

PCB ET DIOXINES DANS LES TRUITES LACUSTRES DU LÉMAN

PCBS AND DIOXINS IN LAKE GENEVA TROUT

CAMPAGNE 2014

RAPPORT COMPLÉTÉ EN FÉVRIER 2016

PAR

Patrick EDDER

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

Audrey KLEIN

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

AVEC LE SOUTIEN ET LA COLLABORATION DE

Marc BABUT

INSTITUT DE RECHERCHE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES POUR L'ENVIRONNEMENT ET L'AGRICULTURE (IRSTEA)
5 rue de la Doua, CS 70077 – 69626 VILLEURBANNE CEDEX

Stefan BIERI

SERVICE DE LA CONSOMMATION ET DES AFFAIRES VÉTÉRINAIRES (SCAV)
Chemin des Boveresses 155, Boîte postale 68 - 1066 EPALINGES

Brigitte LODS-CROZET

DIRECTION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT (DGE), 155, ch. des Boveresses, CH – 1066 EPALINGES

Jean-Luc LOIZEAU

UNIVERSITÉ DE GENÈVE (UNIGE), Faculté des Sciences, Institut F.-A. Forel, 10 route de Suisse, CP 416 – 1290 VERSOIX

Emmanuel NAFFRECHOUX

UNIVERSITÉ SAVOIE MONT-BLANC, rue du Lac Majeur, Bâtiment Chartreuse 2ème étage - 73370 LE BOURGET DU LAC

Jean-Claude RAYMOND

OFFICE NATIONAL DE L'EAU ET DES MILIEUX AQUATIQUES (ONEMA), 13 quai de rives – 74200 THONON-LES-BAINS

RÉSUMÉ

La campagne d'analyse des PCB dans la chair des poissons du Léman avait montré en 2012 des teneurs élevées dans les 2 truites lacustres analysées durant cette campagne. De nouvelles recherches de PCB ont été effectuées en 2014 sur un échantillon de 20 truites lacustres pour pouvoir disposer d'un plus grand nombre de résultats et permettre aux autorités sanitaires suisses et françaises de prendre les mesures nécessaires.

Parmi les 22 résultats obtenus, les concentrations mesurées dans 9 truites lacustres dépassent les teneurs maximales autorisées pour la somme des dioxines et PCB de type dioxine (PCDD/F + PCB_{DL}). Toutes les truites présentent des teneurs faibles en dioxines (PCDD/F) et inférieures aux teneurs autorisées et 2 truites présentent des teneurs supérieures aux teneurs maximales autorisées pour les PCB indicateurs.

ABSTRACT

The PCB analysis campaign in fish meat of Lake Geneva denoted in 2012 high levels of the pollutant in the two species of lake trout which were analyzed during this campaign. New research on PCBs was carried out in 2014 from a sample of 20 lake trout, in order to obtain a larger amount of results and allow the Swiss and French health authorities to take measures.

Among the 22 obtained results, 9 lake trout exceeded the maximum concentrations authorized for the sum of dioxins and dioxin-like PCBs (PCDD/F + PCB_{DL}). All trouts had low levels of dioxins (PCDD/F) inferior to regulatory limits, and two trout contained higher concentrations than the upper limits authorized for indicator PCBs.

1. INTRODUCTION

Les résultats de la campagne d'analyses de 2012 des micropolluants dans la chair des poissons du Léman (EDDER *et al.* 2013), montraient la présence de teneurs en PCB de type dioxine proches de la limite réglementaire exigée par le règlement UE/1259/2011 pour les 2 échantillons de truite lacustre analysés.

Ces teneurs ont interpellé la CIPEL dans la mesure où cette situation n'avait pas été mise en évidence lors de la campagne de 2008 (ORTELLI *et al.* 2009).

De nouvelles recherches de PCB dans la chair de truites lacustres du Léman ont ainsi été effectuées en 2014 pour pouvoir disposer d'un plus grand nombre de résultats et permettre aux autorités sanitaires suisses et françaises de prendre les mesures nécessaires.

