

NIVEAU DE CONTAMINATION EN POLYCHLOROBIPHENYLES (PCB) DANS LES POISSONS FRAIS PECHES DANS LA LAGUNE DE GRAND-LAHOU (CÔTE D'IVOIRE)

***Hampoh Adé Hortense
Ehouman Ano Guy Serges***

Laboratoire de Nutrition et de Sécurité Alimentaire, UFR Sciences et
Technologies des Aliments et Laboratoire des Sciences de l'Environnement.
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Brou Kouakou

Laboratoire de Nutrition et de Sécurité Alimentaire, UFR Sciences et
Technologies des Aliments,
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Traore Karim Sory

Kone Mamadou

Laboratoire des Sciences de l'Environnement, UFR des Sciences et Gestion
de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Dembele Ardjouma

Laboratoire Central d'Agrochimie et d'Ecotoxicologie,
LANADA, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Aquatic environments are one of the largest reservoirs of environmental pollutants. This study aimed to evaluate the level of contamination in polychlorinated biphenyls (PCBs) of fishes caught in the lagoon of Grand-Lahou. Three species of fish, carp (*Sarotherodon melanotheron*), mullet (*Mugil curema*) and catfish (*Chrysichthys nigrodigitatus*), were sampled according to their weight. Indicators PCBs (PCBis) analysis was performed by Gas-Chromatography coupled to an Electron Capture Detector (GC-ECD).

Results showed that fresh fishes present concentrations in PCBis ranging from 0.06 to 365.33 ng/g of fresh weight (fw). The highest concentrations are found in carp and catfish species weighting from 201 to 300 g and in mullet specie weighting from 101 to 200g. The predominant PCBis found in tissues are CB 138, CB 153 and CB 180. The Sum of the seven PCBis per specie shows that the catfish is more contaminated (311.51 ± 208.46 ng/g wf) than

the mullet and carp (85.33 ± 58.87 and 19.55 ± 11.25 ng/g wf respectively). Concentrations in PCBs generally determined in the various species are lower than the Maximum Residue Limit (MRL) of the European-Union regulation (EU/1259/2011). However, catfish weighting more than 100g and mullet between 101 and 200g have contamination levels exceeding the MRL.

In conclusion, this study showed that the levels of contamination in PCBs of fishes caught in the lagoon of Grand-Lahou vary according to the specie and weight of fishes.

Keywords: Lagoon Grand-Lahou, Pollutants, Contamination level , fish, PCBs

Résumé

Les milieux aquatiques constituent l'un des plus grands réservoirs des polluants environnementaux. La présente étude avait pour objectif d'évaluer le niveau de contamination en Polychlorobiphényles (PCB) des poissons pêchés dans la lagune de Grand-Lahou. Trois espèces de poissons: la carpe (*Sarotherodon melanotheron*), le mullet (*Mugil curema*) et le mâchoiron (*Chrysichthys nigrodigitatus*) ont été prélevées selon leur masse. L'analyse des PCB indicateurs (PCBi) a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons (GC-ECD). Les résultats obtenus montrent que les poissons frais présentent des concentrations en PCBi variant de 0,06 à 365,39 ng/g de poids frais (pf). Ainsi les concentrations les plus élevées sont déterminées dans les carpes et les mâchoirons de masse comprise entre 201g et 300 g, et au niveau des mullets, ce sont les poissons de masse comprise entre 101g et 200 g. Les PCBi prédominants dans les tissus des poissons sont les CB 138, CB 153 et CB 180. La somme totale des 7 PCBi par espèce montre que le mâchoiron est plus contaminée que le mullet et la carpe avec respectivement $311,51 \pm 208,46$ ng/g pf, $85,33 \pm 58,87$ ng/g pf et $19,55 \pm 11,25$ ng/g pf. De façon générale, les concentrations en PCBi sont inférieures à la limite maximale de résidu (LMR) de la réglementation Européenne (UE/1259/ 2011). Cependant les mâchoirons de masse supérieure à 100 g et les mullets de 101g à 200 g ont des teneurs dépassant la LMR.

Les résultats ont montré que la contamination en PCBi des poissons pêchés dans la lagune de Grand-Lahou varie selon les espèces et la masse des poissons.

Mots Clés : Lagune de Grand-Lahou, Polluants, niveau de contamination, Poissons, PCB

Introduction

Le système lagunaire de Grand-Lahou reçoit de nombreux déversements constitués des eaux continentales venant des rivières et du fleuve Bandama, des eaux de ruissellement des rues, lixiviats provenant des dépôts d'ordures, des eaux usées domestiques et des effluents industriels. Il en résulte diverses formes de pollutions chimiques dont les conséquences peuvent aller de la perte de certains usages des eaux à la non comestibilité des ressources halieutiques.

