

MICROPOLLUANTS DANS LES POISSONS ET ÉCREVISSSES DU LÉMAN

MICROPOLLUTANTS IN FISH AND FRESHWATER CRAYFISH FROM GENEVA LAKE

Campagne 2008

PAR

Didier ORTELLI et Patrick EDDER

SERVICE DE LA CONSOMMATION ET DES AFFAIRES VÉTÉRINAIRES (SCAV), CP 76, CH - 1211 GENÈVE 4 Plainpalais

François RAPIN

SECRÉTARIAT DE LA COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN
ACW - Changins - Bâtiment DC, CP 1080, CH - 1260 NYON 1

RÉSUMÉ

Des campagnes d'analyses ont été réalisées pour évaluer l'état de contamination en micropolluants des poissons du Léman. Les campagnes menées durant l'automne 2007 et le printemps 2008 ont permis le prélèvement de poissons (omble chevalier, corégone, brochet, truite lacustre, perche, lotte) et d'écrevisses (signal, américaine). Les substances recherchées ont été le mercure, les Polychlorobiphényles (PCB), les Polybromodiphényles Ethers (PBDE), les pesticides organochlorés (OCP), les substances perfluorées (PFOS) et les phtalates.

Les teneurs en mercure dans les poissons demeurent faibles et satisfont pleinement aux exigences requises pour la consommation. Les analyses de PCB et dioxines ont montré des concentrations élevées de PCB de types dioxines dans les ombles chevaliers. Ces résultats ont conduit les autorités suisse et française à interdire la commercialisation des ombles chevaliers de plus de 39 cm. Les analyses de retardateurs de flammes polybromés (PBDE) réalisées pour la première fois ont également montré des niveaux de contamination importants. Ces substances se comportent en fait de manière très similaire aux PCB et s'accumulent facilement dans les graisses animales. Le manque de données scientifiques et l'absence de réglementation rendent difficile l'interprétation de ces résultats. Les mesures de composés perfluorés ont permis la mise en évidence de 8 à 95 µg/kg de PFOS. Contrairement aux PCB et PBDE, la contamination est aléatoire et indépendante de l'espèce, la taille ou encore le pourcentage de matière grasse. Les résultats d'analyses pour les phtalates ainsi que pour les pesticides organochlorés sont quant à eux tout à fait satisfaisants.

ABSTRACT

A survey has been carried out to assess the levels of micropollutants in fish from Lake Geneva. The following fish were sampled in campaigns conducted during autumn 2007 and spring 2008 (charr, whitefish, pike, lake trout, perch, burbot) and crayfish (signal, U.S.). Mercury, polychlorinated biphenyls (PCBs), polybrominated ethers (PBDEs), organochlorine pesticides (OCPs), perfluorinated substances (PFOS) and phthalates were checked.

Mercury levels in fish remain low, and comply fully with food safety requirements. The analyses of PCBs and dioxins have revealed high concentrations of dioxin-like PCBs in the charr. These findings led the Swiss and French authorities to prohibit the marketing of char over 39 cm. Determinations of polybrominated flame retardants (PBDEs), which was done for the first time this year, also revealed significant levels of contamination. In fact, these substances behave very similarly to PCBs, and readily accumulate in animal fats. The lack of scientific data and of regulations makes it difficult to interpret these results. Determinations of perfluorinated compounds detected 8 to 95 µg/kg of PFOS. Unlike PCBs and PBDEs, this contamination was distributed randomly, and was independent of species, size or the percentage of fat. The data for phthalates and for organochlorine pesticides were quite satisfactory.

1. INTRODUCTION ET SUBSTANCES RECHERCHÉES

Parmi la multitude de contaminants présents dans le milieu, des molécules susceptibles de s'accumuler dans les organismes vivants ont été choisies pour caractériser leur niveau de contamination et voir si celles-ci répondent aux exigences légales de consommation humaine et/ou de commercialisation. Ce sont donc prioritairement les espèces de poissons les plus consommées qui ont été sélectionnées.

Leur place dans les réseaux trophiques a aussi été prise en compte, car il est connu que les espèces situées en haut de la chaîne alimentaires et à fort taux lipidique sont particulièrement impactées par les Polluants Organiques Persistants (POP). Parmi ceux-ci, les substances recherchées ont été le mercure, les PolyChloroBiphényles (PCB), les PolyBromoDiphénylesEthers (PBDE), les pesticides organochlorés (OCP), les substances perfluorées (PFOS) et les phtalates.

2. ÉCHANTILLONNAGE (figure 1)

Les campagnes de prélèvements ont été menées durant l'automne 2007 et le printemps 2008. Les poissons et écrevisses ont été pêchés par des pêcheurs professionnels ou de loisir, sous la responsabilité des services officiels de la pêche française (Haute-Savoie) et suisse (canton de Vaud et canton de Genève).

Le financement des analyses a été assuré par la CIPEL et pour 14 échantillons pour les PCB par la Direction générale de l'alimentation (Direction départementale des services vétérinaires de Haute-Savoie) dans le cadre du plan national d'action français du Ministère de l'agriculture.

Choix des zones de pêche

Le Léman peut être subdivisé en deux grandes zones : le Grand Lac, partie la plus large et la plus profonde (309.7 m) représentant 96 % du volume total du lac et le Petit Lac, plus étroit et nettement moins profond (76 m), représentant 4 % du volume total. Il n'y a pas actuellement de source ponctuelle de PCB identifiée sur le pourtour du Léman.

– Grand Lac :

- ▶ zone A / partie française au large de Thonon, la plus grande agglomération française sur la côte lémanique,
- ▶ zone B / zone où se trouve un des sites importants d'ombrière. Des prélèvements d'ombles ont eu lieu sur cette zone uniquement lors des pêches spéciales pour la reproduction (fin novembre-début décembre 2007),
- ▶ zone C / partie suisse au large de Lausanne - Morges, la plus grande agglomération suisse sur la côte lémanique avec la STEP de Vidy (Lausanne), la plus grande STEP rejetant directement dans le lac,

– Petit Lac :

- ▶ zone D / partie du Petit Lac la plus profonde à cheval sur la France et la Suisse.

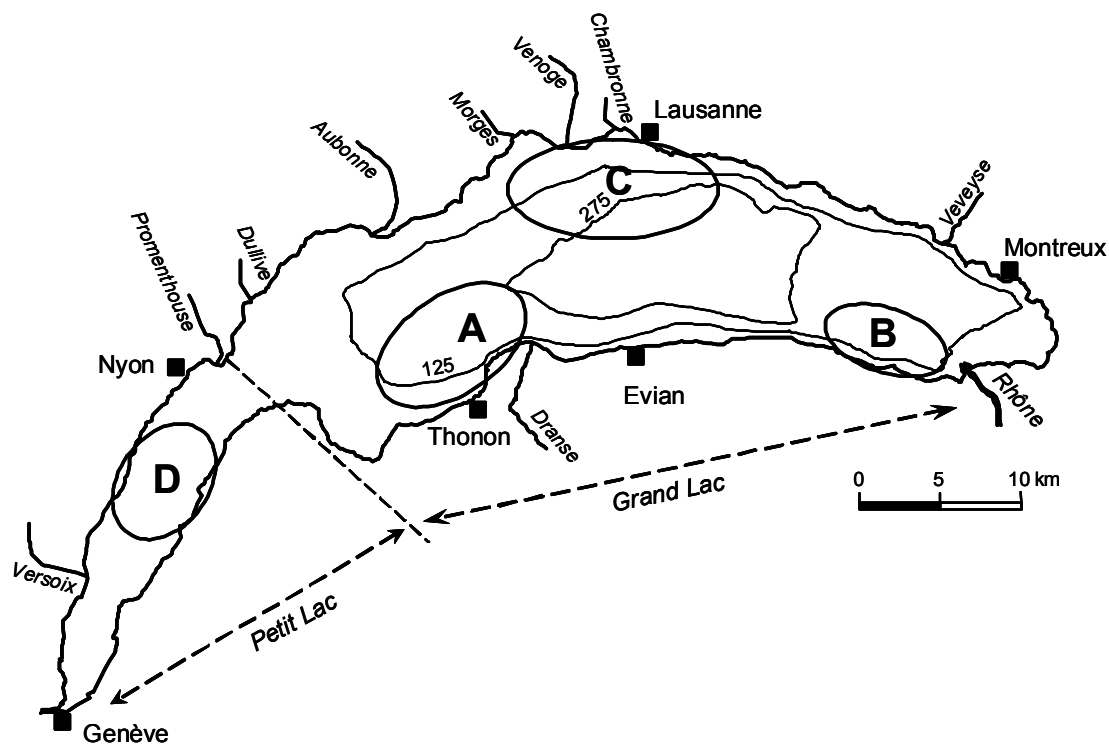


Figure 1 : Situation des zones de prélèvement des poissons du Léman (2007 et 2008).