2. ÉCHANTILLONNAGE

Grâce à leurs capacités de nage, les truites lacustres peuvent effectuer des déplacements importants notamment pour se nourrir. Par conséquent, les analyses réalisées sur des truites permettent l'intégration d'une grande échelle d'espace. Considérant les résultats de la campagne 2008 qui n'avaient pas révélé d'influence de la zone de pêche sur la contamination des poissons, toutes les pêches de truites lacustres (*Salmo trutta lacustris*) ont été effectuées dans une même zone géographique, à proximité de l'embouchure de l'Aubonne (canton de Vaud), cours d'eau de bonne qualité chimique et biologique depuis plus de dix ans (source DGE, Protection des eaux) et peu pollué en PCB (CORVI *et al.* 1991).

Rappelons que l'objectif de ces campagnes d'analyses, est de déterminer la conformité d'une espèce à large échelle. Par ailleurs, sachant qu'il faut prélever entre 7 et 9 individus pour avoir 80% de chance de prédire avec moins de 20% d'erreur le nombre d'individus qui dépassent le seuil sur la station (ONEMA, IRSTEA 2012), 20 spécimens capturés en janvier 2014 et 2 en 2012, est un bon compromis entre réalité financière, humaine et représentativité de l'échantillonnage. Leurs tailles variaient entre 33 et 80 cm.

3. MÉTHODOLOGIE

La taille, le poids et le sexe des truites ont été déterminés. Elles ont ensuite été préparées sous forme de filets sans peau, broyés et congelés préalablement avant d'être analysés par le Service de la consommation et des affaires vétérinaires du canton de Vaud.

L'analyse des polychlorobiphényles (PCB), polychlorodibenzodioxines (PCDD) et dibenzofuranes (PCDF) est réalisée selon le protocole analytique décrit dans l'annexe 1 qui repose sur la méthode officielle US EPA DLM02.1.

Après homogénéisation et lyophilisation de environ 200 g de poisson, l'équivalent de 10 g de poisson frais est mélangé à de la terre de diatomée et les substances d'intérêts sont extraites par extraction liquide sous pression à chaud (PLE, Dionex - ASE 350 Accelerated Solvent Extractor). L'extrait reconcentré est purifié sur colonnes silices multicouches alumine/carbone au moyen d'un système automatisé en ligne (PowerPrep, FMS - Automated Solid Phase Extraction). Après reconcentration, l'extrait final est transféré dans un micro-vial pour séparation des congénères par chromatographie gazeuse sur une colonne non-polaire de 60 mètres de long suivie d'une mesure quantitative par spectrométrie de masse à haute résolution (Thermo Scientific - DFS™ Magnetic Sector GC-HRMS)

La quantification est effectuée par dilution isotopique de chaque congénère en utilisant des standards marqués ¹³C qui sont ajoutés à chaque étapes clés (figure 1). Chaque série d'analyses inclut, outre les solutions d'étalonnage encadrant les échantillons réels, un blanc de protocole analytique (extraction et instrumentation) et un échantillon de contrôle (poisson enrichi). De plus un matériau de référence certifié est régulièrement analysé.

L'ajout successif des standards natifs et marqués permet de déterminer les taux de réapparition des étalons internes de quantification et d'avoir des traceurs d'extraction, de récupération et d'injections.

L'incertitude de mesure totale a été déterminée à $\pm 20\%$ sur l'ensemble du domaine de calibration établi (la norme officielle décrit cet intervalle avec les notions de lower bond et upper bond).

Les résultats des PCB indicateurs et de type dioxine sont exprimés selon les exigences du règlement européen UE/1259/2011. Cette dernière fixe une teneur maximale à 6.5 pg TEQ/g (système d'équivalence toxique international) qui correspond également à la norme suisse de l'ordonnance sur les substances étrangères et les composants pour la somme PCDD+PCDF+PCBdl.

Le laboratoire du service de la consommation et des affaires vétérinaires du canton de Vaud participe régulièrement à des tests circulaires pour l'analyse de ces composés et est accrédité selon la norme ISO 17025.

4. RÉSULTATS

Les PCB sont des substances chimiques synthétiques constituant une famille de 209 substances congénères. 12 présentent des caractéristiques toxicologiques comparables à celles de la 2,4,7,8-tétrachlorodibenzodioxine et sont généralement appelés PCB de type dioxine (PCB_{DL}).

