

Comment les poissons se contaminent par les PCB ? Éléments de réponse pour quelques espèces d'eau douce

Marc BABUT, Annie ROY, Christelle LOPES

Laboratoire d'écotoxicologie – UR Milieux Aquatiques, Ecologie, Pollutions

✉ : marc.babut@cemagref.fr

Produits industriellement depuis environ 1930, les polychlorobiphényles (PCB) ont été utilisés dans une large gamme d'applications, notamment les gros équipements électriques tels que transformateurs et diélectriques, jusque vers la fin de la décennie 1980. Depuis 1987 en France, comme dans les autres pays industrialisés, toute production est interdite et les équipements déjà en service devaient être éliminés au plus tard au 31 décembre 2010. Les restrictions d'usage puis les interdictions sont intervenus au fur et à mesure de la prise en considération de l'accumulation des PCB dans les chaînes alimentaires et de leur toxicité, complexe et partiellement similaire à celle des polychlorodibenzodioxines. En France, la découverte d'une contamination de poissons d'eau douce dans le Rhône vers 1985-1986 a eu entre autres conséquences de mettre en place une valeur-guide de 2 mg.kg^{-1} (poids frais) pour l'ensemble des PCB dans la chair des poissons. La surveillance des poissons du Vieux Rhône de Miribel sous l'égide du Service de la Navigation Rhône-Saône a perduré jusqu'en 1999, où il a été constaté que ce niveau guide de 2 mg.kg^{-1} était respecté. En 2005, la découverte fortuite de deux brèmes contaminées par les PCB dans le plan d'eau du Grand-Large et l'avis de l'AFSSA¹ conduisant à un risque possible pour les consommateurs a conduit par paliers à un diagnostic étendu à l'ensemble du linéaire du Rhône, puis ses affluents, ainsi que sur l'ensemble du territoire national à partir de 2008.

La problématique sanitaire autour des PCB est liée à la stratégie européenne de réduction de l'exposition des populations aux dioxines et composés apparentés, à l'évolution de la perception de la toxicité des PCB « NDL », c'est à dire ceux dont les effets sont différents de la dioxine. Elle a également un lien avec la directive cadre pour l'eau, puisque les PCB sont devenus un élément de la liste des substances prioritaires en 2010.

Dans le contexte du diagnostic de la contamination des poissons commencé en 2005, deux questions d'intérêt pour l'interprétation des données ressortent plus particulièrement, à savoir celle des espèces les plus (ou les moins) concernées par la contamination, et des tendances temporelles (la contamination par les PCB est-elle en diminution, ou pas).

Il s'agit donc de comprendre comment les poissons se contaminent, et quels facteurs peuvent expliquer cette contamination et les différences entre espèces ; d'après l'abondante littérature scientifique, ces facteurs incluent les propriétés physico-chimiques des PCB, et la physiologie et l'écologie des espèces de poissons. Cependant ils sont le plus souvent étudiés séparément, alors qu'à l'évidence tous ces facteurs sont en constante interaction.

Cette présentation est construite à partir de deux études complémentaires menées en parallèle par le Cemagref: l'une visait à exploiter les bases de données mises en ligne dans le cadre du diagnostic de contamination mentionné plus haut à l'échelle du bassin du Rhône, l'autre, inscrite au plan national d'actions sur les PCB adopté en 2008 vise à comprendre et modéliser le transfert des PCB du sédiment au poisson, pour 3 espèces « clé » de poissons d'eau douce². La partie modélisation proprement dite ne sera pas discutée ici.

La première étude a donc consisté à déterminer des facteurs d'accumulation sédiment – poisson (BSAF *biota to sediment accumulation factor*) ; ces indicateurs permettent de représenter la propension des organismes à se contaminer à partir du sédiment, et à comparer des sites entre eux. Eu égard aux données disponibles dans le bassin du Rhône, à savoir des résultats d'analyse de sédiments superficiels et de poissons collectés séparément mais sur des périodes concordantes sur un certain nombre de sites, on a procédé à la reconstitution des distributions de BSAF par tirages aléatoires dans les deux jeux de données et calcul de 10^4 valeurs de BSAF par espèce et par site (bootstrapping). On obtient donc une distribution (médiane, quartiles ...) des BSAF par espèce et par site pour l'ensemble du bassin – avec une limite imposée par la robustesse recherchée : 75 sites et 10 espèces seulement sélectionnés. Les BSAF du chevesne (espèce pélagique « opportuniste », dont l'alimentation est variée) et de manière

¹ Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, devenue ANSES, Agence Nationale de Sécurité Sanitaire en 2010

² cette deuxième étude inclut un volet sédimentologique, mené avec l'ENTPE (Laboratoire des Sciences de l'Environnement), l'US Geological Survey, le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (CNRS-CEA), volet qui ne sera pas présenté ici.

plus surprenante de la carpe (espèce benthique³) sont très faibles. On trouve ensuite une gamme de valeurs de BSAF plus élevées, pour des espèces soit pélagiques comme la tanche ou le gardon, soit benthiques comme la brème commune. Deux espèces ressortent particulièrement, l'anguille (espèce migratrice, benthique et très grasse) et le barbeau fluviatile, qui vit dans des zones courantes mais se nourrit au fond. Lorsqu'on applique la procédure de calcul des BSAF en séparant les échantillons de poissons qui dépassent la norme alimentaire (8 pg TEQ.g⁻¹ en poids frais ; TEQ = équivalent toxique dioxine) et ceux qui ne dépassent pas, on constate que les BSAF sont plus élevés dans le groupe des poissons excédant la limite réglementaire, et que les sédiments auxquels ils ont été exposés sont dans l'ensemble plus contaminés, confirmant le rôle du sédiment dans le processus de contamination. Toutefois les plages de concentrations en PCB des sédiments des deux groupes se recouvrent, suggérant des variations de biodisponibilité des PCB selon les sites.

