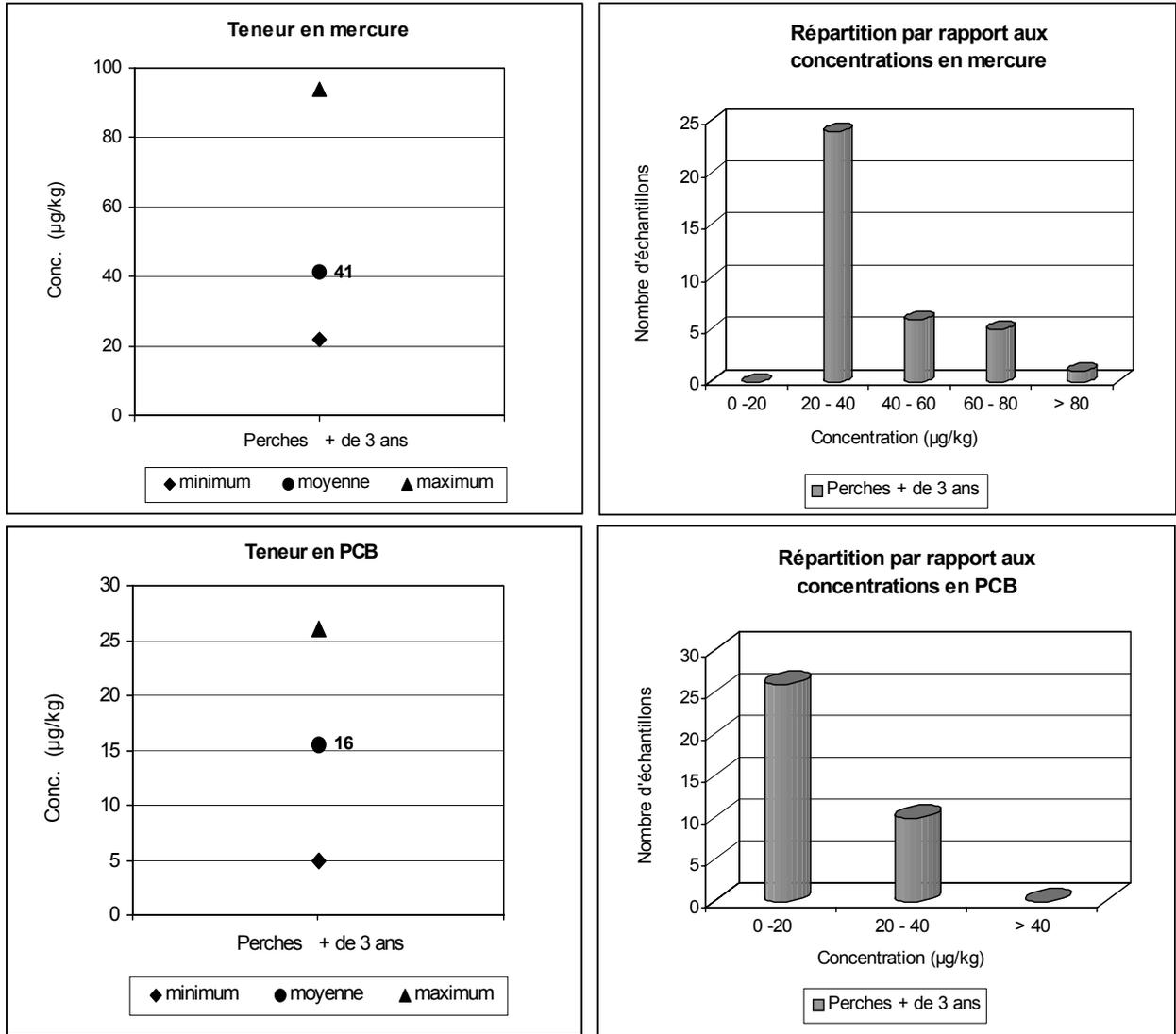


Figure 3 : Les perches (résultats exprimés en µg/kg de matière fraîche).

Figure 3 : Perch (results expressed in µg/kg of fresh matter).

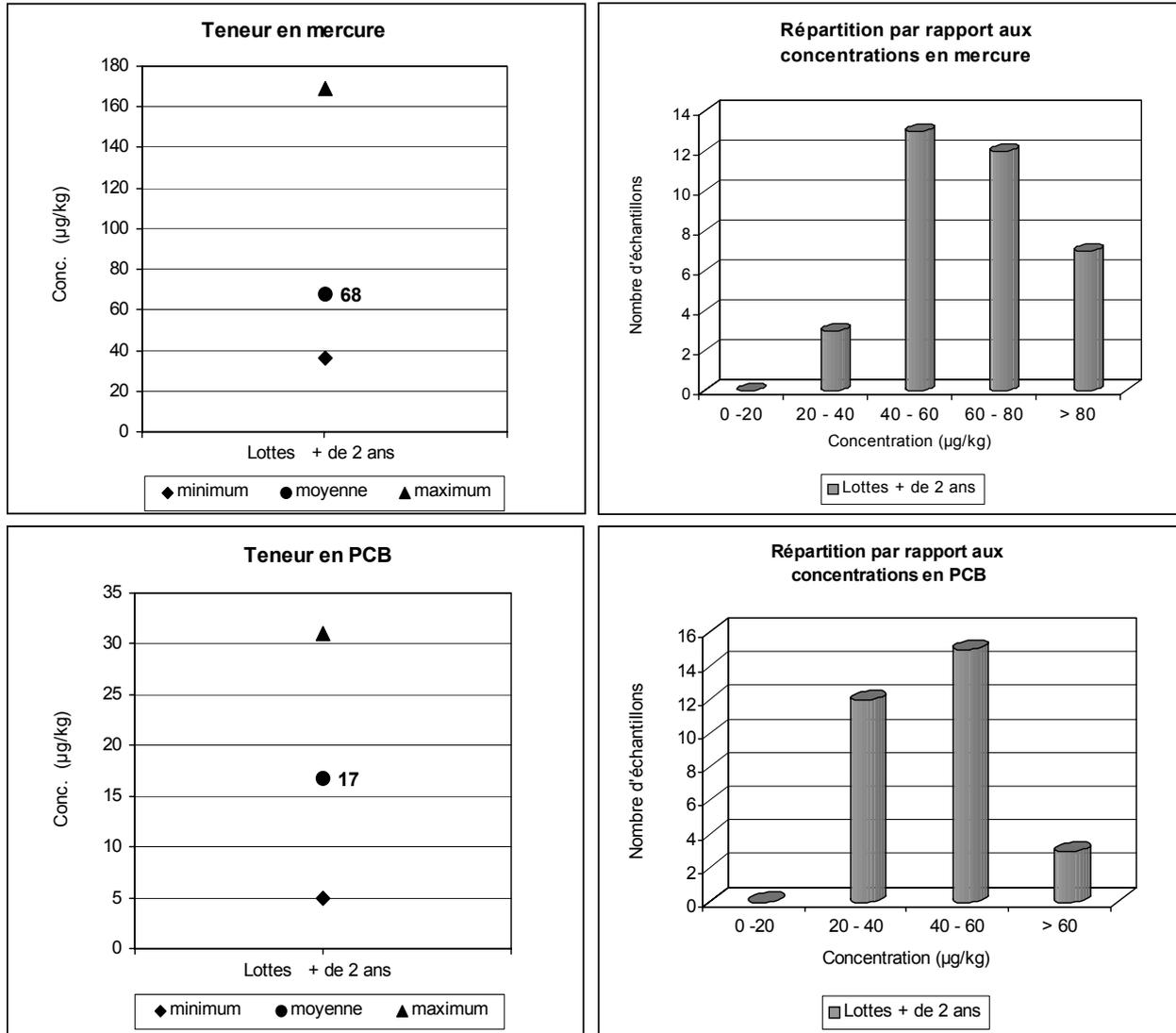


Figure 4 : Les lottes (résultats exprimés en µg/kg de matière fraîche).

Figure 4 : Burbot (results expressed in µg/kg of fresh matter).