Figure 1 : Location of the fish sampling areas in Lake Geneva (2007 and 2008).

Espèces, nombre d'échantillons

- omble chevalier (*Salvelinus alpinus*), 22 échantillons, 22 spécimens de 28 à 49 cm, provenance : 6 de la zone A, 5 de la zone B, 6 de la zone C et 5 de la zone D ;
- corégone (*Coregonus lavaretus*), 16 échantillons, 16 spécimens de 35.5 à 52 cm, provenance : 6 de la zone A, 5 de la zone C. et 5 de la zone D ;
- brochet (*Esox lucius*), 13 échantillons, 13 spécimens de 55 à 118 cm, provenance : 5 de la zone A, 3 de la zone C et 5 de la zone D ;
- truite lacustre (*Salmo trutta lacustris*), 3 échantillons, 3 spécimens de 36 à 42 cm, provenance : 1 de la zone A, 1 de la zone C et 1 de la zone D ;
- perche (*Perca fluviatilis*), 8 échantillons composites de 127 spécimens de taille entre 15.5 à 21 cm, provenance : 85 de la zone A et 42 de la zone C ;
- lotte (*Lotta lotta*), 3 échantillons, dont 1 spécimen de 38 cm et 2 composites de 15 spécimens de taille entre 21 et 25.5 cm, provenance : 16 de la zone A ;
- écrevisse signal ou écrevisse de Californie (*Pacifastacus leniusculus*), espèce non indigène, 7 échantillons composites de 250 spécimens de taille entre 9 à 14 cm, provenance : 3 de la zone A, 3 de la zone C et 1 de la zone D ;
- écrevisse américaine (*Orconectes limosus*), espèce non indigène, 2 échantillons composites de 91 spécimens de taille entre 9 et 11.5 cm, provenance : 1 de la zone C et 1 de la zone D.

3. MÉTHODOLOGIE

La taille, le poids, le sexe et l'âge des poissons ont été déterminés. Ils ont ensuite été préparés sous forme de filets sans peau, broyés et finalement congelés préalablement à l'envoi dans plusieurs laboratoires. Pour les écrevisses, les queues ont été prélevées sans carcasse, broyées et congelées. La quantité nécessaire par échantillon est d'environ 200 g de chair.

Les analyses de phtalates ont été réalisées par une méthode chromatographie gazeuse couplée à une détection par spectrométrie de masse (GC-MS) dans le Laboratoire départemental d'analyses de la Drôme à Valence. Le Laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments (LABERCA) à Nantes s'est chargé des analyses de polychlorobiphényles indicateurs et de type dioxine (PCBi et PCBDL), dioxines et furanes (PCDD/F), polybromodiphényléthers (PBDE) par chromatographie gazeuse couplée à une détection par spectrométrie de masse haute résolution (GC-HRMS) ainsi que des analyses de composés perfluorés par chromatographie liquide avec détection par spectrométrie de masse en mode tandem (LC-MSMS). Finalement, le service de la consommation et des affaires vétérinaires (SCAV) à Genève s'est chargé des analyses du mercure par absorption atomique FIMS (Flow Injection Mercury System) et du dosage des pesticides organochlorés par GC-MS.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Polychlorobiphényles (PCB) et dioxines-furanes (PCDD/F)

Les PCB sont des substances chimiques synthétiques constituant une famille de 209 substances congénères qui se distinguent par le nombre et la position d'atomes de chlore sur deux cycles phényle. Dans le passé, ils ont largement été utilisés comme lubrifiant dans la construction, la fabrication de transformateurs électriques, de condensateurs ou comme isolateurs dans des environnements à très haute tension (THT) en raison de leur relative inflammabilité et de leurs excellentes caractéristiques diélectriques. Ils ont également été utilisés dans les moteurs de pompe, pour les fours à micro-ondes, comme additifs d'huiles ou de produits de soudures, dans certains adhésifs, peintures et jusque dans des papiers autocollants. Sur les 209 congénères, 12 présentent des caractéristiques toxicologiques comparables à celles de la dioxine et sont généralement appelés PCB de type dioxine (PCB dl ou PCB dioxin like).

Les polychlorodibenzo-para-dioxines (PCDD) et les polychlorodibenzo-furanes (PCDF) sont deux familles de composés aromatiques organochlorés présentant des propriétés physico-chimiques semblables aux PCB. Le terme général dioxines est généralement utilisé pour désigner les PCDD et les PCDF, abrégé sous la forme PCDD/F. Ceux-ci ne sont pas des produits de synthèse, mais des composés issus des activités humaines, industrielles et domestiques. Elles sont produites notamment dans les incinérateurs des usines de traitement, de déchets mais aussi sous toutes les formes de combustion, de la cigarette au barbecue. Il existe 210 dioxines et furanes mais seuls 17 congénères sont reconnus comme toxiques.

Chacun des 17 congénères des dioxines et des 12 PCB dl est affecté d'un facteur de toxicité (TEF, Toxic Equivalent Factor) édicté par l'OMS, correspondant à un facteur d'équivalent toxique par rapport à la 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxine, congénère le plus toxique.

Les teneurs maximales autorisées dans la chair musculaire des poissons à l'état frais sont de 4.0 pg TEF/g pour la somme PCDD/F et de 8.0 pg TEF/g pour la somme PCB dl + PCDD/F. Ces valeurs sont exprimées en équivalents toxiques de l'OMS (TEF).

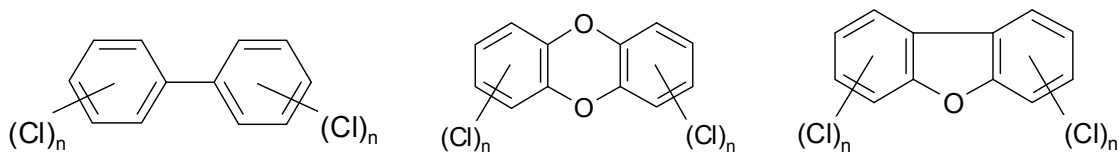


Figure 2 : Structure chimique des PCB, PCDD et PCDF.
 Figure 2 : Chemical structure of PCBs, PCDDs and PCDFs.

Les résultats (tableau 1) montrent que la contamination en dioxines est relativement faible quelque soit l'espèce considérée. Pour les PCB dl, une contamination plus importante a été identifiée et touche particulièrement les ombles chevaliers et pas les autres espèces (brochets, corégones, truites, perches, lottes et écrevisses). Les PCB ayant la particularité de s'accumuler dans la matière grasse, les poissons sont d'autant plus contaminés qu'ils sont âgés et gras. Or, l'omble chevalier est un poisson situé tout en haut de la chaîne trophique et très gras. La figure 3 représente les niveaux de contamination en PCDD/DF + PCB dl pour les ombles chevaliers en fonction de la taille et de la zone de pêche. Les ombles chevaliers de plus grandes tailles ont même montré des concentrations pour la somme PCB dl + PCDD/F qui dépassaient la teneur maximale autorisée. Cependant, on peut noter que la contamination est principalement due aux PCB dl et non pas aux dioxines. Une relation directe entre la taille des ombles chevaliers et leur teneur en PCB a ainsi pu être démontrée. Cette contamination est d'origine diffuse et indépendante du lieu de pêche. Les figures 4 et 5 illustrent les résultats obtenus pour les corégones et les brochets. Le brochet est un poisson peu gras, ce qui explique les faibles concentrations mesurées pour cette espèce bien qu'elle se situe en haut de la chaîne alimentaire.

Sur la base de ces résultats, les chimistes cantonaux de Vaud, Valais et Genève ainsi que le Préfet de Haute-Savoie ont prononcé une interdiction de commercialisation des ombles chevaliers pêchés dans le Léman et dont la taille est supérieure à 39 cm. La taille de 39 cm a été déterminée statistiquement par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Alimentaire (AFSSA) et symbolise la taille pour laquelle on peut attendre des concentrations en PCB dl + PCDD/F inférieures à la teneur maximale autorisée. Considérant que de tels poissons représentent une faible part de la pêche professionnelle, cette interdiction paraît proportionnée et apte à protéger les consommateurs sans nuire gravement aux intérêts économiques des pêcheurs professionnels.

Le tableau 2 récapitule les mesures effectuées dans les poissons ces dernières années. L'évolution des contaminations au cours des dernières années est difficile à évaluer pour les PCB en raison d'un changement méthodologique. Jusqu'en 2004, les dosages mesuraient le taux de contamination sur les PCB totaux alors qu'aujourd'hui, les mesures déterminent spécifiquement les 12 PCB de types dioxines (PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169 et 189) et 7 PCB indicateurs (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180). Toutefois, selon un avis de l'AFSSA (AFSSA 2002), la concentration en PCB indicateur correspondrait à environ 50% de la concentration en PCB totaux. Sur cette base, il ne semble pas y avoir de baisse significative de ces polluants par rapport aux dernières mesures dans les poissons réalisées en 2004 (CORVI et al., 2005).