La présente étude porte sur trois espèces de poissons (*Sarotherodon melanotheron*, *Mugil curema* et *Chrysichthys nigrodigitatus*) les plus consommés dans la région. Ces espèces tiennent une place importante dans l'alimentation et les moyens d'existence de la population à l'étude. En effet, elles possèdent des qualités nutritionnelles précieuses (Rieu, 2012) et constituent une source importante de protéines, de minéraux, de vitamines et d'acides gras essentiels, polyinsaturés à longue chaîne en particulier l'oméga-3 (Medale, 2009). Ces acides gras polyinsaturés (oméga-3) jouent un rôle très important dans la croissance et le développement du système nerveux central, surtout pendant la grossesse et la petite enfance. Il a été démontré que ces acides gras sont difficile à obtenir par d'autres sources alimentaires (Elvevol & James, 2000 ; Medale, 2009), et sa consommation réduit le risque de maladie coronarienne et prévient certaines arythmies cardiaques (Kris –Etherton *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2006; Mensink *et al.*, 2003). Parallèlement à leurs bénéfices nutritionnels, la consommation de poissons a été rapportée comme une voie importante d'exposition humaine aux polluants chimiques (Usero *et al.*, 2003; Domingo & Bocio, 2007 ; Pandelova *et al.*, 2008 ; Shen *et al.*, 2009 ; Schuetze *et al.*, 2010). Ces poissons proviennent des milieux aquatiques réceptacles finaux d'un grand nombre de produits chimiques issus en grande partie des différentes activités anthropiques (Scheren *et al.*, 2004). Parmi ces polluants chimiques, les Polychlorobiphényles (PCB) ont un caractère ubiquiste, rémanent et représentent un groupe de substances hautement toxiques. La plupart d'entre eux sont mutagènes, tératogènes, cancérigènes probables, perturbateurs endocriniens ou des inducteurs enzymatiques susceptibles de perturber le métabolisme (Safe, 2005 ; Yang *et al.*, 2010 ; Crinnion, 2011). Ils s'accumulent dans les tissus graisseux des animaux, notamment chez les poissons. Dès lors la salubrité des produits de pêche constitue alors une préoccupation majeure pour la santé de la population.

Notre étude vise à déterminer les charges en PCB notamment les PCB indicateurs (PCBi) dans les muscles des espèces à l'étude, à s'assurer que celles - ci répondent aux exigences légales de consommation humaine.

Matériel et méthodes

Présentation du Site d'étude et zone d'échantillonnage

La lagune de Grand-Lahou (**figure 1**) étendue sur environ 190 km² (LEloeuif *et al.*, 1993 ; Abé, 1993), est située dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Elle est localisée entre les latitudes 5°05' et 5°22' Nord et les longitudes 2°51' et 3°21' Ouest. C'est un complexe subdivisé en deux grandes zones hydro-climatiques: une zone estuarienne située sur la façade orientale regroupant les lagunes Tagba (57 km²) et Mackey (28 km²) et une zone occidentale, composée des lagunes Tadio (90 km²) et Niouzoumou (15 km²).

L'échantillonnage des poissons a été fait dans les bras des lagunes Makey et Tagba qui reçoivent les apports continentaux de deux principaux fleuves: le Boubo et le Bandama qui sont reliées à l'Océan Atlantique par l'intermédiaire du Grau de Grand-Lahou dont la largeur varie entre 150 m et 200 m (**figure 1**).

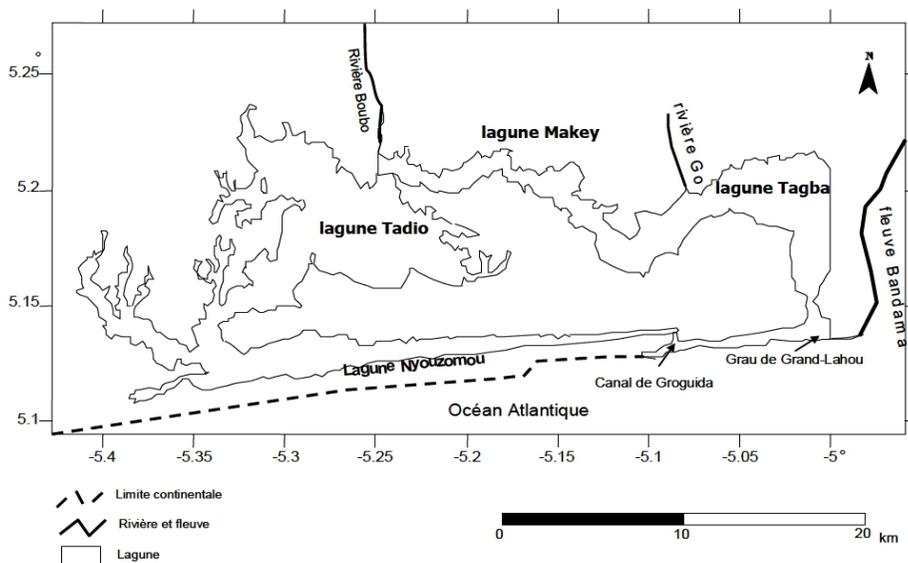


Figure 1 : Présentation du complexe lagunaire de Grand-Lahou (Kouadio, 2011)

Protocole d'échantillonnage et prétraitement des échantillons

Trois campagnes d'échantillonnage ont été réalisées respectivement en juin, octobre et décembre 2013. Ces périodes sont considérées par les professionnels comme propices pour la pêche à Grand-Lahou.

Collecte et conditionnement des poissons

La collecte des poissons a porté sur trois espèces de poisson les plus rencontrées et les plus consommées par la population de Grand-Lahou:

Sarotherodon melanotheron, *Mugil curema* et *Chrysichthys nigrodigitatus* communément appelés carpe, mulot et mâchoiron (**figure2**).



a) *Sarotherodon melanotheron*

b) *Mugil curema*

c) *Chrysichthys nigrodigitatus*

Figure 2 : Espèces de poisson prélevées

Afin de permettre des comparaisons ultérieurement, lors de chaque campagne et pour chaque espèce, les poissons collectés ont été répartis en trois classes selon la masse (**tableau I**). La classe 1 correspond aux poissons de masse inférieurs à 100g, la classe 2 aux poissons de masses comprises dans l'intervalle [101-200 g] et la classe 3 pour les masses appartenant à [201-300].