La deuxième étude associait une démarche expérimentale basée sur l'échantillonnage et l'analyse de 3 espèces de poissons, la brème commune, le chevesne et le barbeau fluviatile, et de leurs proies. L'intention est d'utiliser les données expérimentales pour elles-mêmes via une analyse statistique, et pour contribuer à calibrer un modèle numérique à base physiologique qui ne sera pas discuté ici mais dont la construction bénéficie des connaissances acquises dans le cadre de cette étude sur les voies de contamination. Sur 3 sites (lône de la Morte à Brégnier-Cordon, plan d'eau du Grand Large et lône de l'île du Beurre, ont donc été collectés des poissons (objectif plus ou moins atteint : 15 individus adultes par espèce), et des invertébrés de 4 groupes (mollusques : corbicules et pisidiens ; insectes : larves de chironomes, éphémères ; crustacés : gammarus) préalablement identifiés comme étant des proies privilégiées pour ces poissons. Outre les PCB, les analyses incluaient les isotopes froids du carbone et de l'azote ; les contenus stomacaux ont également été systématiquement examinés, et les caractéristiques biométriques (taille, poids) relevées au moment de la capture, complétées ensuite par le sexe et l'âge (scalimétrie).

La contamination peut se faire par deux voies, d'inégale importance : par les branchies, donc la voie respiratoire, et par la voie digestive, dite aussi voie trophique. L'examen des contenus stomacaux offre une vision instantanée de la nourriture absorbée, tandis que les isotopes stables procurent une vision moyenne à plus long terme. Le $\delta^{13}\text{C}$ renseigne sur l'origine du carbone à la base du réseau trophique (source d'énergie), tandis que le $\delta^{15}\text{N}$, qui augmente de la proie au prédateur, renseigne sur la position dans la chaîne alimentaire (position trophique). Dans notre étude, les contenus stomacaux montrent des variations entre espèces, mais aussi selon les sites pour une même espèce. Bien que le chevesne et le barbeau soient plus opportunistes, la comparaison des contenus stomacaux avec la faune invertébrée présente sur les sites montrent que les poissons choisissent ce qu'ils consomment. En revanche, les résultats de l'analyse du $\delta^{13}\text{C}$ montrent un lien entre contamination par les PCB et source de carbone exploitée : les poissons les moins contaminés privilégient du carbone apporté par les algues pélagiques (C autochtone), les plus contaminés sont plus marqués par du carbone d'origine détritique (matière organique dégradée présente dans les sédiments). Il convient de noter que cela ne signifie pas nécessairement que les poissons consomment directement du sédiment, il peut y avoir des intermédiaires.

Cette association entre carbone d'origine détritique et contamination confirme le rôle du sédiment dans le processus de contamination, par une approche cependant différente de la première étude. L'ensemble des données a ensuite été traité par régression log-linéaire pas à pas descendante, visant à expliquer la contamination de la chair des poissons par l'ensemble des variables disponibles : taille, poids, âge, position trophique, proportion de carbone d'origine détritique dans l'alimentation, teneur en lipides, sexe et niveau maximum de concentration dans le sédiment pour la période d'exposition. Dans cette approche on commence par établir un modèle général, dont on retire une à une les variables ayant un effet non significatif pour finalement obtenir le modèle expliquant la plus grande part de variabilité (de la contamination) avec le minimum de variables explicatives.

On obtient ainsi un modèle statistique expliquant 78% des variations de la contamination par la taille des poissons, la proportion de carbone d'origine détritique dans leur alimentation, et la concentration maximum en PCB dans le sédiment⁴. Ce modèle pourrait être utilisé dans un but prédictif : seuls 4 échantillons (des chevesnes) du jeu de données sont prédits inférieurs au seuil en étant supérieurs dans la réalité. Pour 3 d'entre eux on est dans la marge d'erreur analytique.

Les trois espèces étudiées (barbeau fluviatile, brème commune et chevesne) démontrent des aptitudes bien différenciées à l'accumulation des PCB, en relation avec leur habitat et leur régime alimentaire.

³ Vivant donc au fond, au contact du sédiment

⁴ obtenue des carottes de sédiments étudiées dans le volet sédimentologie du projet, en sélectionnant la section de carotte en correspondance avec l'âge des poissons

Cependant pour une même espèce à un même site les « signatures isotopiques » peuvent varier largement. La chevesne, opportuniste et exploitant préférentiellement des proies inféodées à du carbone d'origine autochtone est peu contaminé, tandis que les brèmes et barbeaux sont plus contaminés, et plus liés (avec une certaine variabilité) au carbone d'origine détritique. Ainsi on peut confirmer le rôle central du sédiment dans le processus de contamination des poissons ; les résultats obtenus dans ces deux études ouvrent la voie à la détermination d'un seuil de qualité des sédiments qui permettrait, avec un degré de certitude raisonnable, la consommation des poissons.