

## Plan national d'actions sur les polychlorobiphényles (PCB)

### AXE 2 : « Améliorer les connaissances scientifiques sur le devenir des PCB dans les milieux aquatiques et gérer cette pollution »

**Action** « Comprendre les liens entre la contamination des sédiments et celle des poissons »

#### But poursuivi

Les sédiments fins sont reconnus pour jouer un rôle clé dans le processus de contamination du biote (y compris les poissons) par les PCB.

Dans le cadre de cette action, il s'agit d'améliorer la compréhension des relations entre la contamination des sédiments et celle des poissons de rivière en les décrivant par des modèles de bioaccumulation plus ou moins complexes, qui permettent notamment de déterminer un niveau seuil de PCB dans les sédiments au-dessus duquel les poissons ne seraient pas conformes aux teneurs maximales en dioxines et en PCB de type dioxine fixées par la réglementation (*i.e.* règlement européen fixant les teneurs maximales pour les dioxines et les PCB de type dioxine dans les denrées alimentaires).

#### Bilan de l'action

##### Contexte et objectifs

Plusieurs études menées par l'IRSTEA entre 2008 et 2011 visaient à étudier les relations entre contamination des sédiments et du biote par les PCB, à différentes échelles spatiales et en suivant des approches différentes :

- une étude soutenue par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse, les Régions Rhône-Alpes et PACA, la Compagnie Nationale du Rhône (volet recherche du Plan-Rhône), et l'ONEMA dans le cadre des plans d'actions PCB au niveau national et au niveau du bassin<sup>1</sup> ;
- une étude réalisée pour le compte de la DREAL Rhône-Alpes / Délégation de bassin et circonscrite au bassin Rhône-Méditerranée<sup>2</sup> ;
- une étude nationale soutenue par l'ONEMA au travers de sa convention de partenariat avec l'IRSTEA, s'inscrivant dans le cadre du plan national d'actions sur les PCB et visant à exploiter à des fins environnementales la base de données constituée à partir du plan national d'échantillonnage des poissons de rivière et des sédiments (cf. axe 3)<sup>3</sup>.

Ces trois études avaient l'objectif commun de mieux appréhender les relations entre contamination des sédiments et contamination des poissons, selon des méthodologies assez différentes.

- A. L'objectif central de l'étude « plan Rhône » était de construire **un modèle d'accumulation des PCB à base physiologique** permettant d'incorporer la variabilité des comportements du biote (poissons), et de comprendre ainsi pourquoi sur un même site, des poissons apparemment similaires avaient des niveaux de contamination différents, pour ensuite définir des niveaux seuil de contamination dans les sédiments qui puissent être ajustés site par site ou protéger tous les sites avec un bon niveau de certitude. Le développement de ce modèle à base physiologique s'est appuyé sur une base de données expérimentales produites dans le cadre du projet (3 sites, 3 espèces de cyprinidés, ~135 poissons analysés, ainsi que des carottes de sédiment sur chaque

<sup>1</sup> Babut, M., C. Miège, A. Roy, C. Lopes, G. Roux, M. Desmet et H. Persat (2011). Transferts de contaminants hydrophobes du sédiment au biote : construction de modèles dans une perspective de gestion. 186 p.

<sup>2</sup> Babut, M., A. Roy, C. Lopes, S. Pradelle (2011). Contamination des poissons d'eau douce par les PCB et d'autres contaminants persistants dans le bassin Rhône-Méditerranée. 84 p.

<sup>3</sup> Mathieu, A. et M. Babut (2012). Contamination des poissons d'eau douce par des contaminants persistants : polychlorobiphényles (PCB), dioxines, furanes, mercure – Etude des relations biote-sédiment pour les PCB. ONEMA – IRSTEA, Vincennes, 42 p.

site). A côté du modèle à base physiologique, **une approche statistique** a permis de relier la contamination des poissons étudiés à celle du sédiment (teneur maximale en PCB dans les sédiments à laquelle les poissons ont été exposés durant leur vie), en faisant intervenir deux autres variables : la taille du poisson, et la proportion de carbone d'origine détritique dans son alimentation.

- B. Dans l'étude « DREAL », réalisée à large échelle spatiale sans sélection *a priori* des espèces de poissons, la relation entre sédiment et biote (poisson) est décrite de manière assez rudimentaire à partir **du facteur d'accumulation biote-sédiment (BSAF<sup>4</sup>)**. Par une transformation assez simple de l'équation définissant le BSAF, il est possible de calculer un seuil sédiment correspondant au seuil réglementaire de consommation des poissons, qui va principalement dépendre de la valeur de BSAF retenue *in fine* pour ce calcul.
- C. Dans l'étude sur la base de données nationale dont les objectifs étaient multiples (*i.e.* documenter les relations entre contamination par les PCB et caractéristiques des poissons, décrire et expliquer les distributions des facteurs d'accumulation des sédiments aux poissons dans la perspective d'améliorer les protocoles de surveillance des milieux aquatiques, et analyser la répartition des profils de contamination par les PCB), l'approche utilisée est identique à celle de l'étude DREAL (*i.e.* **relations sédiment-poissons décrites par les BSAF**).