Tableau I : Constitution de classe des poissons en fonction de la masse

Masse des poissons (g)	≤100	101-200	201-300	Total d'échantillons prélevés/campagne
Classe	1	2	3	
Nombre d'échantillons de poissons / campagne	27	27	27	81

Après l'identification des échantillons (espèce, classe, et poids), ces derniers sont enveloppés dans des feuilles d'aluminium puis conservés au congélateur à -20°C dans l'attente des différentes analyses.

Prétraitement des échantillons

La préparation des échantillons a commencé par le déballage et la découpe des poissons. Chaque poisson a été pesé de nouveau puis disséqué. Seules les parties comestibles c'est-à-dire les filets avec la peau ont été prélevées, (**figure 3**). Pour chaque classe, 9 échantillons composites sont constitués par espèce. Un échantillon composite compte 3 poissons sur lesquels 20 g de muscle sont prélevés individuellement. Ces muscles sont stockés (**figure 3**) pour la détermination de la teneur lipidique et pour la recherche des PCB_i.



Figure 3 : Prélèvement et conditionnement de tissus de poisson pour analyse

Analyse des échantillons

Détermination de la matière grasse

Une prise d'essai de 2 g de muscle a été extraite par 200 mL de dichlorométhane sous champs micro-onde pendant 25 min à 30 W. L'extrait est ensuite filtré sur laine de verre et récupéré dans un ballon préalablement taré puis évaporé à sec à l'aide d'un évaporateur rotatif. La masse de lipides contenue dans la prise d'essai est obtenue par la pesée du ballon selon la méthode de **Tapie *et al.*, 2006**.

Dosage des PCB

La matière grasse extraite est reprise avec 10 ml d'hexane et mélangé au vortex. Vingt (20) mL d'acide sulfurique ont été ajouté et les échantillons sont mis sur l'agitateur culbuteur pendant 8 heures. L'extrait est neutralisé par ajout d'eau dé-ionisée, le surnageant est alors récupéré avec une pipette pasteur. Ce surnageant est ensuite concentré au rotavapor et repris avec 5mL d' hexane. Afin d'éliminer les composés pouvant interférer avec les molécules recherchées, les extraits ont subi une purification. Celle-ci est réalisée sur des colonnes de florisil (Co-précipité de Magnésie et de Silice: 16% MgO + 84% SiO₂) et 500µL d'échantillon sont déposés sur chaque colonne puis élués successivement avec 20 mL d'hexane et 20 mL d'un mélange hexane dichlorométhane 80:20 % (V/V). La solution est reconcentrée au rotavapor puis reprise avec 2mL d'hexane. L'échantillon purifié est ensuite analysé par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons (GC-ECD) pour l'identification et la quantification des PCB_i. Les conditions opératoires sont les suivantes : l'injecteur est maintenu à 78°C, la température du détecteur est de 330°C.

Le programme de température du four est le suivant : de 75°C (2 min) à 30°C.min⁻¹ jusqu'à 180°C, 2,5°C.min⁻¹ à 280°C, puis de 30°C.min⁻¹ jusqu'à 300°C.

Résultats et discussion

Les résultats présentent les niveaux de contamination en PCBi des 3 espèces de poissons à l'étude: carpe (*Sarotherodon melanotheron*); mullet (*Mugil curema*) ; mâchoiron (*Chrysichthys nigrodigitatus*) prélevées dans la lagune de Grand-Lahou. Il s'agit des teneurs déterminées respectivement dans les trois classes (≤ 100 g ; 101-200g ; 201-300 g) relatives à chaque espèce de poissons et de leur teneur lipidique.

Teneur lipidique des poissons

Les résultats montrent que la teneur de matière grasse diffère selon les espèces choisies (**tableau II**). Elle croît globalement avec toutes les classes de poissons quelle que soit l'espèce, à l'exception de la carpe au niveau des classes 1 et 2. De même, une différence significative de la teneur lipidique apparaît entre les trois espèces de poissons et pour les individus de masse supérieure à 200 g chez la même espèce (**tableau II**). Cette variation pourrait être corrélée au régime alimentaire, au stade de maturation et aux paramètres individuels de chaque espèce. Les travaux de **Tapie** et alliés (**2006**) ont montré que la teneur lipidique des anguilles augmente avec la taille, et cette augmentation serait liée au stade de maturation, au sexe et au régime trophique de l'espèce.