Le terme générique « dioxines » est utilisé pour désigner les polychlorodibenzodioxines (PCDD) et les polychlorodibenzofuranes (PCDF), abrégé sous la forme PCDD/F. Il existe 210 dioxines et furanes mais seuls 17 congénères sont reconnus comme toxiques.

Chacun des 17 congénères des PCDD/F et des 12 PCB_{DL} est affecté d'un facteur de toxicité (TEF, Toxic Equivalent Factor) édicté par l'OMS, correspondant à une fraction de la toxicité de la 2,4,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine, congénère le plus toxique. La somme des concentrations des congénères multipliées par leurs TEF respectifs détermine la toxicité globale de l'échantillon, ou quantité équivalente toxique (TEQ). Pour rappel, les PCDD/F et PCB_{DL} sont très toxiques et peuvent provoquer des problèmes au niveau de la procréation, du développement, léser le système immunitaire, interférer avec le système hormonal et causer des cancers. C'est pourquoi ils sont réglementés de manière sévère afin de diminuer autant que possible l'exposition de la population.

Selon la réglementation européenne UE/1259/2011, les teneurs maximales autorisées dans la chair musculaire des poissons à l'état frais sont de 3,5 pg TEQ/g pour la somme des dioxines (PCDD/F) et de 6,5 pg TEQ/g pour la somme PCB_{DL} + PCDD/F. De plus, une norme pour les PCB indicateurs est fixée à 125 ng/g pour les poissons d'eau douce sauvages.

Les résultats des campagnes d'analyses de 2012 et 2014 sont présentés dans le tableau 1.

4.1 DIOXINES ET PCB DE TYPE DIOXINE (PCDD/F + PCB_{DL})

Parmi les 22 résultats obtenus, 9 poissons présentent des valeurs mesurées supérieures à 6.5 pg TEQ/g de poids frais (tableau 1). En tenant compte d'une incertitude de mesure de $\pm 20\%$, 12 poissons peuvent potentiellement dépasser la norme en vigueur. Toutefois, seuls 5 d'entre eux la dépassent de manière certaine (c'est-à-dire quand la valeur mesurée $- 20\%$ reste supérieure à la valeur légale).

La représentation graphique des résultats (figure 1) montre qu'il y a une corrélation nette entre la taille des poissons et leur TEQ ($R^2=0.682$; p -value < 0.0001). Le coefficient de détermination R^2 indique la relation entre les variables, ici la TEQ et la taille ; plus ce coefficient est proche de 1, meilleure est la relation ; la p -value indique la probabilité que cette relation soit valide ; il faut que la p -value soit au minimum ≤ 0.05 . Toutefois, il existe une variabilité naturelle (notamment dans l'alimentation des truites individuelles, qui contrôle leur exposition aux PCB_{DL} et PCDD/F) et une incertitude de mesure analytique qui expliquent qu'il y ait une certaine dispersion par rapport au modèle idéal ($R^2 = 1$, p -value très basse). L'enveloppe symbolisée par les deux barres obliques rouges délimite la zone dans laquelle se situent statistiquement 95% des truites. Il faudrait fixer une taille limite de commercialisation à 32 cm pour avoir l'assurance, avec un facteur de confiance de 95%, qu'aucune truite mise sur le marché ne contient une teneur en PCB_{DL} + PCDD/F supérieure à 6,5 pg TEQ/g. C'est cette approche, très protectrice, qui a été appliquée par l'agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA, 2008) en 2008 aux analyses des ombles chevalier.

Toutefois, en se référant aux préconisations de la Confédération, c'est l'intersection de la droite de régression longueur du poisson / charge moyenne avec une concentration de 6,5 pg TEQ/g qui doit être considérée afin de se conformer au droit suisse (OFEV, OFSP, 2008). En appliquant cette règle, ce sont toutes les truites de taille supérieure à 54 cm qui présentent une forte probabilité d'être contaminées au-delà de la valeur réglementaire de 6.5 pg TEQ/g et qui ne devraient pas être commercialisées. Ceci est particulièrement bien mis en évidence dans la figure 2 qui distingue les résultats en deux sous-populations de truites, celles de moins de 54 cm et celles de plus de 54 cm, comme le préconisent les recommandations de la Confédération visant à limiter l'exposition de la population aux PCB de type dioxine (OFEV, OFSP, 2008). En effet, on observe que pour les truites de plus de 54 cm, 9 poissons sur 10 présentent une valeur mesurée supérieure à 6,5 pg TEQ/g de poids frais. Par conséquent, pour des poissons de cette taille, le commerçant ne pourrait garantir qu'elles ne dépassent pas la valeur légale. Cette approche permet de protéger les consommateurs tout en appliquant des mesures proportionnées pour la pêche professionnelle.