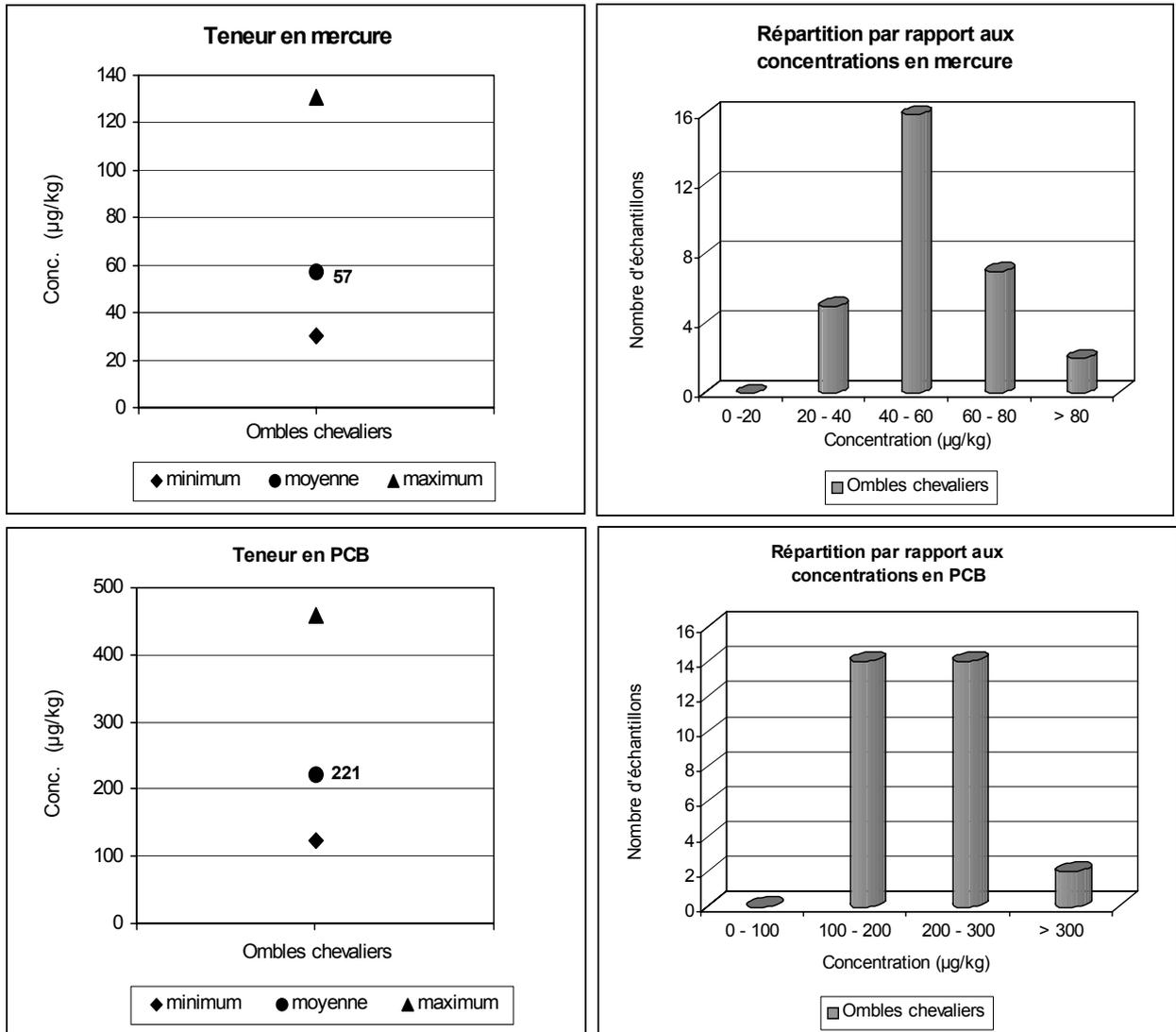


Figure 5 : Les ombles chevaliers (résultats exprimés en µg/kg de matière fraîche).

Figure 5 : Arctic Char (results expressed in µg/kg of fresh matter).

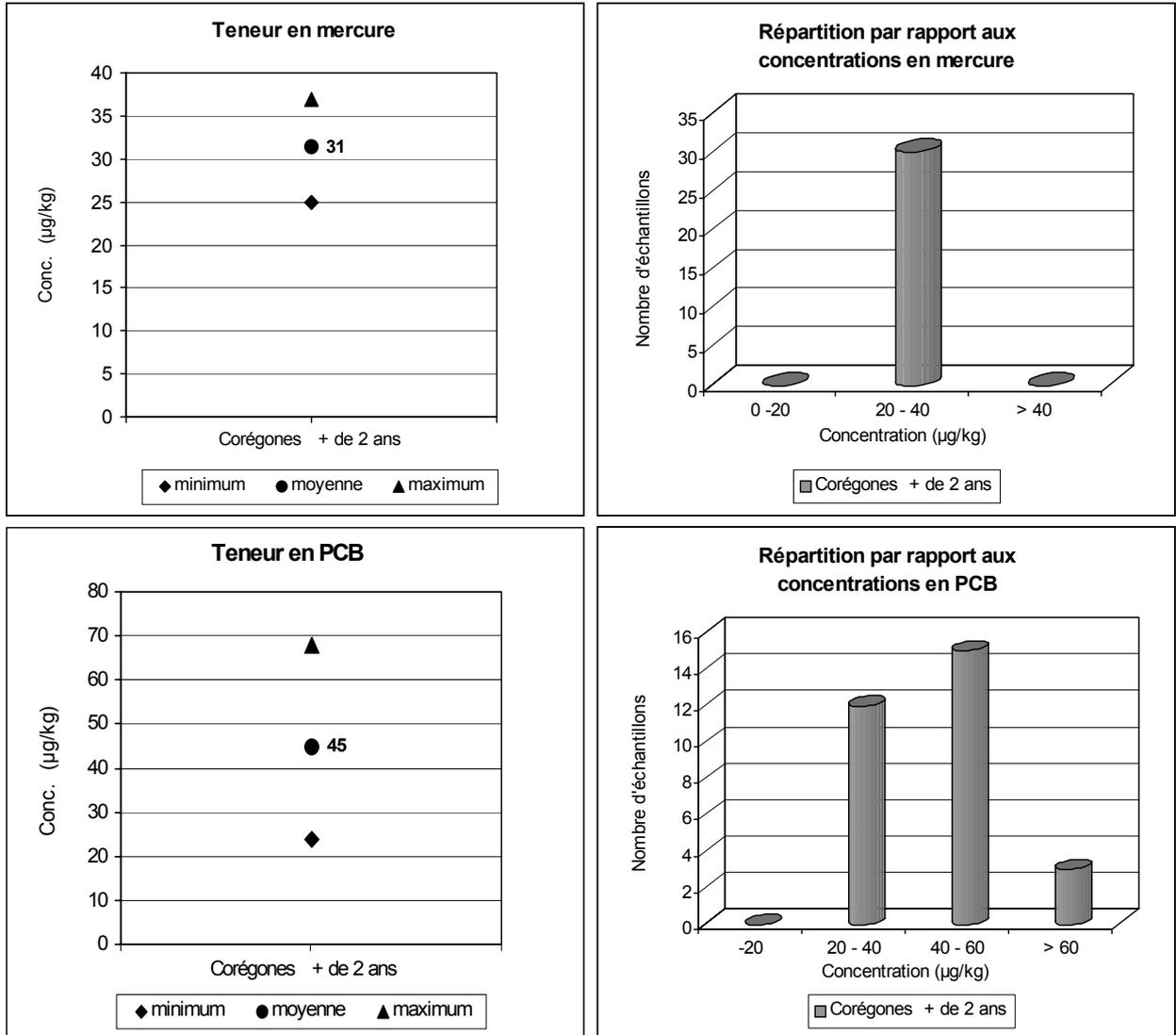


Figure 6 : Les corégones (résultats exprimés en µg/kg de matière fraîche).

Figure 6 : Whitefish (results expressed in µg/kg of fresh matter).