Tableau II : Taux de matière grasse dans les différentes classes de poissons (%)

Masse (g)	Carpe			Mulet			Mâchoiron		
	≤ 100	101-200	201-300	≤ 100	101-200	201-300	≤ 100	101-200	201-300
Taux de MG (%)	1,28±0,1	1,3±0,8	2,44±0,26	1,34±0,13	2,69±0,26	3,98±0,14	9,78±0,13	13,27±0,76	18,37±1,01

Teneur en PCBi dans les trois espèces analysées

Les teneurs en PCBi déterminées dans les différents échantillons analysés sont indiquées sur la figure 4 (a, b, c). Ces figures présentent respectivement les niveaux moyens de contamination dans les carpes, les mâchoirons et les mullets par classe. Tous les PCBi recherchés ont été détectés et quantifiés. Les congénères CB153, CB138 et CB180 présentent les plus grandes concentrations au niveau de toutes les espèces analysées et quelle que soit la classe. Les concentrations maximales mesurées sont respectivement de 13,54 ng/g, 7,01 ng/g et 6,12 ng/g de poids frais (pf) pour la carpe ; 264,66 ng/g ; 123,33 ng/g ; 83,63 ng/g pf pour le mâchoiron et de 57,33 ng/g ; 35,53 ng/g ; 32,87 ng/g pf pour le mullet.

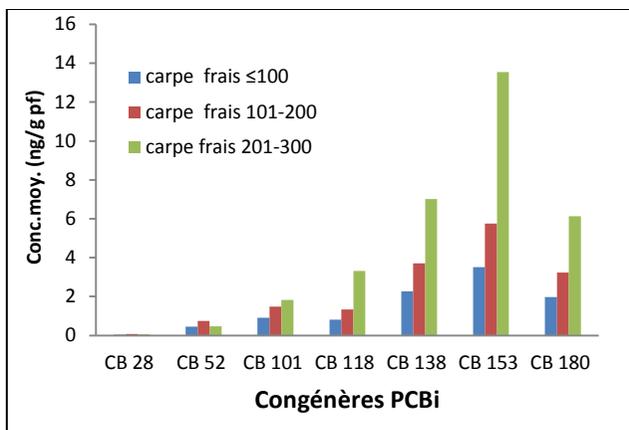
Les CB 52, CB 101 et 118 ont également été détectés mais à des concentrations faibles au niveau de toutes les espèces. Le CB 28 présente la concentration la plus faible ; elle est parfois sous la limite de détection, d'où son absence sur les figures. En effet le CB 28, CB52, CB 101 sont classés dans la catégorie des composés métabolisables (**Kannan et al., 1995**), ce qui expliquerait les faibles concentrations rencontrées dans les tissus des poissons.

Influence de la classe des poissons sur la teneur en PCBi

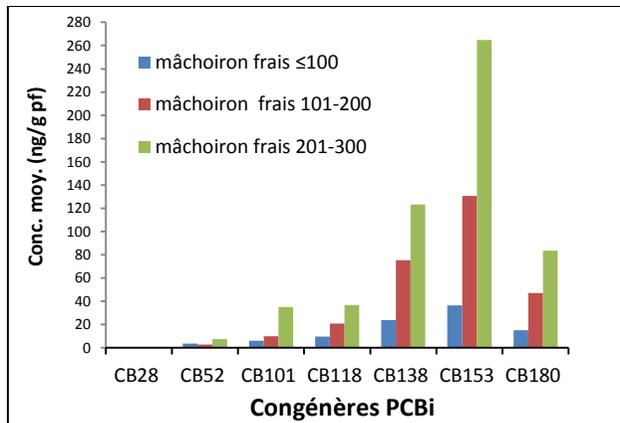
Le niveau de contamination en PCBi est différent selon l'espèce et la classe considérée. Pour chaque espèce, il augmente globalement avec la classe et de façon significative dès que les poissons passent au stade de la classe 2 (101 à 200 g). Cette augmentation pourrait s'expliquer par le régime alimentaire de chaque espèce. Les travaux de **Tapie, 2006** sur l'origine de la contamination des anguilles, confirme l'existence d'une différence dans l'alimentation des espèces des poissons en fonction de leur stade de développement.

Toutefois, il est intéressant de constater la décroissance significative de la teneur en PCBi pour les mullets de masse supérieure à 200 g (**figure 4 (c)**). Cette baisse pourrait s'expliquer par différentes hypothèses :

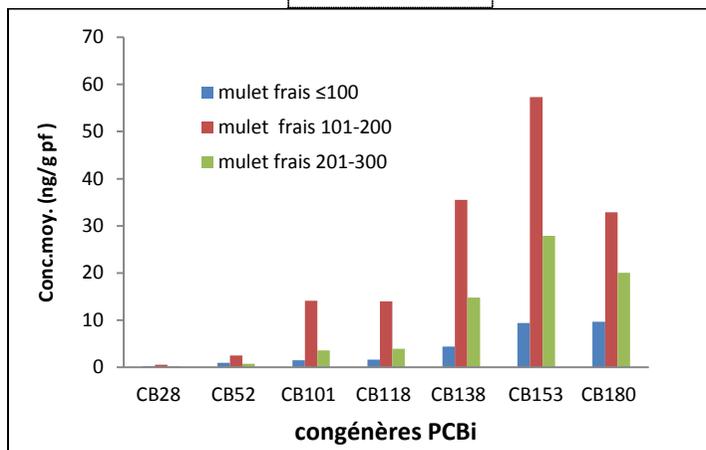
- Les mullets de masse supérieure à 200 g peuvent être majoritairement en phase de maturation sexuelle, et que les graisses soient remobilisées vers les gonades. Ce phénomène pourrait sans doute remobiliser les PCB du muscle vers les gonades et à terme les œufs et la larve (**Robinet & Feunten, 2002 ; Tapie, 2006**). Ce qui pourrait contribuer à la "détoxification" du muscle en faveur de la gonade chez les femelles.
- les mullets de cette classe seraient capables de métaboliser certains PCBi.



b) Carpes



b) Mâchoirons



c) Mulets

Figure 4: Concentration en PCBi (ng.g⁻¹pf) dans les muscles des différentes classes de poissons (carpe (a), mâchoiron (b) et mullet (c)).