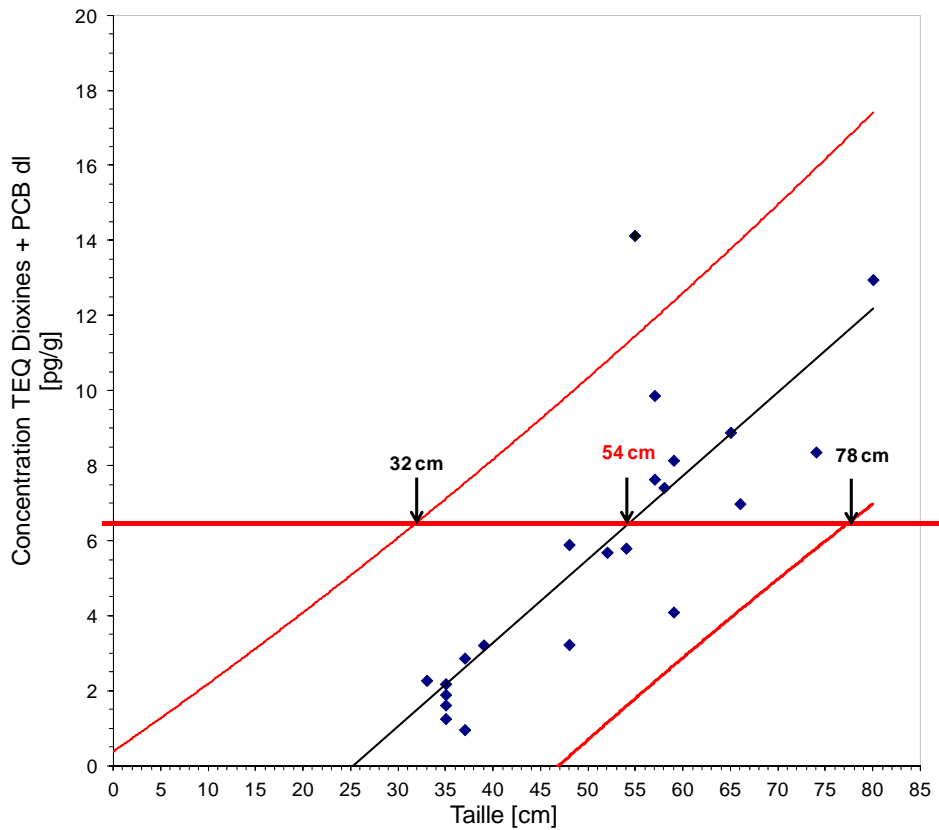


Figure 1 : Résultats en TEQ PCDD/F + PCB_{DL} en fonction de la taille des truites lacustres. La ligne rouge horizontale représente la limite règlementaire (6.5 pg TEQ /g de poids frais). Les deux barres obliques rouges représentent la zone où se retrouve le 95% des résultats.