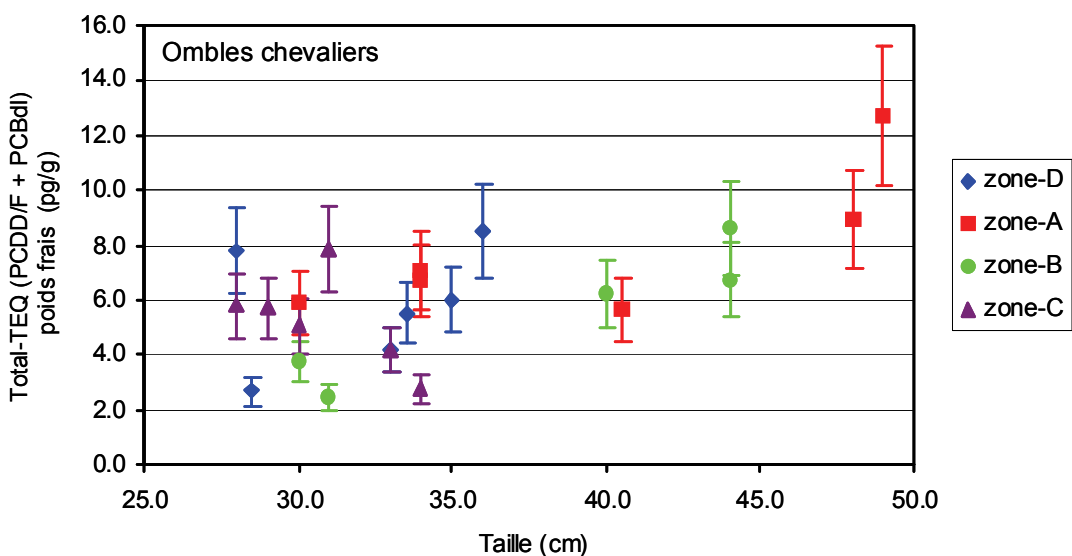


Figure 3 : Résultats en TEQ PCDD/F + PCBdl pour les ombles chevaliers en fonction de la taille du poisson.
 Figure 3 : TEQ PCDD/F + PCBdl results for Artic Charr according to fish size.

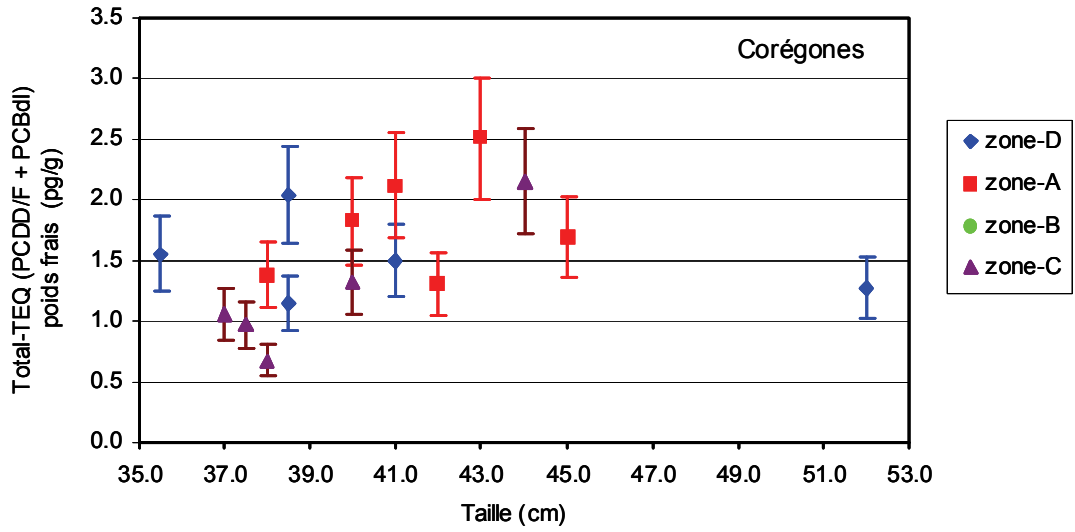


Figure 4 : Résultats en TEQ PCDD/F + PCBdl pour les corégones en fonction de la taille du poisson.
Figure 4 : TEQ PCDD/F + PCBdl results for Whitefish according to fish size.

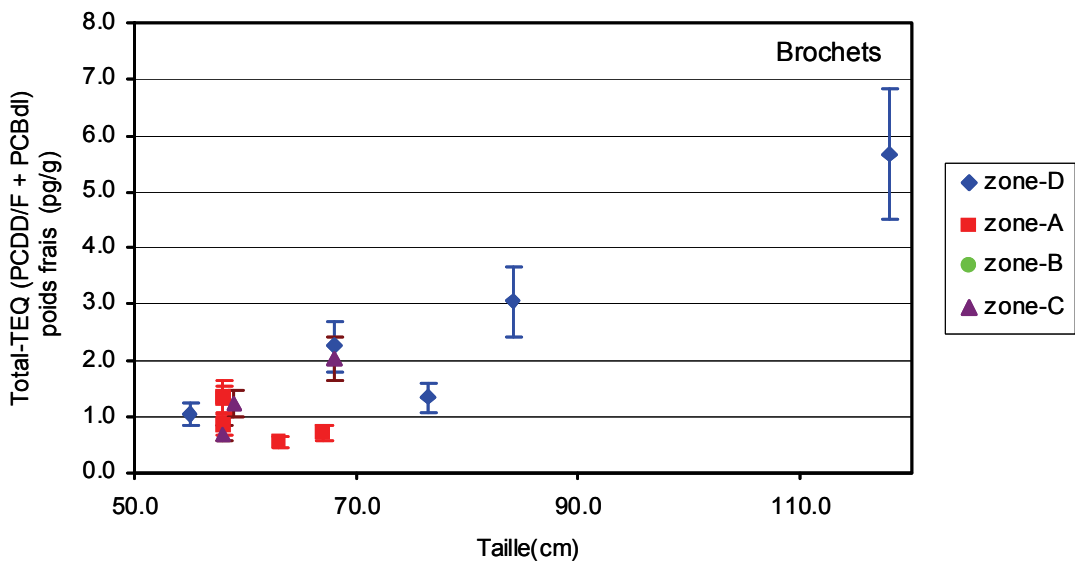


Figure 5 : Résultats en TEQ PCDD/F + PCBdl pour les brochets en fonction de la taille du poisson.
Figure 5 : TEQ PCDD/F + PCBdl results for Northern pike according to fish size.

4.2 Retardateurs de flamme polybromés (PBDE)

Les polybromodiphényléthers (PBDE) sont des substances chimiques d'origine humaine ajoutées à divers produits de consommation tels que plastiques, équipements électriques et électroniques ou encore dans le mobilier pour les rendre moins susceptibles de s'enflammer. Les PBDE peuvent être libérés lentement de ces produits, mais de manière continue, lors de leur fabrication, de leur utilisation ou après leur élimination. Des PBDE ont été détectés dans l'environnement en faibles concentrations mais en raison de leur lipophilicité, peuvent se retrouver en concentration plus élevée dans les graisses animales comme les poissons. Ces substances se comportent en fait de manière très similaire aux PCB.

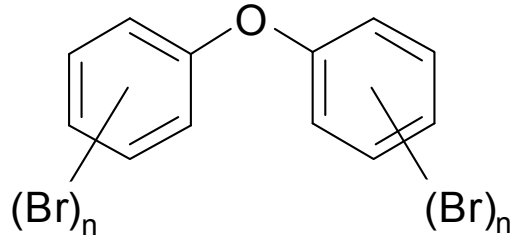


Figure 6 : Chemical structure of PBDEs.

Les analyses des PBDE ont été effectuées uniquement sur la première série de poissons qui comprenait 6 corégones, 5 ombles chevaliers, 5 lots de perches et 3 de lottes. 7 PBDE indicateurs ont été mesurés (voir Tableau 3). Tout comme pour les PCB, les ombles chevaliers sont les plus contaminés avec des valeurs comprises entre 7 et 13 ng/g de PBDE indicateurs. Pour les autres espèces, la valeur maximale a été trouvée dans une lotte avec une valeur de 2.8 ng/g. Le niveau de contamination en PBDE dans les poissons du Léman est du même ordre de grandeur à ce qui a pu être mesuré dans les autres lacs Suisses et en Europe (ZENNEG et al., 2003 ; AFSSA, 2005). Le profil de contamination observé est indépendant du seuil de contamination, de l'espèce, ou de l'âge. Le 2,2',4,4'-tétrabromodiphényléther (PBDE-47) et le 2,2',4,4',5-pentabromodiphényléther (PBDE-99) représentent à eux seuls plus de 80% de la contamination globale. Du point de vue quantitatif, on observe une bonne corrélation avec la somme des PCB indicateurs comme illustré sur la figure 7.