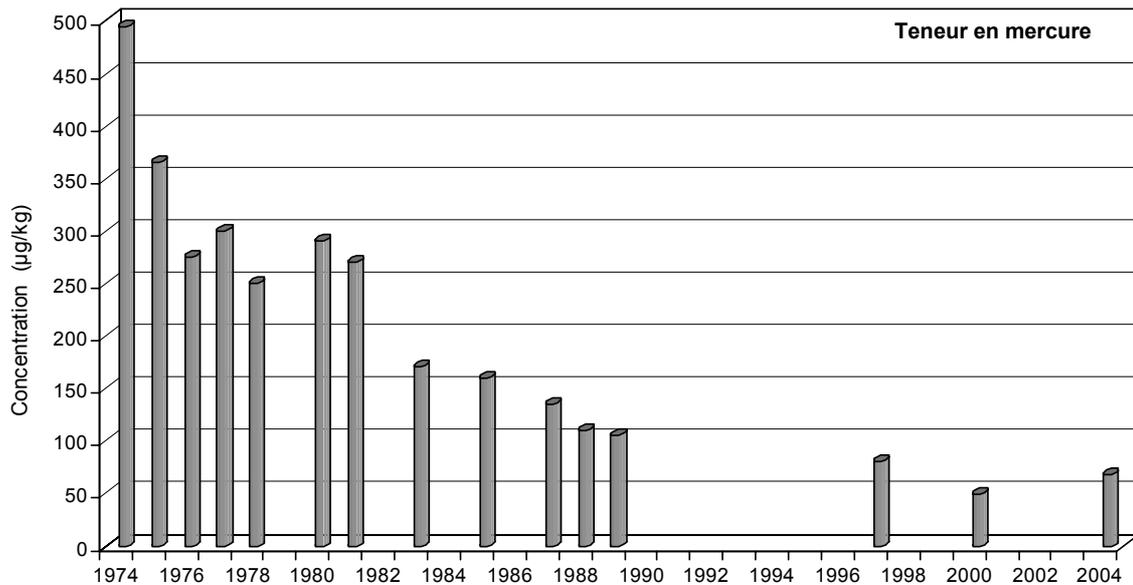


Figure 7 : Evolution de la concentration en mercure dans les lottes (résultats exprimés en µg/kg de matière fraîche)

Figure 7 : Change in the concentration of mercury in burbot (results expressed in µg/kg of fresh matter).

#### ► **Organochlorés**

Pour les polychlorobiphényles, les observations antérieures (CORVI et al., 1988, 1995, 1998 et 2001) sont confirmées :

- l'empreinte chromatographique d'un extrait de poisson montre la présence de contaminants du type PCB 1254 et PCB 1260,
- qualitativement, dans la plupart des extraits, certains congénères sont prédominants. Il s'agit des congénères 138 et 153 selon la nomenclature normalisée, c'est-à-dire des composés lourds du type hexachlorobiphényles, et dans une moindre mesure, des congénères 101, 149, et 180,
- les ombles chevaliers sont nettement plus contaminés (221 µg/kg) que les lottes (17 µg/kg) et les perches (16 µg/kg).

Les teneurs moyennes de ce polluant dans les perches et les lottes sont faibles et n'évoluent pas significativement. Dans les ombles, elle est en 2004 de 221 µg/kg alors qu'elle était de 234 µg/kg en 2000, 177 µg/kg en 1997, 290 µg/kg en 1994 et 319 µg/kg en 1993. La tendance va donc vers une amélioration de la situation.

Cette concentration plus élevée dans les ombles chevaliers que dans les autres espèces analysées peut s'expliquer de la façon suivante : les PCB sont solubles dans la graisse et ce poisson est plus gras que ses congénères, perches, lottes ou féras. La contamination des poissons se fait au travers de la chaîne alimentaire, par le phénomène de la bio-accumulation. Le régime alimentaire de l'omble chevalier se compose en grande partie de larves de chironomes (vers de vase) qui vivent dans les sédiments lacustres et s'y enfouissent jusqu'à une profondeur de 5 cm. Or cette couche correspond aux sédiments déposés au fond du lac en l'espace d'une quarantaine d'années. Les PCB déposés avant leur interdiction sont ainsi remis en circulation dans la chaîne alimentaire.

Toutefois, l'omble chevalier ne représente qu'une faible part de la faune piscicole du Léman (environ 10 à 12 % de la pêche au Léman).

Dans d'autres lacs (Lugano, Majeur), la chair des ombles chevaliers présente également une concentration plus élevée en PCB que la chair d'autres espèces.

Dans les corégones, nous observons une teneur moyenne en PCB de 45 µg/kg, soit une concentration en polluant légèrement supérieure à celle des perches ou lottes mais bien inférieure à celle des ombles.

Ces teneurs sont voisines de celles signalées par ZENNEGG et al. (2002), qui relèvent par ailleurs des concentrations de PCB plus élevées dans certains lacs suisses.

Les concentrations en PCB des espèces piscicoles du Léman sont très largement inférieures à la tolérance législative fixée à 1'000 µg/kg.

Une bonne corrélation entre les concentrations de PCB et de DDE, métabolite du DDT, est observée dans les différentes espèces de poissons analysés. La figure 8 illustre, pour les lottes cette relation. Ce graphique montre la similitude de persistance de ces composés lipophiles dans l'écosystème, similitude logique vu les ressemblances des qualités physico-chimiques et historique de ces produits.

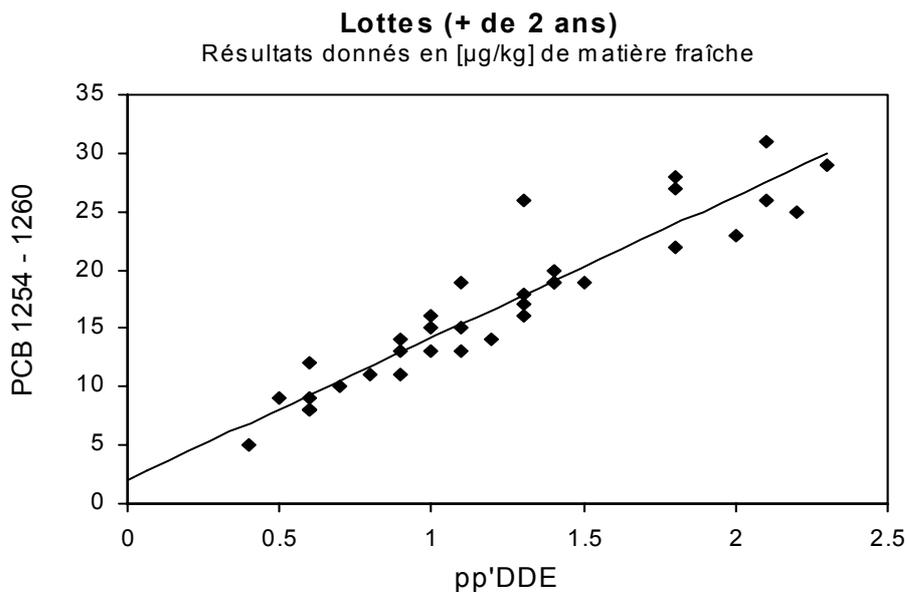


Figure 8 : Corrélation entre les teneurs en PCB et pp'DDE des lottes

Figure 8 : Correlation between the levels of PCBs and pp'DDEs in burbot.

### 4.3 Moules

► **Métaux lourds**

Les figures 9a à 9c illustrent les résultats obtenus pour les différents métaux analysés (afin de pouvoir comparer l'évolution des teneurs, les résultats des campagnes précédentes sont intégrés dans ces graphiques).