### Résultats saillants

**Dans l'étude « plan Rhône » (A)**, deux approches ont été utilisées pour élaborer les seuils sédiment pour les PCB ; ces approches diffèrent plus par des points de méthode qu'en termes de valeur absolue du seuil.

La première approche s'appuie sur un modèle statistique. Les trois variables utilisées dans ce modèle permettent à elles seules d'expliquer 78% de la variabilité de la contamination<sup>5</sup>. Puisque ce modèle permet de prédire la contamination dans la chair de poissons individuels à partir (i) de leur taille, (ii) de la proportion de carbone organique dans leur alimentation, et (iii) de la concentration maximale de PCB dans les sédiments (somme des concentrations des 7 PCB<sub>i</sub>) à laquelle ils ont été exposés au cours de leur vie, il est possible de calculer pour chaque poisson (de cette étude), la concentration maximale dans le sédiment qui permettrait de respecter le seuil réglementaire de consommation fixé à 8 pg-TEQ g<sup>-1</sup> de poids frais. On obtient ainsi une distribution de valeurs de la somme des concentrations de PCB<sub>i</sub> dans les sédiments. Le seuil sédiment peut être ensuite choisi dans cette distribution : par exemple, si l'on décide que 75% des poissons au minimum doivent être conformes au seuil réglementaire de consommation, il ne faudrait pas dépasser 12,7 ng·g<sup>-1</sup> (ps) pour la somme des PCB<sub>i</sub> dans les sédiments ; pour protéger 90% des poissons il ne faut pas dépasser 5,9 ng·g<sup>-1</sup>.

La deuxième approche s'appuie sur un modèle d'accumulation des PCB à base physiologique. Dans ce cas-ci, également, l'équation générale du modèle est reformulée de façon à calculer une concentration à ne pas dépasser dans le sédiment pour que les différents poissons considérés individuellement (jusqu'à un âge de 14 ans dans le cas d'étude) ne dépassent à aucun moment le seuil réglementaire. Compte tenu de la variabilité intersites de l'alimentation des espèces étudiées, le seuil obtenu varie entre 2,6 à 14 ng·g<sup>-1</sup> (ps) pour la somme des concentrations de PCB<sub>i</sub> selon le site et l'espèce considérés.

Les valeurs de seuil issues de l'étude « plan Rhône » sont donc assez cohérentes entre elles ; ce n'est pas très étonnant puisque c'est la même base de données qui a été utilisée dans les deux approches. En revanche, jusqu'à présent les deux modèles présentés ci-dessus n'ont pas été testés en-dehors de trois sites situés sur le Rhône, distribués entre l'amont et l'aval de l'agglomération Lyonnaise. Leur utilisation sur d'autres stations suscite des incertitudes, qui pourraient être levées en cherchant à démontrer la pertinence de l'un ou l'autre modèle dans des environnements différents.

Les seuils sédiment obtenus à l'aide de l'approche BSAF dans l'étude « DREAL » (B) et l'étude « nationale » (C) sont respectivement de 26,6 ng·g<sup>-1</sup> (ps) et 50 ng·g<sup>-1</sup> (ps) (somme des concentrations des 7 PCB<sub>i</sub>). La valeur de ces seuils dépend étroitement du jeu de données utilisé ; il n'est donc pas étonnant qu'ils soient différents (dans une proportion somme toute modérée puisqu'ils donnent le même taux de prédiction correcte sur la base nationale), d'autant plus que malgré l'étendue des bases de données de départ ils sont finalement dérivés sur un nombre assez limité d'échantillons et de sites,

<sup>4</sup> Le BSAF est le ratio entre la concentration du contaminant considéré dans le biote (normalisée par le taux de lipide de l'organisme) et celle dans les sédiments (normalisée par le carbone organique total, COT).