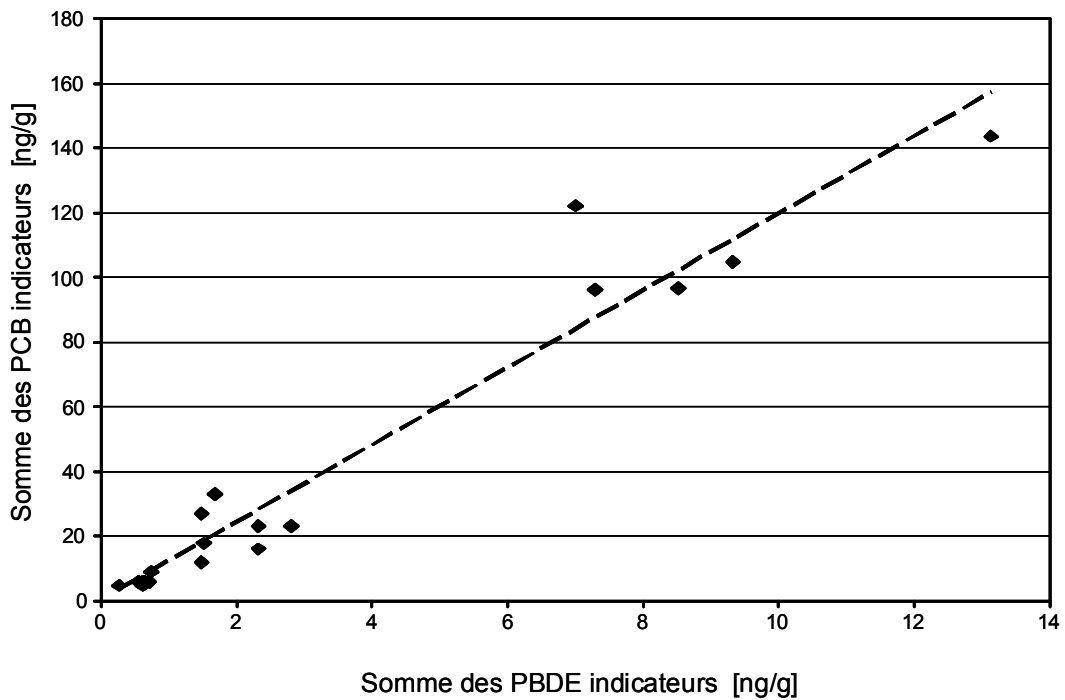


Figure 7 : Corrélation entre les teneurs de PCBind et PBDE dans la chair des poissons.
Figure 7 : Correlation between the levels of PCBind and PDBE the flesh of the fish.

Bien qu'il n'existe pas encore de normes légales définissant les valeurs maximales autorisées de PBDE dans les poissons, les premiers résultats montrent que la problématique des PBDE est présente dans le Léman. La persistance de ces composés dans l'environnement et leur accumulation dans les organismes, analogue à celle des PCB, doivent être surveillées de près.

Actuellement, la majorité des données d'évaluation du risque pour la santé disponible sur les PBDE porte principalement sur des études réalisées sur des mélanges commerciaux de congénères, plutôt que sur des PBDE isolés. Les effets toxiques des PBDE sur un nombre limité de congénères montrent que le foie, le rein et la thyroïde sont les organes cibles de l'action toxique de ces molécules. Certaines études suggèrent que les PBDE pourraient exercer un impact sur le système nerveux et sur les fonctions immunitaires. Les données de génotoxicité et de cancérogenèse sont trop limitées pour formuler une conclusion définitive sur ces deux points. Enfin, les résultats de différentes études convergent pour considérer les PBDE comme des perturbateurs endocriniens potentiels (AFSSA, 2005). Ce rapport conclut que les études disponibles ne permettent pas d'identifier une dose toxicologique expérimentale de référence qui puisse servir de fondement à la fixation d'une dose journalière tolérable.

Un document publié par Santé Canada en 2004 (SANTÉ CANADA, 2004) a pourtant établi une dose avec effet critique pour la santé humaine à 0,8 mg/kg de poids corporel pour le mélange PeBDE (Pentabromodiphényléther). Cette valeur se base uniquement sur l'évaluation globale du mélange de congénères réalisée sur des souris. Un rapport plus récent publié par Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM, 2006) est plus inquiétant. Cette étude de risque réalisée spécifiquement sur le PBDE-99 montre que celui-ci a une toxicité similaire à celle de la dioxine 2,3,7,8-TCDD. Ils établissent pour ce congénère une dose maximale de 0.26 ng de PBDE-99 par kilo de poids corporel et par jour. Au regard des concentrations retrouvées dans les poissons du Léman, cette dose pourrait être atteinte par la consommation d'environ 100g de filet de perches qui est pourtant l'espèce la moins contaminée parmi celles testées.

L'évolution des connaissances scientifiques sur les PBDE conduira probablement à une réglementation européenne. En attendant cette prise de position des autorités sanitaires, l'interprétation des résultats est délicate. Toutefois, on peut déjà se réjouir que lors de la conférence des Parties à la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants qui a eu lieu à Genève en mai 2009, les tétrabromodiphényléther et pentabromodiphényléther ont été rajoutés à l'annexe A des substances interdites.

4.3 Perfluorooctane sulfonate (PFOS)

Le perfluorooctane sulfonate (PFOS) est le représentant principal de la famille des composés perfluorés. De nombreux autres composés existent et sont caractérisés par la longueur de la chaîne carbonée et par le groupement fonctionnel en fin de chaîne. On distingue deux groupes principaux qui sont les sulfonates et les acides dont les structures de base sont indiquées ci-dessous. Les abréviations employées commencent par PF pour perfluorés suivies de l'abréviation de la longueur de la chaîne (P pour penta, Hx pour hexa, O pour octa etc...) puis finalement S ou A en fonction du groupement fonctionnel.

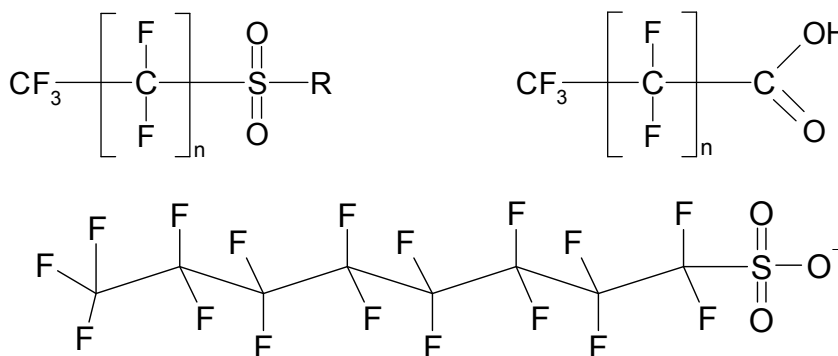


Figure 8 : Structure chimique des perfluoroalkyle sulfonates, d'acide perfluoroalkyle et du PFOS.

Figure 8 : Chemical structure of perfluoroalkyle sulfonates, perfluoroalkyle acid and PFOS.

Le PFOS et ses précurseurs servent principalement dans les produits hydrofuges, anti-taches et imperméables aux graisses qui sont appliqués sur le papier, les moquettes, les tissus et les emballages alimentaires, de même que dans certaines applications chimiques spécialisées, comme les mousses extinctrices, les fluides hydrauliques ou comme agents tensio-actifs. La plupart des perfluoroalkyl sulfonates est susceptible de se dégrader en PFOS dans l'environnement. Le PFOS est une substance très persistante dans l'environnement (demi-vie estimée à 41 ans) et se bioaccumule facilement dans certains organismes.

Le but de cette étude visait à évaluer l'éventuelle contamination des poissons du Léman par les composés perfluorés. Le PFOS et les autres principaux perfluorés ont été analysés dans la chair de 19 poissons. Les résultats (voir Tableau 4) montrent une contamination des poissons allant de 8 à 95 µg/kg. Dans tous les cas, le PFOS est le composé majoritaire et représente plus de 95 % de la contamination totale. Contrairement aux PCB, PCDD/F et PBDE qui se bioaccumulent dans les graisses, aucune corrélation ne peut être faite entre la contamination en PFOS et la taille, le poids ou le pourcentage de matière grasse.

L'espèce n'est pas non plus un critère significatif puisque l'on constate que toutes les espèces sont concernées et qu'à l'intérieur d'une même espèce, il y a une très grande dispersion des résultats.