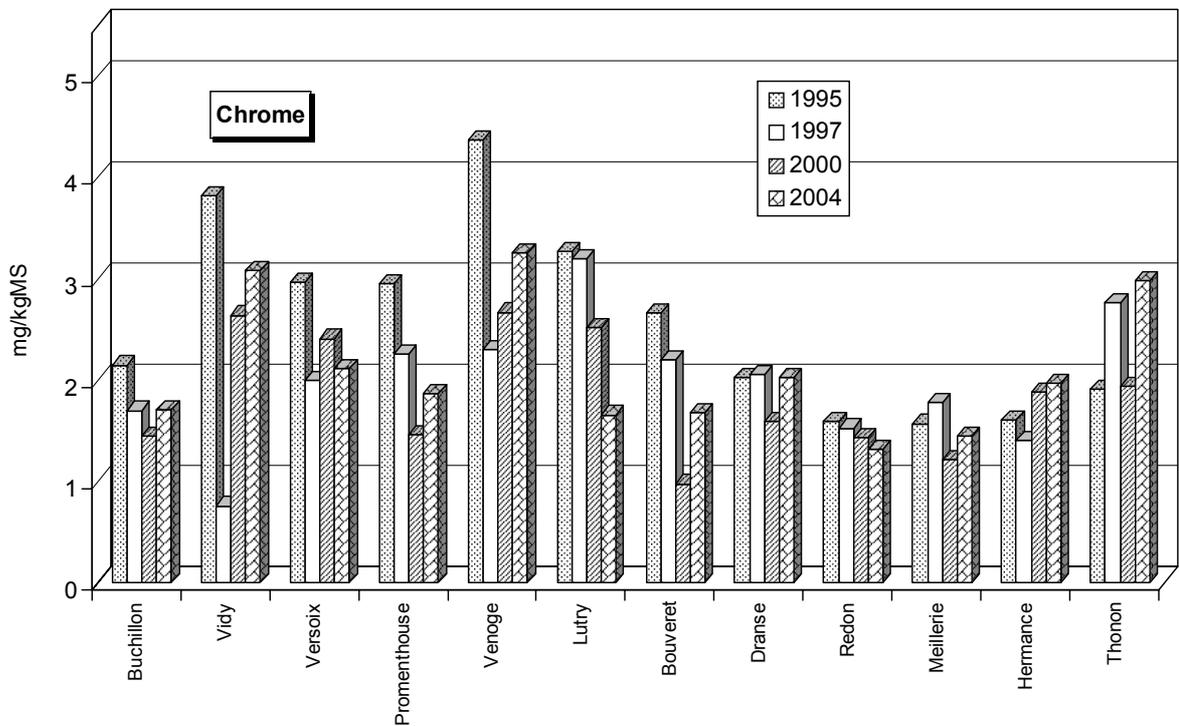
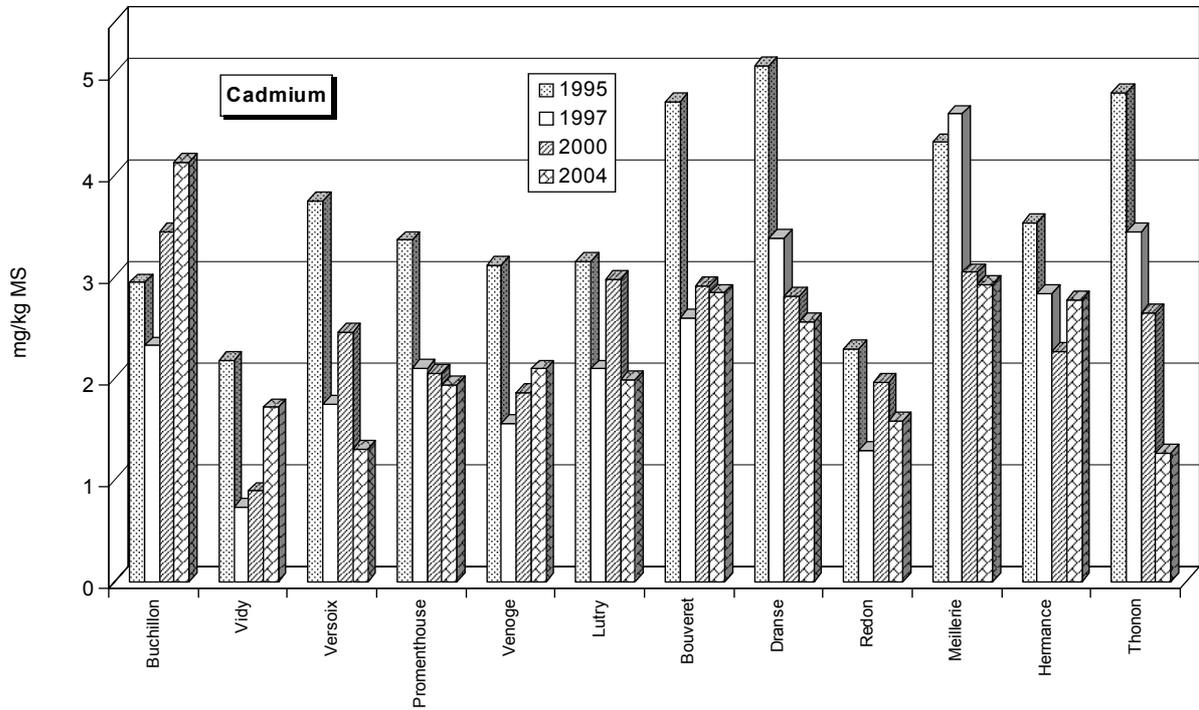


Figure 9 a : Teneurs métalliques (Cd, Cr) des moules pour les différents sites étudiés.

Figure 9 a : Levels of metals (Cd, Cr) in mussels from the various sites surveyed.

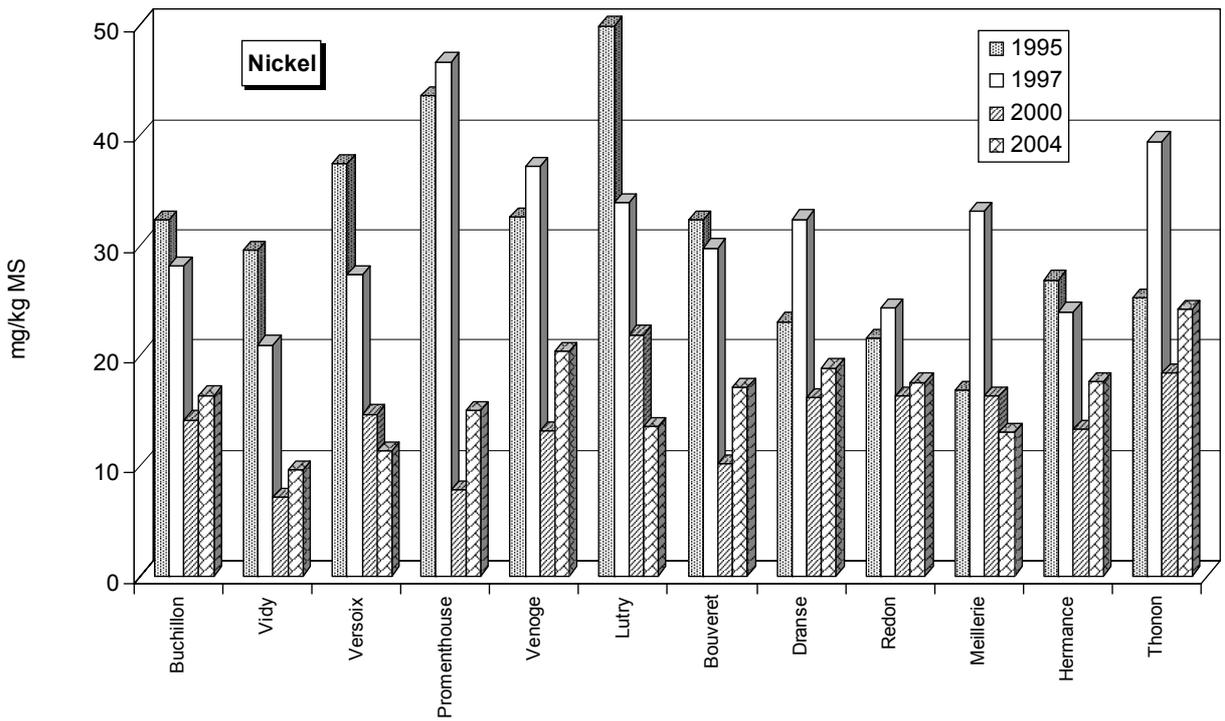
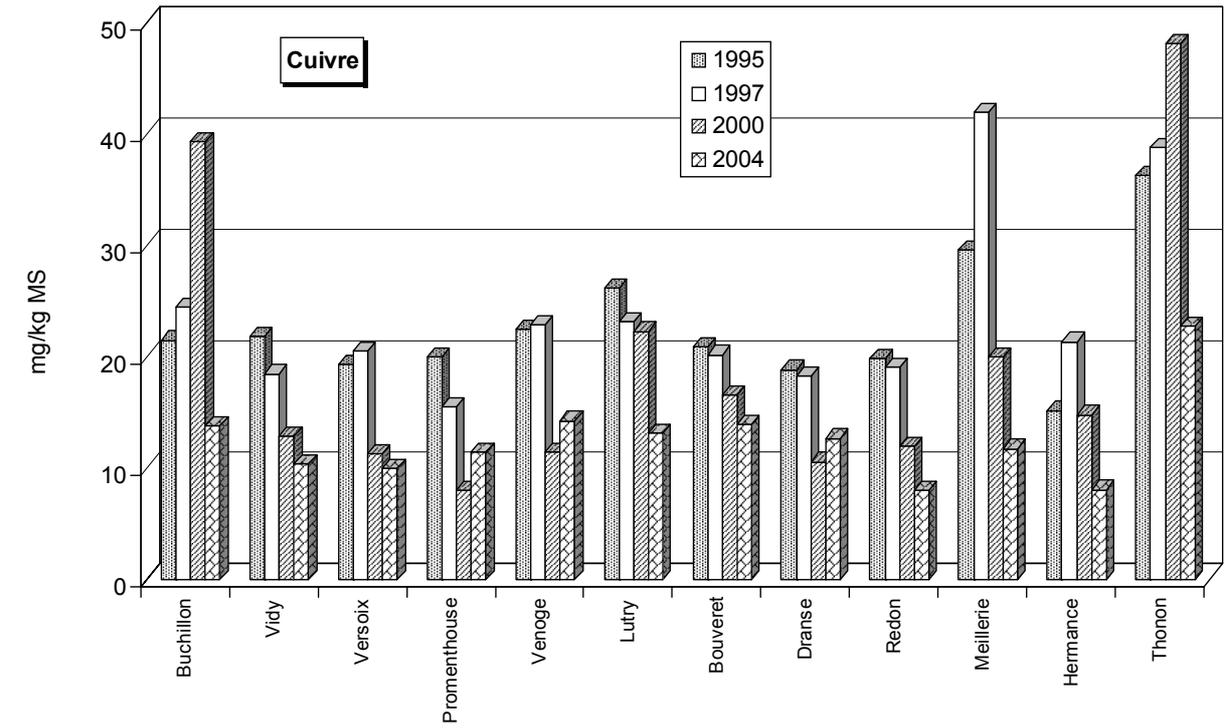