<sup>5</sup> Un modèle voisin permet d'évaluer la probabilité de dépasser le seuil réglementaire (poissons) à partir de la contamination des sédiments, de la taille et de la proportion de C détritique dans l'alimentation

eu égard à la procédure de sélection des données. Le seuil dérivé dans le cadre de l'étude DREAL circonscrite au bassin Rhône-Méditerranée semble légèrement plus satisfaisant, étant basé sur un plus grand nombre de sites et autant d'espèces que le seuil « national ». Sa capacité prédictive reste néanmoins modeste, et le taux d'erreur de type II<sup>6</sup> trop élevé. Il convient de souligner que de manière générale, dans une perspective de protection de l'environnement ou des consommateurs, il est plus important de diminuer ce taux (taux de faux négatifs en langage commun).

Les seuils obtenus dans ces différents cas de figure sont résumés dans le Tableau 1. Pour faciliter la comparaison, les deux valeurs citées en exemple illustrant l'application du « modèle statistique » sont présentées, dans la mesure où les approches BSAF ont été conduites sur la base du 3<sup>ème</sup> quartile du BSAF et de la fraction lipidique dans les poissons et du 1<sup>er</sup> quartile de la fraction en carbone organique total dans les sédiments.

**Tableau 1.** Synthèse des seuils sédiment (somme des 7 PCB<sub>i</sub> en ng·g<sup>-1</sup> poids sec) obtenus dans les 3 études IRSTEA entre 2008 et 2011.

| Source                            | Approche                                      | Résultat | Remarque                                                                                                                                            |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Etude « plan Rhône »              | Modèle statistique, 3 <sup>ème</sup> quartile | 12,7     | Erreur type II admise 25%                                                                                                                           |
|                                   | Modèle statistique, 90 <sup>ème</sup> centile | 5,9      | Erreur type II admise 10%                                                                                                                           |
|                                   | Modèle à base physiologique                   | 2,6 - 14 | Contrainte de non-dépassement en tout temps                                                                                                         |
| Etude / bassin Rhône-Méditerranée | BSAF                                          | 26,6     | 62% de prédiction correcte dans la base d'origine, taux d'erreur type II élevé. 54% de bonne prédiction en utilisant ce seuil sur la base nationale |
| Etude base nationale              | BSAF                                          | 50       | 55% de prédiction correcte dans la base d'origine, taux d'erreur type II élevé                                                                      |

Il y a peu d'espoir d'améliorer significativement la capacité prédictive des seuils issus de l'approche BSAF. Le fait d'utiliser des valeurs de carbone organique total (COT) dans les sédiments mesurées au même site que les concentrations en PCB dans les calculs aboutissant à la détermination du BSAF, semble diminuer le biais introduit par le tirage aléatoire des valeurs de COT dans un tableau dissocié des valeurs de PCB. Ce biais a été introduit parce que la concentration en COT n'a pas été mesurée systématiquement dans les sédiments en même temps que les PCB. Cette amélioration n'aura cependant aucun effet sur le taux d'erreur de type II, et permettra seulement d'ajuster la valeur du seuil.

Quelques essais ont été réalisés en fixant le seuil obtenu par la procédure BSAF à la limite inférieure de l'intervalle de confiance, ou en utilisant les percentiles 90 des variables, mais cela ne modifie quasiment pas le taux d'erreur de type II, ni la proportion de prédiction correcte. Cela tient en grande partie à la qualité des données sédiments : on remarque en effet qu'il y a un nombre élevé d'échantillons pour lesquels les concentrations de PCB dans les sédiments sont inférieures à la limite de quantification de la méthode d'analyse (LQ) alors que la chair des poissons aux mêmes sites dépasse la valeur réglementaire de consommation. Cette remarque renvoie en premier lieu à des questions sur la stratégie et la pratique de l'échantillonnage des sédiments (choix des sites, pente, vitesse du courant, modalités de constitution des échantillons), et secondairement à des voies d'exposition des poissons qui impliqueraient des matières en suspension et/ou des sédiments non stabilisés.

#### *Perspectives d'utilisation des seuils*

Les différents seuils sédiment présentés ci-dessus sont tous entachés d'incertitudes, de différentes natures. Ce constat peut être fait pour n'importe quel seuil de qualité, à usage réglementaire ou non. Simplement l'incertitude associée à ces seuils est rarement évaluée, et généralement ignorée par les utilisateurs. La question sous-jacente au choix des seuils revient cependant à celle de l'incertitude

<sup>6</sup> L'erreur de type II correspond au taux de lots de poissons prédits comme conformes sur la base de la concentration en PCB dans les sédiments et qui sont dans les faits supérieurs au seuil sanitaire dans la chair des poissons.

tolérable par rapport à l'utilisation qu'on veut faire des seuils.