Ces résultats préliminaires montrent que la problématique des perfluorés est importante dans le lac Léman. A l'heure actuelle, il n'existe pas de valeurs maximales autorisées. Les données à disposition des scientifiques ne sont pas encore suffisamment complètes pour procéder à une évaluation exhaustive des risques. En l'état des connaissances actuelles, les autorités européennes de sécurité des aliments (EFSA) ont établi une dose journalière tolérable (DJT) à 150 et 1500 ng par kg de poids corporel et par jour pour le PFOS et PFOA respectivement (EFSA 2008). Par exemple, cette DJT correspond à 10 µg de PFOS par jour pour un adulte 70 kg ce qui correspond environ à la consommation de 200g de poisson si l'on tient compte de la contamination moyenne mesurée.

4.4 Phtalates

Les phtalates sont couramment utilisés comme plastifiants des matières plastiques pour les rendre plus souples. Relativement biodégradables, les phtalates peuvent toutefois se retrouver en concentration importante dans les sédiments. Ils sont utilisés très fréquemment et sont aujourd'hui des contaminants majeurs ubiquistes (environnement, alimentations, matériaux, etc.). Les résultats de l'année précédente (EDDER et al. 2008) ont montré la présence dans les eaux du Léman de dibutyl phtalate (DBP) et le bis(2-ethylhexyl)phtalate (DEHP) entre 700 et 1000 ng/L. Dans les sédiments, les concentrations maximales mesurées dans la matière sèche étaient de 500 et 13'000 µg/kg pour le DBP et DEHP respectivement.

Au vu des concentrations relativement élevées dans l'eau et les sédiments par rapport à d'autres micropolluants organiques, une évaluation de la contamination des poissons était nécessaire pour détecter une éventuelle bioaccumulation dans les organismes.

Les 5 ombles chevaliers de la première série ont donné des résultats identiques pour les 5 spécimens, montrant l'absence (considérant le seuil de quantification de 0.5 mg/kg) pour les 6 phtalates recherchés dans les poissons (Benzyl buthyl phtalate, Di buthyl phtalate Di ethyl phtalate, Di methyl phtalate, Di octyl phatale, Bis 2 ethylhexyl phtalate). Ces résultats sont tout à fait satisfaisants et rassurants par rapport à la dose journalière admissible (DJA) de 1'500 et de 48 µg·kg⁻¹·j⁻¹ pour le DBP et DEHP.

4.5 Mercure (Hg)

Le mercure fait depuis longtemps l'objet d'un suivi dans les poissons du Léman et il était donc intéressant de le rechercher pour avoir un point de comparaison avec le passé. Les teneurs mesurées en mercure dans les poissons de la première série étaient comprises entre 20 et 80 µg/kg (Tableau 5). Les valeurs moyennes étaient de 48, 38 et 28 µg/kg pour les ombles chevaliers, les perches et les corégones respectivement. L'ordre de grandeur des concentrations en mercure est stable et correspond aux résultats des années précédentes (CORVI et al., 2001, 2005). A une exception près, les résultats se situent en dessous de 50 µg/kg, ce qui est largement en dessous de la teneur maximale autorisée de 500 µg/kg.

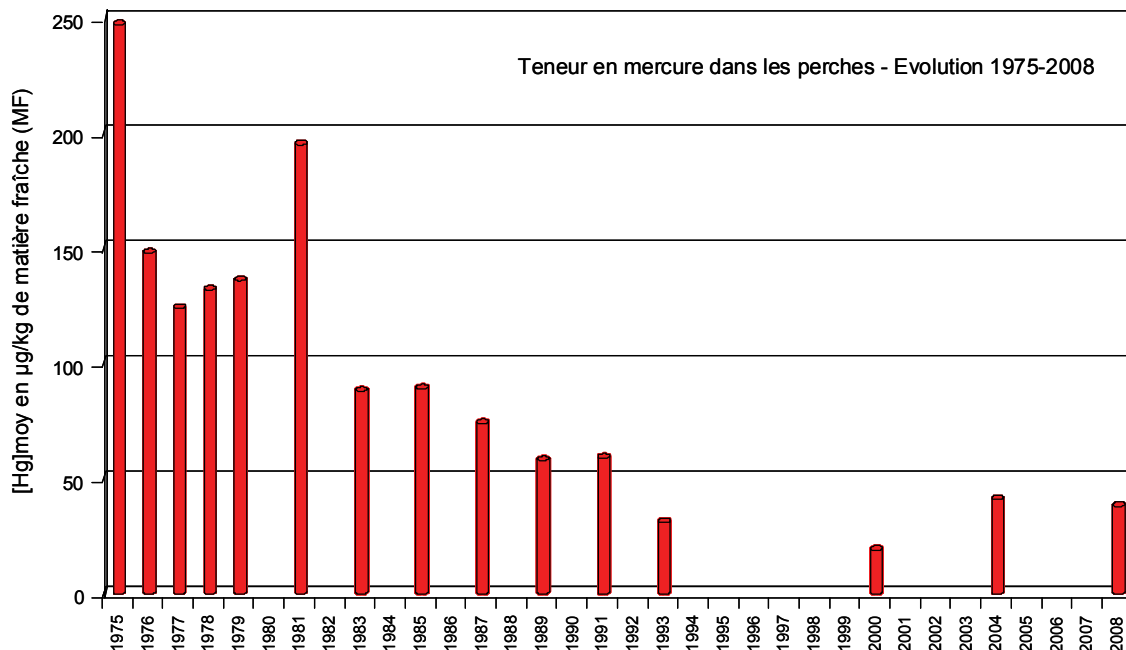


Figure 9 : Evolution de la teneur en mercure dans les perches du Léman de 1975 à 2008.

Figure 9 : Mercury levels in European perch from 1975 to 2008.

4.6 Pesticides organochlorés (OCP)

Une analyse de dépistage des pesticides organochlorés a été effectuée sur les poissons de la première série. Seul le pp'DDE, métabolite du DDT, a pu être mis en évidence (Tableau 5). En 2004, les analyses montraient une excellente corrélation entre les teneurs de DDE et celles des PCB. Cela se confirme, puisque les ombles chevaliers sont à nouveau les plus contaminés avec des valeurs allant jusqu'à 14 µg/kg. Les PCB, les PBDE et le DDE possèdent les mêmes caractéristiques physico-chimiques (longue durée de vie et lipophilicité) et par conséquent se concentrent logiquement dans les mêmes organismes. La valeur limite pour le pp'DDE définie dans la législation suisse de 1'000 µg/kg, est loin d'être atteinte. Le dosage du DDE dans les poissons du lac Léman peut donc être un indicateur assez simple pour évaluer le niveau de contamination en polluant organique persistant tel que les PCB ou PBDE.

5. CONCLUSIONS

Les teneurs mesurées en mercure, phtalates et pesticides organochlorés de la chair des poissons du Léman lors de cette campagne demeurent basses et bien inférieures aux exigences requises pour les denrées alimentaires.

Jusqu'en 2004, la CIPEL mesurait les teneurs en PCB totaux. Pour la première fois, les mesures spécifiques des PCB de type dioxine et PCB indicateurs ont été réalisées. Les teneurs mesurées sont plus élevées pour les ombles chevaliers que pour les perches, les lottes, les truites, les corégones et les écrevisses. Cette nouvelle approche méthodologique et l'évaluation des résultats en équivalent dioxine ont conduit les autorités suisse et française à interdire la commercialisation des ombles chevaliers de plus de 39 cm. Il ne semble pas y avoir de baisse significative de ces polluants par rapport aux dernières mesures de 2004.

Les analyses de retardateurs de flammes polybromés (PBDE) réalisées pour la première fois ont également montré des niveaux de contamination importants. Ces substances se comportent en fait de manière très similaire aux PCB et s'accumulent facilement dans les graisses animales. Le manque de données scientifiques et l'absence de réglementation rendent difficile l'interprétation de ces résultats. La CIPEL attend que les autorités suisses et européenne prennent des mesures par la mise en place d'une réglementation.

L'évaluation des résultats d'analyses pour les composés perfluorés est tout aussi problématique. Aucune réglementation ne permet d'interpréter correctement les résultats. Cependant, les autorités européennes de sécurité des aliments (EFSA) ont tout de même établi une dose journalière tolérable sur la base des données toxicologiques. Cette DJT pourrait être atteinte par la consommation d'environ 200g de poissons si l'on tient compte de la contamination moyenne mesurée. La problématique du PFOS est donc importante et devra être suivie de près d'autant plus que la contamination semble aléatoire et indépendante de l'espèce, la taille ou encore le pourcentage de matière grasse.