Figure 9 b : Teneurs métalliques (Cu, Ni) des moules pour les différents sites étudiés.  
Figure 9 b : Levels of metals (Cu, Ni) in mussels from the various sites surveyed.

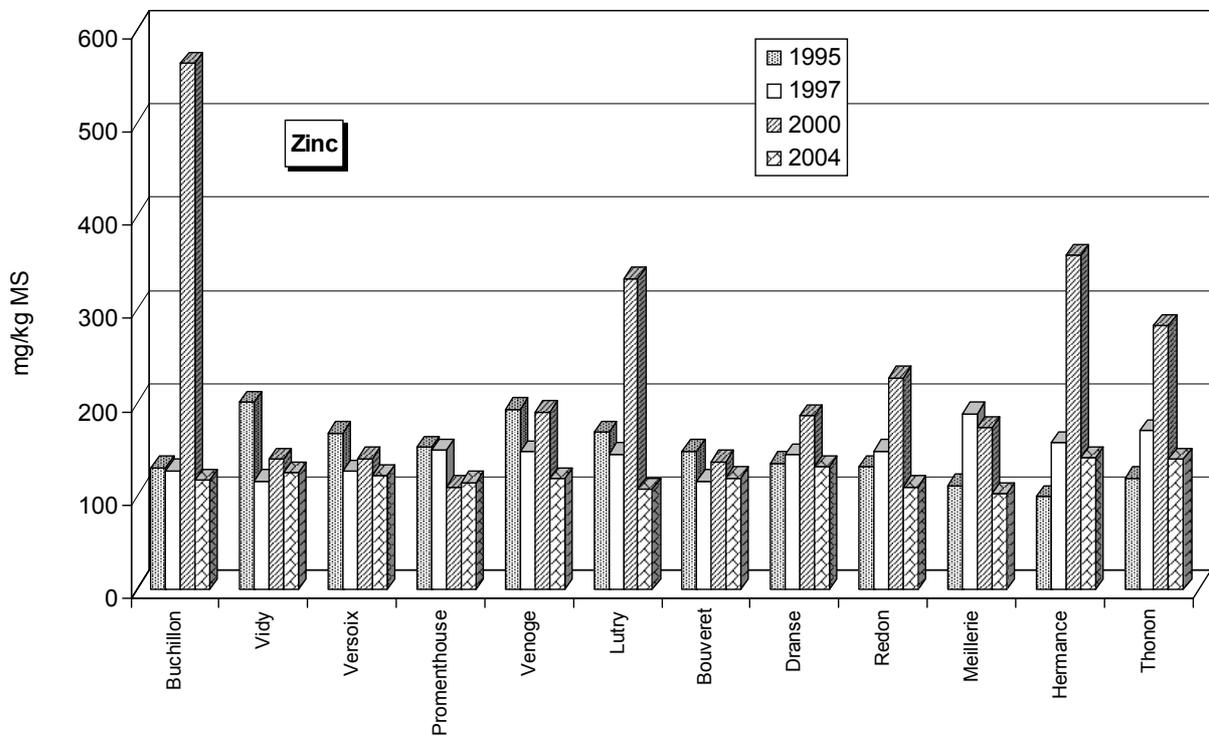
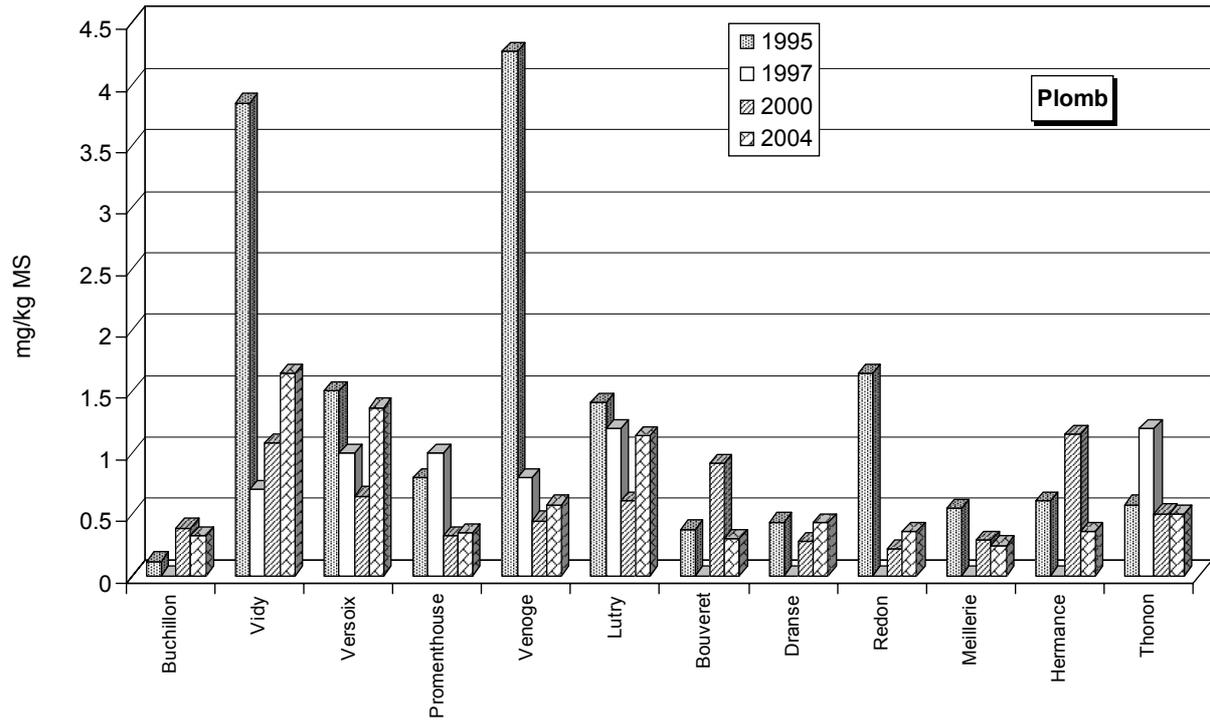


Figure 9 c : Teneurs métalliques (Pb, Zn) des moules pour les différents sites étudiés.  
Figure 9 c : Levels of metals (Pb, Zn) in mussels from the various sites surveyed.