Influence de la teneur en matière grasse sur la teneur en PCBi

Si l'on rapproche la teneur lipidique et la teneur totale en PCBi déterminées dans les poissons (figure 5), il ressort que la concentration en PCBi est liée au taux de matière grasse excepté chez les carpes de 200 g et les mulets de 300 g où le taux de matière grasse n'a pas d'influence sur la concentration en PCBi. Des trois poissons d'étude, le mâchoiron est le plus gras et présente les concentrations en PCBi les plus élevées avec des concentrations allant de $95,29 \pm 8,72$ à $551,56 \pm 76,65$ ng/g par poids frais. Les résultats sont en accord avec la théorie de Letcher et alliés (2010) selon laquelle les poissons sont d'autant plus contaminés qu'ils sont âgés et gras.

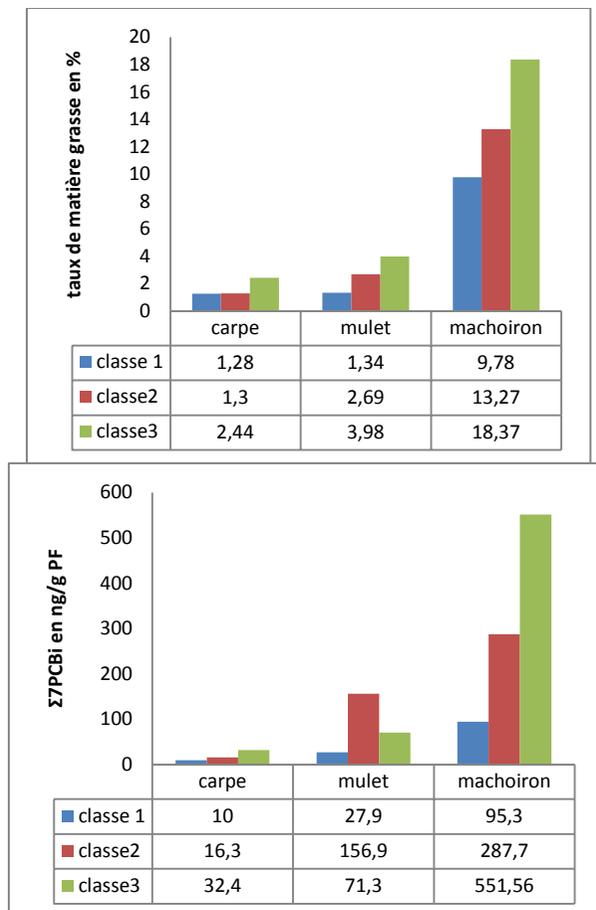


Figure 5: Teneur lipidique et concentration en PCB_i (ng.g⁻¹ pf) dans les muscles des poissons

Niveau de contamination globale en PCB_i dans les muscles des 3 espèces

Afin de pouvoir comparer les niveaux de contamination en PCB_i entre les différentes espèces à l'étude, la charge totale en PCB_i a été déterminée pour chaque espèce de poisson (**figure 6**). Les résultats confirment le fort niveau de contamination en PCB_i des mâchoirons par rapport aux deux autres espèces avec une teneur totale moyenne en PCB_i toutes classes de tailles confondues de $311,51 \pm 208,46$ ng/g pf. Cette teneur est 3,6 fois plus élevée que celle du mullet ($85,33 \pm 58,87$) et 16 fois plus que celle de la carpe ($19,55 \pm 11,25$). Cela pourrait s'expliquer par leur mode d'alimentation. D'ailleurs, les travaux de **Tapie (2006)** montrent que la voie de contamination majoritaire des PCB est le régime alimentaire. Ainsi, le mâchoiron qui est un poisson benthique, se nourrit de zooplancton, de détritus et d'autres poissons quand il est mature (**Laleye, 1995 ; Diouf, 1996**) ; ce qui justifierait les fortes teneurs détectées au niveau de celui-ci du

fait du phénomène de bioamplification. S'agissant des carpes, elles ont une alimentation diversifiée. Ces poissons se nourrissent d'un mélange de phytoplancton, de zooplancton et d'algues (Trewavas, 1983 ; Koné 2000). Cette diversité alimentaire diminuerait leur exposition aux PCB. Des résultats similaires ont été trouvés par Babut & Miège (2007) et Roy et alliés (2011) lors de leurs travaux dans le bassin Rhône-Méditerranée sur différentes espèces de poissons.