BIBLIOGRAPHIE

- AFSSA (2002) : Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur l'existence éventuelle d'une corrélation significative entre les teneurs dans différents congénères de PCB. Afssa – Saisine n° 2002-SA-0149, 8 p.
- AFSSA (2005) : Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation des risques liés à la présence de retardateurs de flamme bromés dans les aliments. Afssa - Saisine n° 2005-SA-0090, 31 p.
- BAKKER, M., de WINTER-SORKINA, R., de MUL, A., BOON, P.E., van DONKERSGOED, G., van KLAVEREN, J.D., BAUMANN, B.A., HIJMAN, W.C., van LEEUWEN, S.P., de BOER, J., and ZEILMAKER, M.J. (2008) : Dietary intake and risk evaluation of polybrominated diphenyl ethers in The Netherlands. Mol. Nutr. Food Res., 52(2), 204-216,
- 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.
- CORVI, C., ZIMMERLI, P., ORTELLI, D., KHIM-HEANG, S. et BECKER VAN SLOOTEN, K. (2005) : Métaux et micropolluants organiques dans les eaux, les moules et les poissons du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004, 55-78.
- EDDER, P., ORTELLI, D., KLEIN, A. et RAMSEIER, S. (2008) : Métaux et micropolluants organiques dans les eaux et sédiments du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2007, 57-84.
- EFSA (2008) : Le sulfonate de perfluorooctane (SPFO), l'acide perfluorooctanoïque (APFO) et leurs sels - Avis du groupe scientifique sur les contaminants de la chaîne alimentaire. Autorité européenne de sécurité des aliments, Documents scientifiques, Question n°: EFSA-Q-2004-163, Adopté: 21.02.2008
http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753816_1211902012410.htm

RIVM (2006) : Brominated flame retardants: occurrence, dietary intake and risk assessment. Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) report 320100002/2006, de WINTER-SORKINA, R., BAKKER, M.I., WOLTERINK, G., ZEILMAKER, M.J., 85 p. - <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/320100002.html>

SANTÉ CANADA (2004) - Polybromodiphényléthers (PBDE)[congénères tetra-, penta-, hexa-, hepta-, octa-, nona- et déca-]. Rapport sur l'état des connaissances scientifiques sous-jacentes à une évaluation préalable des effets sur la santé, 9 décembre 2004, 32 p.

ZENNEG, M., KOHLER, M., GERECKE, A. C., SCHMID, P. (2003) : Polybrominated diphenyl ethers in whitefish from Swiss lakes and farmed rainbow trout. Chemosphere, 51, 545-553.

Tableau 1 : Polychlorobiphényles (PCB) et dioxines-furanes (PCDD/F) dans les poissons et écrevisses du Léman.
 Table 1 : Polychlorinated biphenyls (PCBs) and dioxins-furans (PCDD/F) in the fish and crayfish from Lake Geneva.

Espèce	Taille (cm)	Poids (g)	Zone	% MG	OMS-TEQ PCDD/F poids frais (pg/g)	OMS-TEQ PCB DL poids frais (pg/g)	TOTAL-TEQ (PCDD/F + PCB DL) poids frais (pg/g)	Somme PCB Indicateurs poids frais (ng/g)
Corégone	37.5	443	C	2.36	0.14 ± 0.025	0.83 ± 0.17	0.97 ± 0.20	12.6 ± 2.87
Corégone	44.0	580	C	4.42	0.26 ± 0.046	1.89 ± 0.39	2.15 ± 0.44	29.0 ± 6.57
Corégone	40.0	440	C	2.13	0.15 ± 0.027	1.16 ± 0.24	1.31 ± 0.27	18.8 ± 4.26
Corégone	38.0	410	C	2.14	0.10 ± 0.017	0.58 ± 0.12	0.68 ± 0.60	10.6 ± 2.41
Corégone	37.0	420	C	4.51	0.16 ± 0.028	0.90 ± 0.18	1.06 ± 0.21	14.8 ± 3.37
Corégone	41.0	556	D - GE	1.48	0.19 ± 0.034	1.30 ± 0.27	1.49 ± 0.30	21.3 ± 1.84
Corégone	45.0	885	A	8.20	0.20 ± 0.036	1.48 ± 0.30	1.68 ± 0.34	22.8 ± 5.13
Corégone	38.0	491	A	4.65	0.17 ± 0.030	1.21 ± 0.25	1.38 ± 0.28	16.2 ± 3.64
Corégone	40.0	527	A	5.27	0.20 ± 0.036	1.62 ± 0.33	1.82 ± 0.37	23.2 ± 5.22
Corégone	43.0	745	A	8.42	0.27 ± 0.048	2.24 ± 0.46	2.51 ± 0.51	33.3 ± 7.49
Corégone	42.0	715	A	5.95	0.17 ± 0.030	1.13 ± 0.23	1.30 ± 0.26	18.0 ± 4.05
Corégone	41.0	597	A	8.22	0.27 ± 0.048	1.85 ± 0.38	2.12 ± 0.43	26.8 ± 6.03
Corégone	35.5	349	D - VD	1.41	0.17 ± 0.030	1.39 ± 0.28	1.55 ± 0.32	17.3 ± 3.89
Corégone	38.5	396	D - VD	0.76	0.14 ± 0.025	1.00 ± 0.20	1.14 ± 0.23	12.6 ± 2.84
Corégone	38.5	409	D - VD	1.88	0.27 ± 0.048	1.76 ± 0.36	2.04 ± 0.42	23.3 ± 5.24
Corégone	52.0	1'024	D - GE	1.85	0.17 ± 0.030	1.11 ± 0.23	1.27 ± 0.26	14.6 ± 3.28
Ecrevisses américaines	9 à 11.5	tot : 1'255	C - D	0.76	0.03 ± 0.006	0.30 ± 0.06	0.33 ± 0.07	2.0 ± 0.46
Ecrevisses américaines	7.5 à 11	tot : 804	D - VD	0.37	0.05 ± 0.008	0.31 ± 0.06	0.36 ± 0.07	1.5 ± 0.35
Ecrevisses signal	9 à 14	tot : 1'825	C - D	0.66	0.04 ± 0.006	0.09 ± 0.02	0.13 ± 0.03	0.6 ± 0.14
Ecrevisses signal	10 à 13	tot : 794	C - D	0.68	0.05 ± 0.008	0.16 ± 0.16	0.21 ± 0.04	1.0 ± 0.22
Ecrevisses signal	9.5 à 11.5	tot : 1'702	A	0.56	0.03 ± 0.005	0.08 ± 0.02	0.12 ± 0.03	0.5 ± 0.12
Ecrevisses signal	9.5 à 11.5	tot : 1'865	A	0.84	0.03 ± 0.005	0.07 ± 0.01	0.10 ± 0.02	0.5 ± 0.12
Ecrevisses signal	9 à 11	tot : 1'762	A	0.67	0.02 ± 0.004	0.05 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.3 ± 0.07
Ecrevisses signal	9.5 à 13	tot : 474	D - VD	0.88	0.05 ± 0.008	0.18 ± 0.04	0.23 ± 0.05	0.9 ± 0.21
Ecrevisses signal	11 à 14	tot : 1'967	C - D	0.81	0.04 ± 0.007	0.15 ± 0.03	0.19 ± 0.16	0.9 ± 0.21
Truite	36.0	387	C	0.93	0.09 ± 0.015	2.67 ± 0.55	2.76 ± 0.57	45.0 ± 10.20
Truite	42.0	595	A	1.16	0.13 ± 0.023	2.00 ± 0.41	2.13 ± 0.44	24.5 ± 5.51
Truite	38.0	464	D - VD	0.50	0.06 ± 0.011	1.29 ± 0.26	1.35 ± 0.28	17.9 ± 4.03

Tableau 1 : (suite).
Table 1 : (continued).