Sur la base de la grille de qualité proposée par MERSCH (1993), (annexe 3), pour l'appréciation des concentrations métalliques observées chez les dreissènes, nous pouvons relever une nette amélioration de la situation par rapport aux campagnes antérieures. Les points suivants sont à signaler :

- **cadmium** : Buchillon est le seul site qui demeure, par rapport aux études antérieures, classé en zone "pollution certaine". Le Bouveret, La Dranse, Meillerie et Hermance sont eux très proches de la classe inférieure moins contaminée,
- **chrome** : tous les sites sont en situation "intermédiaire",
- **cuivre** : bien qu'en nette amélioration, la valeur plus élevée de cuivre observée précédemment sur le site de Thonon, se confirme classant ce site en zone "intermédiaire". Par contre, tous les autres points peuvent être considérés comme "non pollués" ou proches des valeurs correspondant à cette classification,
- **nickel** : à l'exception de Vidy et Versoix, classifiés "non pollués" pour ce métal, tous les autres sites sont en "situation intermédiaire",
- **plomb** : tous les sites sont à considérer comme "non pollués" à l'exception de trois d'entre eux qui demeurent en situation "intermédiaire" (Vidy, Versoix, Lutry),
- **zinc** : lors de la campagne précédente, (CORVI et al., 2001) nous avons relevé des teneurs en zinc anormales sur différents sites et avons émis l'hypothèse d'une contamination accidentelle des échantillons analysés. Cette hypothèse était certainement fondée puisque ces teneurs élevées ne se retrouvent pas aujourd'hui. Pour ce métal, la situation de l'ensemble des sites peut être qualifiée "d'intermédiaire", voire même proche du qualificatif de "non polluée".

Les résultats de cette étude confirment la complémentarité de cette approche poissons/moules par rapport aux autres indicateurs.

► **Organo-étains**

Les résultats de recherche et dosage des composés stanniques sont regroupés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Résultats des organo-étains exprimés en µg du cation par g de poids sec.

Table 5 : Organo-tin data expressed in µg of the cation per g of dry weight.

	DBT*	TBT*	TPT*
Hermance	0.063	0.030	nd**
Meillerie	nd	nd	nd
Redon	0.040	0.022	nd
Venoge	nd	0.034	nd
Buchillon	nd	0.016	nd
Promenthouse	nd	0.025	nd
Versoix	nd	0.030	nd
Lutry	nd	0.123	nd
Thonon	nd	0.023	nd
Dranse	nd	0.015	nd
Bouveret	0.278	0.573	nd
LD	0.035	0.012	0.030
T.R. %	77.8	79.1	312.0 *

LD : limite de détection (3x bruit de fond)

\*\* nd : non décelé

Les résultats ne sont pas corrigés pour le taux de récupération (T.R.)

\* : une analyse de contrôle a été effectuée en dopant du quartz (problème avec le TPT).

Dans la majorité des sites, les concentrations en tributylétain sont relativement faibles et ont baissé par rapport aux campagnes de 1995 et 2000, étant fréquemment indécélables

En 2000, nous avons relevé une contamination très nette du Bouveret : parmi les 11 échantillons analysés, seules les moules en provenance de ce port contenaient des organo-étains dans des concentrations nettement supérieures à celles mesurées lors des précédentes campagnes soit 5.16 et 9.3 µg/g de tributylétain respectivement en 1997 et 2000. Cette situation, qui a fait l'objet d'investigations complémentaires, (GRANDJEAN et al., 2004) est aujourd'hui réglée suite à l'intervention des autorités cantonales.

## 5. CONCLUSIONS

- ▶ **Eaux** : les teneurs en métaux lourds des eaux du Léman demeurent faibles et satisfont pleinement aux exigences requises pour les eaux de boisson et la vie piscicole. La limite de détection du mercure dans les eaux par le laboratoire effectuant les analyses n'est pas suffisante pour vérifier le respect des exigences de l'OEaux (tableau 2) pour ce métal.

Les concentrations en NTA et EDTA des eaux du lac restent faibles et respectent également les tolérances requises pour l'eau potable.

L'introduction d'une nouvelle méthodologie dans la surveillance de la qualité des eaux du lac a permis de mettre en évidence la présence de résidus de nombreux pesticides non recherchés jusqu'à présent. Les teneurs relevées sont certes toutes inférieures aux normes requises pour les eaux de boisson, mais la présence de ces polluants est non souhaitée et préoccupante. Deux composés, un herbicide et un antifongique, le Foramsulfuron et le Métalaxyl, sont, par ailleurs, en concentrations relativement élevées. Ces produits sont apportés au lac par les eaux du Rhône et leur origine industrielle a été identifiée. Des mesures sont actuellement à l'étude par les autorités cantonales pour remédier rapidement à ce problème.

L'Aminotriazole, le Glyphosate et son métabolite l'AMPA, pesticides polluants fréquents des eaux superficielles n'ont pas été observés dans les eaux du lac. Par contre un test effectué sur 8 rivières du bassin versant a révélé, dans 6 rivières, la présence de ces contaminants quelques fois en fortes teneurs pouvant atteindre plusieurs microgrammes/L (3.95 µg/L) dans certains affluents secondaires.

- ▶ **Poissons** : bien qu'une augmentation des teneurs en mercure de la chair des poissons du Léman soit relevée lors de cette campagne, ces dernières demeurent basses et bien inférieures aux exigences requises pour les denrées alimentaires.

Les teneurs en PCB et mercure des corégones, déterminées pour la première fois dans le cadre des travaux de la CIPEL, sont voisines ou légèrement supérieures à celles des perches et lottes.

L'omble chevalier présente une contamination plus élevée en PCB et DDE que les perches, les lottes et les corégones, mais les teneurs observées diminuent lentement par rapport à celles des dernières campagnes.

Les efforts entrepris pour l'épuration et la protection des eaux ainsi que la limitation d'emploi des PCB dès 1972 en Suisse et 1975 en France, puis leur interdiction de mise sur le marché dès 1986 en Suisse et 1987 en France, ont certainement permis de limiter l'importance de la pollution par ces composés. Mais leur stabilité et la présence d'apports diffus contribuent à leur persistance dans l'écosystème lémanique. Leur présence doit être déplorée.

- ▶ **Moules zébrées** : pour l'ensemble des métaux surveillés dans les moules, les améliorations observées les années précédentes se confirment : les teneurs 2004 sont en général plus faibles qu'antérieurement, ou dans certains cas, du même ordre de grandeur. Quelques points font cependant exception : teneur en plomb du site de Thonon encore trop élevée et pollution certaine par le cadmium sur le site de Buchillon.

## BIBLIOGRAPHIE

ALDER, A.C., GIGER, W. et SCHFFNER, C. (1987) : Remplacement des phosphates dans les produits détergents : vers le pire ou vers l'acceptable ? EAWAG News, 42F, 6-8.

BECKER VAN SLOOTEN, K., MERLINI, L., De BERTRAND, N., De ALENCASTRO, L.F. et TARRADELLAS, J. (1992) : Elevated levels of organotins in lake Geneva : bivalves as sentinel organism. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 48 (1), 37-44.

BECKER VAN SLOOTEN, K. et TARRADELLAS, J. (1994) : Accumulation, depuration and growth effects of tributyltin in the freshwater bivalve Dreissena polymorpha under field conditions. Environ. Toxicol. Chem., 13, 755-762.