Dans le bassin du Rhône, depuis 2008, les seuils sédiment sont utilisés pour déterminer les options de gestion des sédiments de dragage ; préalablement aux travaux résumés ci dessus ici, un système à deux seuils a été élaboré, sur la base de la bibliographie disponible et à dire d'expert<sup>7</sup> :

- pour des concentrations de la somme des PCB<sub>i</sub> < 10 ng·g<sup>-1</sup> (ps), le dragage ou la remise en suspension au fil de l'eau peut être effectué sans contrainte ;
- lorsque la somme des PCB<sub>i</sub> ≥ 60 ng·g<sup>-1</sup> (ps), la remise en suspension est prohibée, et les résidus de dragage doivent être gérés hors du cours d'eau ;
- entre 10 et 60 ng·g<sup>-1</sup> (ps, somme des PCB<sub>i</sub>), le choix dépend du niveau de concentration de la zone où se déposeraient les sédiments remis au fil de l'eau (ou clapés dans le cours d'eau après dragage).

Cette approche à deux seuils permet notamment de réduire l'impact des types d'erreur.

La valeur du deuxième seuil (60 ng·g<sup>-1</sup>) avait été retenue sur la base de la toxicité des PCB pour les invertébrés, faite à l'époque de bases solides pour prendre en compte le risque lié au transfert trophique. La valeur du seuil inférieur correspondait au « bruit de fond » estimé.

Il est important de noter que les seuils sédiment dérivés à partir de l'approche « BSAF » sont inférieurs à ceux obtenus à partir des données de toxicité des PCB envers les invertébrés benthiques (27 et 50 ng·g<sup>-1</sup> vs 60 ng·g<sup>-1</sup> ps) ; on peut donc faire l'hypothèse que les seuils « BSAF » seraient aussi protecteurs vis-à-vis de la faune benthique. Cependant, il est également utile de rappeler que les seuils BSAF reflètent essentiellement une préoccupation sanitaire (i.e. translation d'une limite réglementaire dans la chair du poisson visant à protéger l'Homme), et qu'il reste donc à évaluer dans quelle mesure ils protégeraient aussi les prédateurs des poissons (mammifères aquatiques ou oiseaux piscivores).

Si l'on confronte les seuils obtenus par les différentes approches et résumés dans le Tableau 1 avec la stratégie appliquée à l'heure actuelle dans le bassin du Rhône, et compte tenu des incertitudes associées à chaque seuil, il est possible pour cette utilisation des seuils sédiment de formuler les propositions suivantes :

- remplacer le seuil de 60 ng·g<sup>-1</sup> par un seuil basé sur l'approche BSAF, par exemple le seuil de 27 ng·g<sup>-1</sup> ;
- maintenir le seuil de 10 ng·g<sup>-1</sup> en l'état ;
- réserver le modèle à base physiologique à des études détaillées, par exemple pour fixer un objectif de restauration.

Dans la mesure où les concentrations intermédiaires entre les deux seuils ne déclenchent pas automatiquement d'interdiction mais amènent à affiner les options de gestion et leur mise en œuvre, l'impact du taux d'erreur de type II serait minimisé. Le choix entre 27 et 50 ng·g<sup>-1</sup> est à faire par les autorités *ad hoc*, en connaissance des caractéristiques de chacun de ces seuils.

Le seuil à 10 ng·g<sup>-1</sup> est proche du seuil de 5,9 ng·g<sup>-1</sup> obtenu par le modèle statistique et protégeant 90% des poissons. De fait, les zones du Rhône où les sédiments présentent un niveau de concentration proche de 10 ng·g<sup>-1</sup> (ps, somme des PCB<sub>i</sub>) ne souffrent pas d'interdiction de consommation. Par ailleurs, ces niveaux de concentration sont proches des limites de quantification atteintes par les laboratoires d'analyse impliqués dans les réseaux de surveillance.

Aucun de ces seuils sédiment ne serait assimilable à une norme de qualité environnementale (NQE) au sens de la directive cadre pour l'eau (DCE). Les incertitudes associées aux seuils développés dans le cadre de ces travaux, de même que leur finalité opérationnelle (repérage de sites à risque) ne sont effet pas compatibles avec la définition des NQE.

Ces propositions ne préjugent pas d'autres utilisations des seuils ; pour celles-ci, la discussion doit se poursuivre.

Ces propositions reflètent l'état actuel des connaissances en notre possession. Il paraît assez clair qu'elles n'épuisent pas le débat, et que des besoins de révision de ces seuils interviendront tôt ou tard. Dans cette perspective, la pertinence du modèle statistique devrait être testée sur un plus grand nombre de sites et d'espèces.

---

<sup>7</sup> Babut, M. et C. Miège (2008). Proposition de seuils décisionnels temporaires pour la gestion des sédiments à draguer dans le Rhône. Cemagref, 9 p.