Espèce	Taille (cm)	Poids (g)	Zone	% MG	OMS-TEQ PCDD/F poids frais (pg/g)	OMS-TEQ PCB DL poids frais (pg/g)	TOTAL-TEQ (PCDD/F + PCB DL) poids frais (pg/g)	Somme PCB Indicateurs poids frais (ng/g)
Brochet	67.0	2'245	A	0.98	0.07 ± 0.013	0.63 ± 0.13	0.70 ± 0.14	8.5 ± 1.92
Brochet	58.0	1'410	A	1.11	0.15 ± 0.025	1.20 ± 0.24	1.35 ± 0.27	16.4 ± 3.73
Brochet	58.0	1'525	A	0.75	0.08 ± 0.015	0.74 ± 0.15	0.83 ± 0.17	9.6 ± 2.18
Brochet	118.0	9'100	D - GE	0.72	0.47 ± 0.08	5.20 ± 1.06	5.67 ± 1.14	43.4 ± 9.84
Brochet	55.0	1'070	D - VD	0.72	0.08 ± 0.015	0.95 ± 0.19	1.03 ± 0.21	9.9 ± 2.24
Brochet	76.5	3'500	D - VD	0.74	0.13 ± 0.022	1.21 ± 0.25	1.34 ± 0.27	11.3 ± 2.56
Brochet	84.0	3'220	D - VD	0.88	0.22 ± 0.038	2.83 ± 0.58	3.05 ± 0.62	29.6 ± 6.71
Brochet	68.0	2'300	D - VD	1.59	0.21 ± 0.036	2.03 ± 0.42	2.24 ± 0.46	18.5 ± 4.19
Brochet	58.0	1'500	C	0.69	0.08 ± 0.015	0.60 ± 0.12	0.68 ± 0.14	6.8 ± 1.54
Brochet	59.0	1'400	C	0.89	0.13 ± 0.023	1.10 ± 0.22	1.23 ± 0.24	14.0 ± 3.18
Brochet	68.0	2'100	C	1.09	0.16 ± 0.029	1.84 ± 0.38	2.00 ± 0.41	17.8 ± 4.03
Brochet	63.0	2'113	A	0.23	0.06 ± 0.011	0.48 ± 0.10	0.54 ± 0.11	5.0 ± 1.12
Brochet	58.0	1'426	A	0.67	0.10 ± 0.018	1.19 ± 0.24	1.30 ± 0.27	12.9 ± 2.90
Omble chevalier	33.5	301	D - VD	3.87	0.43 ± 0.075	5.09 ± 1.04	5.52 ± 1.12	60.4 ± 13.72
Omble chevalier	36.0	393	D - VD	7.62	1.03 ± 0.179	7.53 ± 1.54	8.55 ± 1.72	76.6 ± 17.38
Omble chevalier	35.0	408	D - VD	3.75	0.68 ± 0.118	5.35 ± 1.09	6.03 ± 1.21	56.0 ± 12.69
Omble chevalier	28.0	172	D - VD	3.91	0.86 ± 0.149	6.95 ± 1.42	7.81 ± 1.57	75.6 ± 17.16
Omble chevalier	33.0	252	C - D	2.73	0.37 ± 0.065	3.83 ± 0.78	4.20 ± 0.85	52.3 ± 11.87
Omble chevalier	28.5	167	D - VD	2.08	0.23 ± 0.041	2.44 ± 0.50	2.67 ± 0.54	29.8 ± 6.76
Omble chevalier	40.5	585	A	4.19	0.51 ± 0.088	5.14 ± 1.05	5.65 ± 1.14	57.4 ± 13.02
Omble chevalier	49.0	1'160	A	6.51	1.01 ± 0.180	11.72 ± 2.40	12.73 ± 2.58	144.5 ± 35.3
Omble chevalier	48.0	1'057	A	11.43	0.82 ± 0.146	8.13 ± 1.66	8.95 ± 1.80	104.8 ± 23.8
Omble chevalier	30.0	237	A	4.59	0.73 ± 0.130	5.17 ± 1.06	5.90 ± 1.21	54.1 ± 12.17
Omble chevalier	34.0	342	A	4.56	0.95 ± 0.169	6.13 ± 1.25	7.08 ± 1.45	60.0 ± 13.50
Omble chevalier	34.0	460	A	4.95	0.96 ± 0.171	5.77 ± 1.18	6.73 ± 1.38	51.4 ± 11.56
Omble chevalier	40.0	541	B	6.44	0.61 ± 0.109	5.62 ± 1.15	6.23 ± 1.26	97.1 ± 21.85
Omble chevalier	31.0	223	B	4.76	0.22 ± 0.039	2.24 ± 0.46	2.46 ± 0.50	32.8 ± 7.45
Omble chevalier	30.0	233	B	4.31	0.37 ± 0.064	3.43 ± 0.70	3.80 ± 0.76	49.0 ± 11.12
Omble chevalier	44.0	750	B	4.11	0.64 ± 0.114	6.10 ± 1.25	6.74 ± 1.36	95.9 ± 21.58
Omble chevalier	44.0	641	B	8.41	0.89 ± 0.159	7.75 ± 1.58	8.64 ± 1.73	121.6 ± 27.36
Omble chevalier	34.0	310	C	1.46	0.20 ± 0.035	2.56 ± 0.52	2.76 ± 0.56	34.4 ± 7.80
Omble chevalier	28.0	180	C	5.05	0.62 ± 0.108	5.17 ± 1.06	5.79 ± 1.17	51.4 ± 11.65
Omble chevalier	31.0	280	C	8.74	1.03 ± 0.179	6.86 ± 1.40	7.89 ± 1.58	83.1 ± 18.86
Omble chevalier	29.0	180	C	6.40	0.85 ± 0.148	4.86 ± 0.99	5.71 ± 1.14	60.9 ± 13.82
Omble chevalier	30.0	200	C	4.55	0.63 ± 0.109	4.45 ± 0.91	5.08 ± 1.02	59.1 ± 13.41

Tableau 1 : (suite).

Table 1 : (continued).

Espèce	Taille (cm)	Poids (g)	Zone	% MG	OMS-TEQ PCDD/F poids frais (pg/g)	OMS-TEQ PCB DL poids frais (pg/g)	TOTAL-TEQ (PCDD/F + PCB DL) poids frais (pg/g)	Somme PCB Indicateurs poids frais (ng/g)
Perches	16.5 à 21	47 à 105	A	1.26	0.08 ± 0.014	0.61 ± 0.12	0.69 ± 0.13	6.6 ± 1.48
Perches	15.5 à 18	37 à 50	A	1.18	0.05 ± 0.089	0.53 ± 0.11	0.59 ± 0.12	5.8 ± 1.30
Perches	15.5 à 17.5	43 à 60	A	0.95	0.06 ± 0.011	0.46 ± 0.09	0.52 ± 0.10	5.5 ± 1.24
Perches	16 à 18	moy. 48 (tot 864)	A	1.01	0.06 ± 0.011	0.56 ± 0.11	0.63 ± 0.12	6.3 ± 1.42
Perches	16 à 17	moy. 45 (tot 952)	A	0.93	0.06 ± 0.011	0.52 ± 0.11	0.58 ± 0.12	6.0 ± 1.35
Perches	16 à 20	42 à 89	C - D	0.71	0.09 ± 0.016	0.86 ± 0.18	0.95 ± 0.19	8.8 ± 1.98
Perches	16.5 à 18.5	44 à 69	C	0.25	0.03 ± 0.005	0.37 ± 0.08	0.40 ± 0.08	3.6 ± 0.81
Perches	16.5 à 18.5	44 à 79	C	0.64	0.09 ± 0.016	1.11 ± 0.22	1.20 ± 0.25	12.7 ± 2.86
Lotte	38.0	404	A	1.74	0.12 ± 0.021	1.09 ± 0.22	1.21 ± 0.24	12.3 ± 2.77
Lottes	21.5 à 25.5	74 à 97	A	0.98	0.13 ± 0.023	0.68 ± 0.14	0.81 ± 0.16	9.2 ± 2.07
Lottes	21 à 23	62 à 75	A	0.51	0.06 ± 0.011	0.32 ± 0.06	0.39 ± 0.07	4.6 ± 1.04

Tableau 2 : Teneurs moyennes en Hg, PCB¹ et DDE dans les lottes, ombles chevaliers, perches et corégones du Léman - Période 1975 - 2008.
 Table 2 : Mean levels in Hg, PCB and DDE in Burbot, Arctic Charr, Perch and Whitefish (Lake Geneva - 1975-2008).

Année	Lottes				Ombles chevaliers				Perches				Corégones			
	Nombre de poissons	[Hg]moy µg/kg MF	[PCB] ¹ moy µg/kg MF	pp'DDE µg/kg MF	Nombre de poissons	[Hg]moy µg/kg MF	[PCB] ¹ moy µg/kg MF	pp'DDE µg/kg MF	Nombre de poissons	[Hg]moy µg/kg MF	[PCB] ¹ moy µg/kg MF	pp'DDE µg/kg MF	Nombre de poissons	[Hg]moy µg/kg MF	[PCB] ¹ moy µg/kg MF	pp'DDE µg/kg MF
2007-08	17	***	8.7	***	22	48	69	10.3	127	38	6.9	< 1.0	15	28	20	2.5
2004	35	68	(17)	1.1	30	57	(221)		36	41	(16)	1.7	30	31	(45)	3.8
2000	30	50	(17)	1.1	10	39	(234)	25.0	47	19	(13)	1.4	-	-	-	-
1997	32	81	(16)	1.5	40	54	(193)	23.9	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	80	54	(273)	38.4	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	40	85	(27)	1.3	30	64	(328)	28.1	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	36	84	(28)		26	66	(319)		32	31	(21)		-	-	-	-
1991	17	78	(30)	3.2	-	-			62	59	(30)	2.0	-	-	-	-
1989	79	149	(78) (n=34)		-	-			130	58	(39) (n=70)		-	-	-	-
1987	85	126	(207) (n=45)		-	-			159	74	(26) (n=80)		-	-	-	-
1985	138	143			-	-			194	89	(52) (n=21)		-	-	-	-
1984	4	***	(116)		-	-			21	***	(60)		-	-	-	-
1983	59	183	***		-	-			117	88	***		-	-	-	-
1981	82	225	(98) (n=17)		-	-			60	195	(175) (n=28)		-	-	-	-
1979	11		(137)		-	-			276	136	(161) (n=28)		-	-	-	-
1978	140	254	(411) (n=13)		-	-			235	132	***		-	-	-	-
1977	78	263	***		-	-			163	124	***		-	-	-	-
1976	83	235	***		-	-			172	148	(235) (n=11)		-	-	-	-
1975	88	397	***		-	-			93	247	(147) (n=24)		-	-	-	-

¹ Attention: Pour les PCB jusqu'en 2004 (PCB totaux ancienne méthode), valeurs 2007 = PCB indicateurs

- Pas de prélèvement

*** Non dosé

MF : Matière fraîche - filet

(n=xx) : Nombre de poissons analysés pour ce paramètre

Tableau 3 : Polybromodiphényléthers (PBDE) dans les poissons du Léman.
 Table 3 : Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in fish from Lake Geneva.