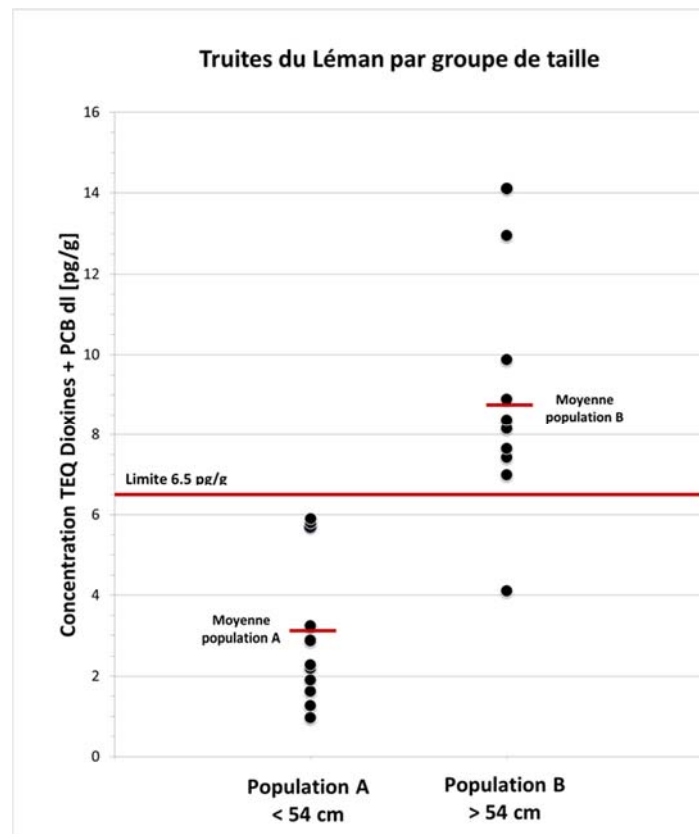


Figure 2 : Résultats en TEQ PCDD/F + PCB_{DL} en fonction de deux populations de taille des truites lacustres.

4.2 DIOXINES ET FURANES (PCDD/F)

Tous les résultats respectent la norme de 3.5 pg/g de poids frais.

4.3 PCB INDICATEURS

Parmi les 22 résultats obtenus, deux poissons présentent des valeurs mesurées supérieures à la norme de 125 ng/g de poids frais (tableau 1). Toutefois, en tenant compte d'une incertitude de mesure de $\pm 20\%$, 4 poissons peuvent potentiellement dépasser la norme en vigueur. A noter que ces 4 échantillons font partie de ceux qui possèdent des teneurs élevées en PCB_{DL} + PCDD/F, ce qui montre une bonne cohérence des résultats.

5. CONCLUSIONS

En 2008, les chimistes cantonaux de Vaud, Valais et Genève ainsi que le Préfet de Haute-Savoie avaient prononcé une interdiction de commercialisation des ombles chevaliers pêchés dans le Léman et dont la taille est supérieure à 39 cm. Les résultats de la campagne de 2012 n'ont pas modifié cette décision.

Compte-tenu des teneurs mesurées dans les truites lacustres du Léman en 2014, la CIPEL a réuni les autorités sanitaires suisses et françaises afin qu'elles puissent prendre les mesures idoines concernant la commercialisation et la consommation de cette espèce de poisson. Toutes les truites de taille supérieure à 54 cm représentent un risque important d'être contaminées au-delà de la valeur limite de 6.5 pg/g et ne devraient pas être commercialisées.

En raison de la contamination des ombles chevaliers mise en évidence en 2008 et de celle des truites lacustres en 2014, il conviendrait d'établir un diagnostic global des sources d'apport dans le bassin versant du Léman. Une vaste campagne d'analyse des micropolluants dans les sédiments lacustres sera lancée en 2015 et permettra entre autres, de connaître les teneurs en PCB stockées dans les sédiments du lac et de localiser d'éventuelles zones d'apport au lac.

BIBLIOGRAPHIE

- AFFSA (2008). Avis de l'agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'interprétation des résultats d'analyse du plan d'échantillonnage des poissons pêchés dans les lacs d'Annecy et Léman mis en place dans le cadre de la pollution en PCB des lacs alpins. Saisine n°2008-SA-0175.
- CORVI C., PAY R., VOGEL J. (1991). PCB, pesticides chlorés et phosphores dans les sédiments des affluents du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1991, 141-148.
- EDDER P., ORTELLI D., KLEIN A. (2013). Micropolluants dans plusieurs espèces de poissons du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2012, 70-91.
- OFEV, OFSP (2008). Absorption de dioxines et de PCB de type dioxine due à la consommation de poissons provenant des eaux suisses : recommandations visant à limiter l'exposition de la population. <http://www.news-service.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/14688.pdf>
- ONEMA, IRSTEA (2012). Contamination des poissons d'eau douce par des contaminants persistants : polychlorobiphényles (PCB), dioxines, furanes, mercure. Etude des relations biote-sédiment pour les PCB
- ORTELLI D., EDDER P., RAPIN F. (2009). Micropolluants dans les poissons et des écrevisses du Léman, Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2008, 73-83.