BECKER VAN SLOOTEN, K. et TARRADELLAS, J. (1995) : Organotins in Swiss lakes after their ban : Assessment of water, sediment, and Dreissena polymorpha contamination over a four-year period. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 29, 384-392.

CORVI, C. (1984) : Métaux en traces. In : Le Léman, Synthèse 1957-1982, Ed. par Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Chapitre 3.2.11, page 207, tableau 3.

CORVI, C., MACRI, G. et VOGEL, J. (1988) : Les polychlorobiphényles dans les poissons du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1987, 119-132.

CORVI, C. et KHIM-HEANG, S. (1994) : Polluants métalliques et polychlorobiphényles dans la faune piscicole. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1993, 73-82.

CORVI, C. et KHIM-HEANG, S. (1995) : Polychlorobiphényles et mercure dans les ombles chevaliers. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1994, 79-85.

- CORVI, C., KHIM-HEANG, S., BECKER VAN SLOOTEN, K., STEGMULLER, A.-M. et TARRADELLAS, J. (1996) : Métaux et micropolluants organiques dans les Dreissènes. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1995, 187-197.
- CORVI, C., KHIM-HEANG, S., BECKER VAN SLOOTEN, K., STEGMULLER, A.-M. et TARRADELLAS, J. (1998) : Métaux et micropolluants organiques dans les poissons et les moules du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1997, 103-116.
- CORVI, C., KHIM-HEANG, S. et ZIMMERLI, P. (2001) : Métaux et micropolluants organiques dans les poissons et les moules du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 145-159.
- CRETENOY, L., GERDEAUX, D., ANGELI, N. et CARANHAC, F. (1996) : Eléments pour la prise en compte des populations piscicoles dans le fonctionnement trophique du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1995, 173-185.
- DIETRICH, D. (1995) : Kritische Beurteilung der ökotoxikologischen Aussagekraft von Schwermetallanalysen in Fischen aus schweizerischen Gewässern. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg., 86, 213-225.
- FENT, K. (1996) : Ecotoxicology of organotin compounds. Crit. Rev. Toxicol., 26 (1), 1-117.
- GERDEAUX, D., BUTTIKER, B. et PATTAY, D. (1989) : La pêche et les recherches piscicoles en 1988 sur le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1988, 79-87.
- GERDEAUX, D., PERRET, M.-C., CORVI, C., KHIM-HEANG, S., BECKER VAN SLOOTEN, K., TARRADELLAS, J., RIVIERE, J.L. et LARBAIGT, G. (1995) : Caractéristiques des populations de Dreissènes du Léman, évaluation de leur intérêt comme bioindicateur de la qualité des eaux du lac. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1994, 135-165.
- GRANDJEAN, D. et BECKER VAN SLOOTEN, K. (2003) : Analyse des organoétains dans les moules zébrées du Léman. Communication personnelle.
- HALDIMANN, M. (2005) : Teneurs en mercure des poissons de lacs suisses. (A paraître).
- HITES, R.A., FORAN, J.A., CARPENTER, D.O., HAMILTON, M.C., KNUTH, B.A. et SCHWAGER, S.J. (2004) : Global assessment of organic contaminants in farmed salmon. Science, 303, 226-229.
- HOURIET, J.-P. (1996) : NTA dans les eaux. Cahier de l'environnement, série protection des eaux, No 264 et Annexes : Données de mesure. Documents environnement, série protection des eaux, No 54, Ed. par OFEFP, Berne.
- LAZZAROTTO, J., RAPIN, F. et CORVI, C. (2005) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004, 31-53.
- MAGUIRE, R.J. (2000) : Review of the persistence, bioaccumulation and toxicity of tributyltin in aquatic environments in relation to Canada's toxic substances management policy. Water Qual. Res. J. Canada, 35 (4), 633-679.
- MANUEL SUISSE DES DENREES ALIMENTAIRES (1994) : Dosage du mercure, Chapitre 45. Ed. Off. féd. de la Santé, Berne.
- MERSCH, J. (1993) : Modalités d'utilisation de la moule zébrée *Dreissena polymorpha* en tant qu'indicateur biologique de la contamination des écosystèmes d'eau douce par les métaux lourds - comparaison avec un autre type d'organismes sentinelles, les mousses aquatiques. Thèse de doctorat, Université de Metz, 231 p.
- OEaux (1998) : Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des Eaux (Suisse, état au 18 novembre 2003).
- OSEC (1995) : Ordonnance du 26 juin 1995 sur les Substances Etrangères et les Composants (état au 31 janvier 2000) (Suisse).
- ORTELLI, D., EDDER, P. et CORVI, C. (2004) : Multiresidue analysis of 74 pesticides in fruits and vegetables by liquid chromatography-electrospray-tandem mass spectrometry. Anal. Chim. Acta, 520, 33-45.
- REICHENBACH-KLINKE, H.-H. (1966) : Krankheiten und Schädigungen der Fische. Gustav Fischer Verlag, page 288.
- SIGG, L. (1992) : Les métaux lourds dans les cours d'eau. Nouvelles de l'EAWAG, 32, 32-35.
- STRAWCZYNSKI, A. (2005) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004, 187-193.
- ZENNEGG, M., SCHMID, P., GUJER, E. et KUCHEN, A. (2002) : PCDD, PCDF, and Dioxin-like PCB in fish from Swiss Lakes. Poster EMPA ([http://www.empa.ch/plugin/template/empa\\*/14546/—/l=2](http://www.empa.ch/plugin/template/empa*/14546/—/l=2)).

Produits phytosanitaires recherchés.

ANNEXE 1

Pesticides (crop treatments) survey.

**Herbicides :** (les limites de détection sont comprises entre 0.001 et 0.10 µg/L)

Acetochlor	Cycloxydim	MCPB	Propaquizafop
Alachlor	Dichlorprop-methyl	Mecoprop	Propazine
Amidosulfuron	Dichlorprop-P	Metamitron	Propham
Amitrole	Difénoxuron	Methabenzthiazuron	Propyzamide
Asulam	Dimefuron	Metobromuron	Prosulfocarb
Atrazine	Dimethachlor	Metoxuron	Pyridate
Atrazine-2-hydroxy	Dimethenamid	Metribuzin	Quizalofop-P-Ethyl
Atrazine-desethyl	Dinoseb	Metsulfuron-methyl	Simazin
Atrazine-desisopropyl	Dinoterb	Monolinuron	Tebutam
Aziprotryne	Diuron	Monuron	Tepaloxymid
Bentazone	Fenuron	Napropamid	Terbacil
Bifenox	Fluazifop-butyl	Norflurazon	Terbuthylazine
Bromacil	Fluroxypyr	Orbencarb	Terbuthylazine-2-hydroxy
Chlorbromuron	Foramsulfuron	Oryzalin	Terbuthylazine-desethyl
Chloridazon	Haloxypop-methyl	Oxadiazon	Terbutryn
Chlorotoluron	loxynil	Pendimethalin	Thifensulfuron-methyl
Chloroxuron	Isoproturon	Phenmedipham	Triasulfuron
Chlorpropham (CIPC)	Lenacil	Prometryn	Triclopyr
Clopyralid	Linuron	Propachlor	Trifluralin
Cyanazin	MCPA	Propanil	