Espèce	Taille (cm)	Poids (g)	% MG	(ng/g de poids frais)								Somme PBDE Indicateurs
				PBDE 28	PBDE 47	PBDE 99	PBDE 100	PBDE 153	PBDE 154	PBDE 183		
Corégone	43	745	8.42	0.08	1.40	0.98	0.21	0.05	0.07	< 0.01	2.81	
Corégone	41	597	8.22	0.08	1.33	0.75	0.10	0.03	0.05	< 0.01	2.34	
Corégone	40	527	5.27	0.07	1.33	0.69	0.15	0.03	0.04	< 0.01	2.32	
Corégone	45	885	8.20	0.05	0.88	0.55	0.14	0.02	0.03	< 0.01	1.69	
Corégone	42	715	5.95	0.05	0.86	0.43	0.10	0.02	0.03	< 0.01	1.50	
Corégone	38	491	4.65	0.05	0.77	0.40	0.12	0.02	0.03	< 0.01	1.47	
Ombles chevalier	49	1'160	6.51	0.29	7.21	3.45	1.32	0.35	0.49	0.01	13.13	
Ombles chevalier	44	641	8.41	0.30	6.10	1.51	0.93	0.14	0.32	0.01	9.31	
Ombles chevalier	48	1'057	11.43	0.34	6.43	0.68	0.71	0.11	0.25	< 0.01	8.53	
Ombles chevalier	40	541	6.44	0.20	4.74	1.32	0.69	0.13	0.19	0.02	7.29	
Ombles chevalier	44	750	4.11	0.24	4.81	0.79	0.78	0.13	0.23	0.01	7.00	
Perches	16 à 17	moy. 45 (tot 952)	0.93	0.01	0.35	0.27	0.05	0.01	0.02	< 0.01	0.73	
Perches	16 à 18	moy. 48 (tot 864)	1.01	0.02	0.33	0.21	0.05	0.02	0.02	< 0.01	0.64	
Perches	16.5 à 21	47 à 105	1.26	0.01	0.35	0.17	0.06	0.01	0.02	< 0.01	0.62	
Perches	15.5 à 18	37 à 60	1.18	0.02	0.33	0.19	0.05	0.01	0.01	< 0.01	0.61	
Perches	15.5 à 17.5	43 à 60	0.95	0.01	0.30	0.17	0.04	0.01	0.01	< 0.01	0.55	
Lottes	38	404	1.74	0.04	0.75	0.54	0.11	0.03	0.03	< 0.01	1.50	
Lottes	21.5 à 25.5	74 à 97	0.98	0.01	0.36	0.27	0.06	0.02	0.01	< 0.01	0.74	
Lottes	21 à 23	62 à 75	0.51	0.01	0.13	0.09	0.02	0.01	0.01	< 0.01	0.27	

Tableau 4 : Perfluorooctane sulfonate (PFOS) dans les poissons du Léman.
 Table 4 : Perfluorooctane sulfonate (PFOS) in fish from Lake Geneva.

Espèce	Taille (cm)	Poids (g)	% MG	en µg/kg de poids frais																
				PFBS	PFHxS	PFHpS	PFOS	PFDS	PFOSA	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTrDA	PFTeDA
Corégone	43	745	8.42	< 0.1	< 0.1	< 0.2	41.11	< 0.1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.67	0.25	< 0.2	< 0.15	< 1.0
Corégone	41	597	8.22	< 0.1	< 0.1	< 0.2	57.17	< 0.1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.66	0.28	< 0.2	< 0.15	< 1.0
Corégone	40	527	5.27	< 0.1	< 0.1	< 0.2	64.25	0.53	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.50	0.31	< 0.2	0.21	< 1.0
Corégone	45	885	8.20	< 0.1	< 0.1	< 0.2	74.35	< 0.1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.44	0.24	< 0.2	< 0.15	< 1.0
Corégone	42	715	5.95	< 0.1	< 0.1	< 0.2	28.64	0.36	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.48	0.21	< 0.2	< 0.15	< 1.0
Corégone	38	491	4.65	< 0.1	< 0.1	< 0.2	64.22	0.44	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.70	0.31	< 0.2	0.19	< 1.0
Ombles chevalier	49	1'160	6.51	< 0.1	< 0.1	< 0.2	10.01	< 0.1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	< 0.15	< 0.1	< 0.2	< 0.15	< 1.0
Ombles chevalier	44	641	8.41	< 0.1	< 0.1	< 0.2	17.27	< 0.1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	< 0.15	< 0.1	< 0.2	< 0.15	< 1.0
Ombles chevalier	48	1'057	11.43	< 0.1	< 0.1	< 0.2	93.84	< 0.1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.18	0.25	0.31	0.22	< 1.0
Ombles chevalier	40	541	6.44	< 0.1	< 0.1	< 0.2	48.69	< 0.1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	< 0.15	0.21	< 0.2	< 0.15	< 1.0
Ombles chevalier	44	750	4.11	< 0.1	< 0.1	< 0.2	30.80	< 0.1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	< 0.15	0.11	< 0.2	< 0.15	< 1.0
Perches	16 à 17	moy. 45 (tot 952)	0.93	< 0.1	< 0.1	< 0.2	50.20	0.21	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.25	0.29	0.33	0.17	< 1.0
Perches	16 à 18	moy. 48 (tot 864)	1.01	< 0.1	< 0.1	< 0.2	50.37	0.20	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.21	0.34	0.47	0.20	< 1.0
Perches	16.5 à 21	47 à 105	1.26	< 0.1	< 0.1	< 0.2	43.01	0.31	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.24	0.34	0.55	0.19	< 1.0
Perches	15.5 à 18	37 à 50	1.18	< 0.1	< 0.1	< 0.2	42.78	0.30	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.18	0.28	0.34	0.16	< 1.0
Perches	15.5 à 17.5	43 à 60	0.95	< 0.1	< 0.1	< 0.2	48.90	0.28	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.18	0.26	0.32	0.17	< 1.0
Loites	38	404	1.74	< 0.1	0.21	< 0.2	20.28	< 0.1	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	< 0.15	0.17	0.26	0.16	< 1.0
Loites	21.5 à 25.5	74 à 97	0.98	< 0.1	0.28	< 0.2	7.23	0.27	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.24	0.14	0.26	0.18	< 1.0
Loites	21 à 23	62 à 75	0.51	< 0.1	0.32	< 0.2	9.11	0.20	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 0.5	0.26	0.17	0.39	0.19	< 1.0

Tableau 5 : Mercure et pp'DDE (Hg et DDE) dans les poissons du Léman.

Table 5 : Mercury and pp'DDE (Hg et DDE) fish from Lake Geneva.

Espèce	Taille (cm)	Poids (g)	% MG	Mercure (µg/kg de poids frais)	pp'DDE (µg/kg de poids frais)
Corégone	41	597	8.22	20 ± 10	3.0 ± 0.6
Corégone	43	745	8.42	40 ± 10	2.8 ± 0.6
Corégone	40	527	5.27	30 ± 10	2.7 ± 0.5
Corégone	42	715	5.95	30 ± 10	2.4 ± 0.5
Corégone	45	885	8.20	20 ± 10	1.7 ± 0.3
Ombre chevalier	49	1'160	6.51	80 ± 10	14.0 ± 2.8
Ombre chevalier	48	1'057	11.43	30 ± 10	11.9 ± 2.4
Ombre chevalier	44	750	4.11	50 ± 10	11.6 ± 2.3
Ombre chevalier	44	641	8.41	40 ± 10	7.6 ± 1.5
Ombre chevalier	38	438	-	40 ± 10	6.4 ± 1.3
Perches	16.5 à 21	47 à 105	1.26	40 ± 10	< 1.0 ± 0.2
Perches	15.5 à 18	37 à 50	1.18	40 ± 10	< 1.0 ± 0.2
Perches	16 à 18	moy. 48 (tot 864)	1.01	40 ± 10	< 1.0 ± 0.2
Perches	16 à 17	moy. 45 (tot 952)	0.93	40 ± 10	< 1.0 ± 0.2
Perches	15.5 à 17.5	43 à 60	0.95	30 ± 10	< 1.0 ± 0.2