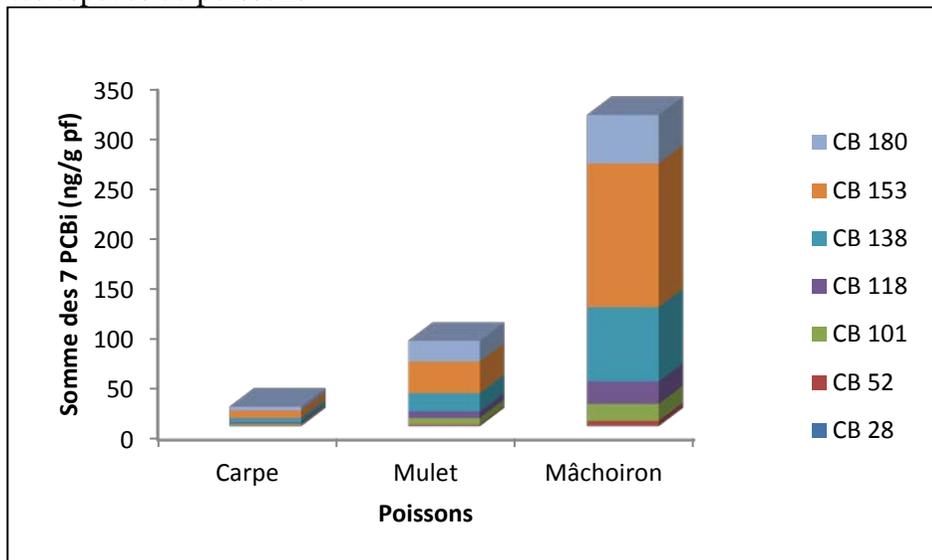


Figure 6 : Charge totale des PCBi dans les poissons

Distribution des 7 PCB indicateurs dans la charge polluante totale

La figure 7 présente la distribution des sept PCBi dans les poissons. En ramenant la concentration de chaque congénère sur la somme des PCBi, les résultats montrent que les composés les plus chlorés tels que le CB138, CB 153 et CB 180 sont prédominants dans les tissus des poissons. Ces composés représentent chez le mâchoiron 85% en moyenne des PCBi accumulés avec 48% pour le CB 153 seul. Ils sont de 83% avec 42% pour le CB 153 chez la carpe et de 88% avec 39% pour le CB153 chez le mulot. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Ferreira et alliés (2004) et Edder et alliés (2012) dans la contamination en PCBi de plusieurs espèces de poissons.

Ces résultats montrent que la contamination des poissons par les PCBi est différente selon les congénères. En effet, les travaux de Tulp & Hutzinger (1978) ont montré que le nombre et la position des atomes de chlore sur les deux noyaux phényles ont une influence sur la manière dont les congénères s'accumulent dans les matrices. De plus, les travaux de Tapie (2006) ont montré que la conformation chimique des molécules semble être un paramètre important dans l'explication des phénomènes d'accumulation.

Aussi, **Buckman** et alliés (2006) ont confirmé que, plus le degré de chloration des PCB augmente, plus le taux de métabolisation diminue.

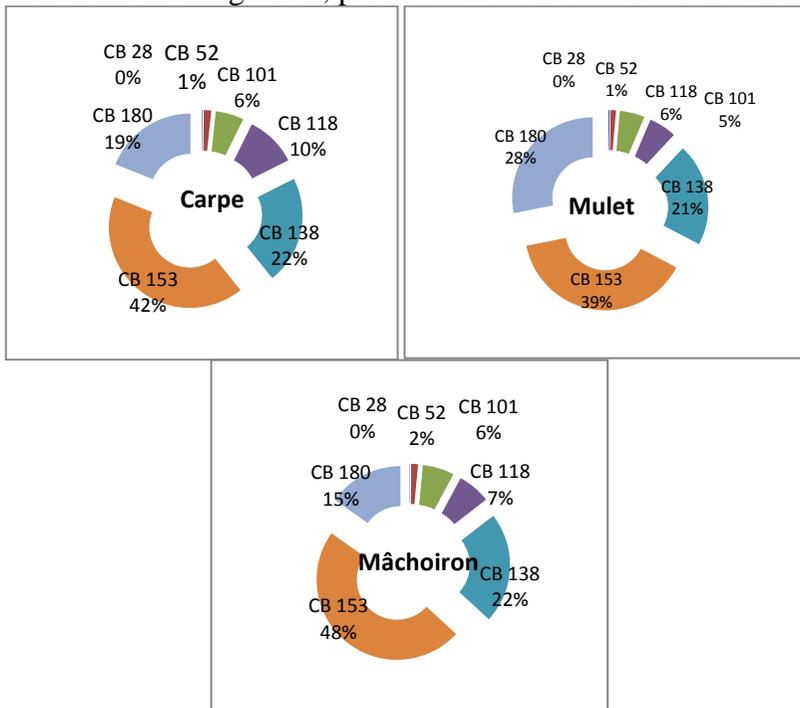


Figure7: Distribution des 7 PCBi dans les trois espèces de poissons

Comparaison de la teneur des 7PCBi dans les poissons avec les teneurs maximales de résidus

En nous fondant sur le nouveau règlement Européen UE /1259/ 2011 relatif aux teneurs maximales en dioxine, en PCB de type dioxine et en PCB autres que ceux de type dioxine des denrées alimentaires, qui fixe désormais une norme (LMR) pour les PCB indicateurs à 125 ng/g pour les poissons d'eau douce (**C.E., 2011**), la figure 8 a été établie. Cette figure montre que, de façon générale la somme des 7 PCBi dans les poissons est inférieure à la réglementation (UE/1259/ 2011). Les dépassements de la norme sont relevés au niveau des mulets de la classe 2 et au niveau des mâchoirons de la classe 2 et 3. Les concentrations mesurées sont environ de 2 à 5 fois supérieures à la norme. Cependant les campagnes d'analyse de plusieurs espèces de poissons dans le Léman effectuées par **Edder et al., (2012)** ont montré que la somme des 7 PCBi mesurées dans toutes les espèces de poissons respecte la valeur maximale de 125 ng/g.