ANNEXE

Tableau 1 : Teneurs en dioxines, PCB de type dioxine et PCB indicateurs, exprimées en équivalents toxiques (TEQ) avec une incertitude de mesure ($\pm 20\%$)

Table 1 : Dioxin contents, dioxin-like PCBs and indicator PCBs, expressed in toxic equivalents (TEQ) with a measurement uncertainty ($\pm 20\%$)

Truite N°	Année	Taille [cm]	Masse [g]	Sexe (M/F)	TOTAL TEQ (PCDD/F + PCBDL)-incertitude (-20%)	TOTAL TEQ (PCDD/F + PCBDL) (pg/g)	TOTAL TEQ - (PCDD/F + PCBDL) incertitude (+20%)	TOTAL TEQ - (PCDD/F) incertitude (-20%)	TOTAL TEQ (PCDD/F) (pg/g)	TOTAL TEQ - (PCDD/F) incertitude (+20%)	TOTAL TEQ - PCB indicateurs incertitude (-20%)	TOTAL TEQ PCB indicateurs (ng/g)	TOTAL TEQ - incertitude PCB indicateurs (+20%)
1	2014	55	1932	F	11.3	14.1	16.9	0.70	0.87	1.04	104.5	130.6	156.8
2	2014	33	338	juvénile	1.8	2.3	2.7	0.10	0.12	0.14	23.9	29.9	35.9
3	2014	37	412	juvénile	0.8	1.0	1.2	0.02	0.02	0.02	9.0	11.2	13.4
4	2014	35	344	juvénile	1.5	1.9	2.3	0.10	0.12	0.14	22.4	28.0	33.6
5	2014	39	570	juvénile	2.6	3.2	3.9	0.10	0.12	0.14	17.6	22.0	26.4
6	2014	35	374	juvénile	1.0	1.3	1.5	0.05	0.06	0.07	8.8	11.0	13.2
7	2014	59	1930	F	3.3	4.1	4.9	0.06	0.08	0.10	28.1	35.1	42.1
8	2014	48	1242	F	4.7	5.9	7.1	0.09	0.11	0.13	37.5	46.8	56.2
9	2014	35	430	juvénile	1.8	2.2	2.6	0.02	0.03	0.04	17.4	21.8	26.2
10	2014	35	449	juvénile	1.3	1.6	1.9	0.03	0.04	0.05	15.2	19.0	22.8
11	2014	37	455	juvénile	2.3	2.9	3.4	0.03	0.04	0.05	27.8	34.7	41.6
12	2014	52	1757	F	4.6	5.7	6.8	0.15	0.19	0.23	36.2	45.3	54.4
13	2014	80	5640	M	10.4	13.0	15.5	0.53	0.67	0.80	104.8	131.0	157.2
14	2014	57	1970	M	7.9	9.9	11.8	0.32	0.41	0.49	85.4	106.7	128.0
15	2014	54	1730	M	4.6	5.8	7.0	0.12	0.15	0.18	40.8	51.0	61.2
16	2014	58	2372	M	5.9	7.4	8.9	0.22	0.28	0.33	60.2	75.3	90.4
17	2014	59	2480	M	6.5	8.1	9.8	0.23	0.29	0.34	58.5	73.1	87.7
18	2014	74	4563	M	6.7	8.4	10.0	0.29	0.37	0.44	67.7	84.7	101.6
19	2014	48	1325	M	2.6	3.2	3.9	0.12	0.15	0.18	36.8	46.0	55.2
20	2014	65	2137	M	7.1	8.9	10.7	0.26	0.32	0.38	88.2	110.3	132.3
21	2012	66	3016	F	5.6	7.0	8.4	0.06	0.07	0.09	79.6	99.5	119.4
22	2012	57	1281		6.1	7.6	9.2	0.18	0.22	0.26	71.7	89.6	107.6

valeurs dépassant les normes fixées par le règlement UE/1259/2011

Annexe 1 : *flowchart* pour l'analyse des PCDD/PCDF et PCB avec les références des solutions standards normées selon la méthode officielle US EPA.