**Fongicides, insecticides et acaricides :**

Acetamiprid	Difenoconazole	Imazalil	Pymetrozine
Aldicarb	Diflubenzuron	Imidacloprid	Pyridaben
Aldicarb-sulfoxide	Dimethoate	Indoxacarb	Pyrifénox
Aldoxycarb	Dimethomorph	Iprovalicarb	Pyrimethanil
Anilazine	Dimetilan	Isazofos	Pyriproxyfen
Azametiphos	Dinocap	Lufenuron	Spinosad
Azoxystrobin	Diphenylamine	Mecarbam	Spirodiclofen
Bendiocarb	Disulfoton	Mepanipyrim	Spiroxamine
Benfuracarb	Epoxiconazole	Metalaxyl	Tebuconazole
Benodanil	Ethiophencarb	Methiocarb	Tebufenozide
Benthiavalicarb-isopropyl	Fenamidone	Methomyl	Tebufenpyrad
Benzoximate	Fenarimol	Metolcarb	Teflubenzuron
Bromuconazole	Fenazaquin	Monocrotophos	Terbufos
Buprofezin	Fenbuconazole	Myclobutanil	Thiabendazole
Butocarboxym	Fenhexamid	Omethoate	Thiacloprid
Carbaryl	Fenoxycarb	Oxadixyl	Thiobencarb
Carbendazim	Fenpropathrin	Oxamyl	Thiodicarb
Carbofuran	Fenpropimorph	Oxine	Thiofanox
Carboxin	Fipronil	Phenthoate	Thiometon
Chlorfluazuron	Fludioxonil	Phosalone	Thiophanate-ethyl
Clofentezine	Flufenoxuron	Pirimicarb	Thiophanate-methyl
Cymoxanil	Fluquinconazole	Prochloraz	Tolclophos-methyl
Cyproconazole	Flutriafol	Promecarb	Tridemorph
Cyprodinil	Fuberidazole	Propamocarb	Triflumizole
Diafenthiuron	Furathiocarb	Propetamphos	Triflumuron
Diclotophos	Hexaflumuron	Propiconazole	Triforine
Diethofencarb	Hexythiazox	Propoxur	Vamidothion

Pesticides (phytosanitaires) décelés (en µg/L) dans les eaux du Léman - Grand Lac (Station SHL2).  
Pesticides (crop treatments) detected (in µg/L) in Lake Geneva - Grand Lac (Station SHL2).

ANNEXE 2

Pesticides en µg/L	Type	26.04.04 0 m	06.09.04 0 m	1 m	1 m	06.09.04 1 m	26.04.04 5 m	06.09.04 5 m	26.04.04 7.5 m	06.09.04 7.5 m	26.04.04 10 m	06.09.04 10 m	26.04.04 10 m	06.09.04 100 m	26.04.04 305 m	06.09.04 305 m	26.04.04 309 m	06.09.04 309 m
Amidosulfuron	Herbicide	0.017	0.015	0.027	0.015	0.017	0.015	0.015	0.016	0.017	0.018	0.020	0.016	0.022	0.013	0.020	0.015	0.018
Atrazine	Herbicide	0.032	0.016	0.018	0.028	0.018	0.016	0.016	0.031	0.017	0.033	0.018	0.031	0.027	0.036	0.029	0.033	0.028
Atrazine-desethyl	Herbicide	0.020	0.016	0.018	0.018	0.019	0.017	0.017	0.020	0.017	0.022	0.016	0.020	0.020	0.021	0.020	0.022	0.021
Atrazine-desisopropyl	Herbicide	0.015	0.013	0.012	0.011	0.016	0.014	0.013	0.015	0.013	0.017	0.013	0.016	0.015	0.014	0.015	0.018	0.015
Azoxystrobin	Fongicide		0.002			0.002	0.002			0.002		0.002		0.001	0.001			0.001
Carbendazim	Fongicide	0.007	0.004	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.008	0.005	0.008	0.005	0.006	0.004	0.005	0.006	0.007	0.006
Chlorotoluron	Herbicide	0.011	0.002	0.009	0.010	0.003	0.010	0.003	0.010	0.003	0.011	0.003	0.013	0.011	0.015	0.013	0.016	0.013
Cycloxydim	Herbicide													0.001		0.005		0.005
Cyproconazole	Fongicide	0.008	0.003	0.006	0.007	0.004	0.007	0.004	0.007	0.004	0.009	0.004	0.008	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005
Cyprodinil	Fongicide	0.005	0.001	0.003	0.004	0.002	0.004	0.002	0.004	0.002	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001
Difenoconazol	Fongicide	0.008	0.001	0.003	0.015	0.002	0.015	0.001	0.004	0.002	0.004	0.003	0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.001
Dimethachlor	Herbicide	0.005	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.005	0.003	0.005	0.003	0.005	0.007	0.005	0.003	0.005	0.005
Diuron	Herbicide	0.012	0.004	0.009	0.010	0.005	0.010	0.006	0.011	0.005	0.011	0.006	0.010	0.008	0.009	0.008	0.009	0.007
Fenuron	Herbicide	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.003	0.001
Foramsulfuron	Herbicide	0.042	0.029	0.036	0.039	0.033	0.039	0.033	0.040	0.035	0.049	0.042	0.042	0.066	0.019	0.034	0.020	0.037
Isoproturon	Herbicide	0.005	0.001	0.004	0.005	0.001	0.005	0.001	0.004	0.001	0.005	0.001	0.005	0.005	0.006	0.007	0.006	0.006
Linuron	Herbicide	0.001	0.001	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.004	0.001	0.004	0.002	0.002	0.001		0.001
Metalaxyl	Fongicide		0.028			0.037	0.034			0.038		0.048		0.062	0.066	0.056		0.055
Metobromuron	Herbicide	0.050	0.004	0.009	0.011	0.005	0.011	0.004	0.014	0.004	0.010	0.004	0.010	0.011	0.013	0.013	0.018	0.012
Metolachlor	Herbicide	0.017	0.010	0.016	0.015	0.013	0.015	0.012	0.018	0.013	0.018	0.017	0.016	0.017	0.019	0.016	0.018	0.015
Monolinuron	Herbicide	0.016	0.005	0.014	0.014	0.006	0.014	0.005	0.015	0.006	0.016	0.006	0.016	0.013	0.016	0.014	0.018	0.014
Monuron	Herbicide	0.003	0.001	0.003	0.003	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003
Prometryn	Herbicide	0.007	0.002	0.007	0.006	0.004	0.006	0.004	0.007	0.004	0.007	0.004	0.006	0.007	0.008	0.008	0.008	0.007
Propoxur	Insecticide		0.001			0.002	0.002			0.001		0.001		0.001	0.001			0.005
Pymetrozine	Insecticide		0.004			0.005	0.004			0.005		0.008		0.005	0.003			0.003
Simazin	Herbicide	0.013	0.008	0.013		0.010	0.008		0.014	0.009	0.015	0.009	0.014	0.013	0.016	0.012	0.015	0.012
Tebuconazole	Fongicide		0.001			0.001	0.001			0.001		0.001		0.001	0.000			0.000
Tebutam	Herbicide	0.003	0.001	0.003	0.003	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.003	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002
Terbutometon	Herbicide	0.004	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.004	0.002	0.004	0.002	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005
Terbutylazine	Herbicide	0.015	0.009	0.013	0.013	0.010	0.009	0.009	0.014	0.010	0.015	0.010	0.013	0.014	0.015	0.016	0.015	0.014
Terbutylazine-2-hydroxy	Herbicide	0.008	0.006	0.007	0.007	0.008	0.006	0.006	0.008	0.006	0.009	0.007	0.008	0.008	0.009	0.008	0.009	0.009
Terbutylazine-desethyl	Herbicide	0.009	0.008	0.007	0.008	0.009	0.009	0.009	0.007	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.006	0.008	0.008	0.007
Triflururon	Insecticide	0.009	0.001		0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.005	0.005	0.008	0.004
Somme		0.343	0.200	0.251	0.262	0.249	0.226	0.285	0.285	0.237	0.310	0.269	0.283	0.375	0.269	0.340	0.283	0.337

Grille de qualité pour interpréter les concentrations métalliques (en  $\mu\text{g/g}$ ) observées chez *Dreissena polymorpha* (MERSCH, 1993).

Quality grid for interpreting the concentrations of metals (in  $\mu\text{g/g}$ ) observed in *Dreissena polymorpha* (MERSCH, 1993).

Métaux	Classe de qualité			
	<b>1</b> (absence de pollution)	<b>2</b> (situation intermédiaire)	<b>3</b> (pollution certaine)	<b>4</b> pollution importante)
Cadmium	$\leq 1$	1 - 2.5	2.5 - 8	$> 8$
Chrome	$\leq 1$	1 - 3.5	3.5 - 10	$> 10$
Cuivre	$\leq 12$	12 - 45	45 - 80	$> 80$
Nickel	$\leq 12$	12 - 45	45 - 100	$> 100$
Plomb	$\leq 0.5$	0.5 - 4	4 - 14	$> 14$
Zinc	$\leq 110$	110 - 220	220 - 400	$> 400$