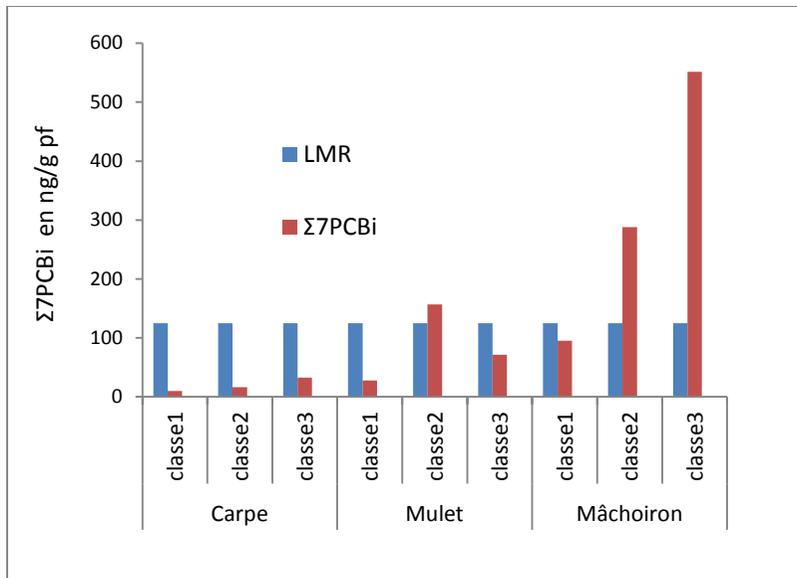


Figure 8: Comparaison de Σ7PCBi dans les trois espèces de poissons avec la LMR

Conclusion

Les résultats obtenus sur 243 échantillons de poissons pêchés dans la lagune de Grand-Lahou ont confirmé la forte imprégnation en PCBi des poissons dès les premières classes. Les teneurs mesurées varient selon les espèces de poissons et à l'intérieure de chaque espèce selon la masse et la teneur lipidique des poissons. Les congénères hexachlorés (CB138, CB153) et heptachlorés (CB180) représentent environ 83% des PCBi accumulés contre 17% pour l'ensemble des CB 28, CB 52, CB 101 et CB118.

De l'ensemble des espèces analysées, les teneurs en PCBi des mâchoirons de classe 2 et 3 et celles déterminées dans les mulets de classe 2 sont nettement au-dessus de la norme.

Les teneurs en PCBi dans les poissons montrent que la consommation quotidienne des poissons de la lagune de Grand-Lahou expose les consommateurs à des risques sanitaires.

References:

- Abé J. (1993). Morphologie et Hydrodynamique à l'embouchure du fleuve Bandama. *Journal Ivoirien d'Océanographie et de Limnologie*, 2 : 9-24.
- Babut M. & Miegé C. (2007). Contamination des poissons et des sédiments du Rhône par les polychlorobiphényles. Synthèse des données recueillies en 2005-2006. (CEMAGREF). 37 p.
- Buckman A.H., Wong C.S., Chow E.A., Brown S.B., Solomon K. R & Fisk A.T. (2006).

- Biotransformation of polychlorinated biphenyls (PCBs) and bioformation of hydroxylated PCBs in fish. *Aquatic Toxicology*, 78, 176-185.
- Commission Européenne (CE) (2011). Règlement (UE) N° 1259/2011 de la Commission modifiant le règlement (CE) n °1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en dioxines, en PCB de type dioxine et en PCB autres que ceux de type dioxine des denrées alimentaires. C. Européenne. 1259/2011: 6p.
- Crinnion W. J. (2011). "Polychlorinated biphenyls: persistent pollutants with immunological, neurological, and endocrinological consequences." *Alternative Medicine Review: Journal of Clinical Therapeutic*, 16: 5-13.
- Diouf P.S. (1996). Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest : L'exemple de l'estuaire hyperhalin du sine-saloum. Université de Montpellier II. Thèses et documents microfiches N° 156. ORSTOM, Paris. 267p.
- Domingo J.L. & Bocio A. (2007). Levels of PCDD/PCDFs and PCBs in edible marine species and human intake: a literature review; *Environment International* 33: 397-405.
- Edder P., Ortelli D & Klein A. (2012). Micropolluants dans plusieurs espèces de poissons du léman micropolluants in fish species from lake geneva. *Rapp.Comm.int.prot.eaux Léman contre pollut., Campagne 2012, 2013* :70-81.
- Elvevol D. & James D. (2000). Avantages potentiels du poisson pour la nutrition maternelle, foetal et néonatale : examen de la littérature ce sujet. In : *Alimentation, Nutrition et Agriculture*, :28-37.
- Ferreira M., Antunes P, Gil O, Vale C. & Reis-Henriques M.A. (2004). Organochlorine contaminants in flounder (*Platichthys flesus*) and mullet (*Mugil cephalus*) from Douro estuary, and their use as sentinel species for environmental monitoring. *Aquatic Toxicology*, 69:347–357.
- Kannan N., Reusch T.B.H., Schulz-Bull D.E., Petrick G. & Duinker J.C. (1995). Chlorobiphenyls: Model compounds for metabolism in food chain organisms and their potential use as ecotoxicological stress indicators by application of the metabolic slope concept. *Environmental Science and Technology*, 29, 1851-1859.
- Konan S. K., Kouassi A. M., Adingra A. A., Dongui B. K. & Gnakri D. (2008). Variations saisonnières des paramètres abiotiques des eaux d'une lagune tropicale : la lagune de Grand-Lahou, Côte D'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 21: 376-393.
- Koné T. (2000). Régime alimentaire et reproduction d'un Tilapia lagunaire (*Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852) dans la rivière Bia et

le lac du barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Catholique de Leuven, 253p.

Kouadio K. N. (2011). Diversité et structure des peuplements de macro invertébrés benthiques des lagunes de Côte d'Ivoire : Aby, Ebrié et Grand-Lahou. Thèse unique, Université d'Abobo-Adjamé (Abidjan) Côte d'Ivoire, 146 P.

Kris-Etherton P.M., Harris W.S. & Appel L. J. (2002). For the Nutrition Committee. AHA scientific statement, Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. *Circulation*, 106:2747-2757.

Laleye P., Baras E. & Philippart J.-C. (1995). Variations du régime alimentaire de *Chysichthys nigrodigitatus* et *C. auratus* (Claroteidae) dans les lagunes du Sud- Bénin. *Aquatic Living Resources*, 8 :365-372.

LEloeu P., Marchall J. & Kothias A. (1998). Environnement et ressources aquatiques de la Côte d'Ivoire, Tome I. Le milieu marin. ORSTOM, Paris, 588p.

Letcher, R. J., Bustnes, J. O., Dietz, R., Jenssen, B. M., Jørgensen, E. H., Sonne, C., Verreault, J., Vijayan, M. M. & Gabrielsen, G. W. (2010). "Exposure and effects assessment of persistent organohalogen contaminants in arctic wildlife and fish". *Science of the Total Environment*, 408: 2995-3043.

Medale F. (2009). Teneur en lipides et composition en acides gras de la chair de poissons issus de la pêche et de l'élevage. *Cahier Nutrition Diététique*, 44: 173-181.

Mensink R.P., Zock P.L., Kester J.C & Katan M. B. (2003). Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins : a meta-analysis of 60 controlled trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77: 1146-1155.

Pandelova M., Henkelmann, B., Roots O., Simm M., Järv L., Benfenati E. & Schramm K.-W. (2008). Levels of PCDD/F and dioxin like PCB in Baltic fish of different age and gender. *Chemosphere*, 71:369-378.

Rieu D. (2012). Composition des poissons : protéines, lipides, vitamine D, iode... *Arch Pédiatrie*, 19: 36-37.

Robinet T. & Feunteun E. (2002). Sublethal effects of exposure to chemical compounds: A cause for the decline in Atlantic eel. *Ecotoxicology*, 11: 265-277.

Roy T. L., Bopp M., Gehlen B., Schneider P., Cadule T. L., Frölicher J., Segsneider J., Tjiputra C. & Heinze F. Joos (2011). "Regional impacts of climate change and atmospheric CO₂ on future ocean carbon uptake: A multi- model linear feedback analysis". *Journal of Climate*, 24: 2300-2318.

- Safe S. (2005). "Clinical correlates of environmental endocrine disruptors." *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 16: 139-144.
- Scheren P. A. G. M., Kroeze C., Janssen F. J., Hordijk L. J. & Ptasiński K. J. (2004) Integrated water pollution assessment of the Ebrié Lagoon, Ivory Coast, West Africa. *Journal of Marine Systems*, 44: 1-17.
- Schuetze A., Thomas Heberer T., Effkemann S. & Juergensen S. (2010). Occurrence and assessment Of perfluorinated chemicals in wild fish from Northern Germany. *Chemosphere* 78:647–652.
- Shen H., Yu C; Ying Y., Zhao Y., Wu Y., Han J. & Xu Q. (2009). Levels and congener profiles of PCDD/Fs, PCBs and PBDEs in seafood from China. *Chemosphere* 77: 1206-1211.
- Tapie N., Budzinski H., Elie P. & Gonthier P. (2006). Contamination en polychlorobiphényles (PCB) des anguilles du système fluvi estuarien de la Gironde. Rapport final, 58 P.
- Trewavas E. (1983). Tilapia species of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. London: British Museum (Natural History) Publications No 878 p.
- Tulp M.T.M. & Hutzinger O. (1978). Some thoughts on aqueous solubilities and partition coefficients of PCB, and the mathematical correlation between bioaccumulation and physico-chemical properties. *Chemosphere*, 7: 849-860.
- Usero J., Izquierdo C., Morillo J. & Gracia I. (2003). Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. *Environment International*, 29: 949-956.
- Wang C., Harris W .S, Chung M., Lichtenstein A.H, Balk E. M, Kupelnick.B, Jordan H.S. & Lau J. (2006). n-3 Fatty acids from fish or fish-oil supplements, but not alpha- linolenic acid, benefit cardiovascular disease outcomes in primary-and secondary- prevention studies: a systematic review. *American Journal of Clinical Nutrition*, 84: 5-17.
- Yang F., Zhang Q, Guo H. & Zhang S. (2010). "Evaluation of cytotoxicity, genotoxicity and teratogenicity of marine sediments from Qingdao coastal areas using *in vitro* fish cell assay, comet assay and zebrafish embryo test." *Toxicology In Vitro* 24: 2003-2011