

Maisons-Alfort, le 28 mars 2008

Avis

de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'interprétation des résultats d'analyses du plan d'échantillonnage mis en place dans le cadre de la pollution en PCB des poissons du Rhône

LA DIRECTRICE GÉNÉRALE

1- RAPPEL DE LA SAISINE

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a été saisie le 9 août 2007 par la Direction générale de l'alimentation d'une demande d'avis relative à l'interprétation des résultats d'analyses du plan d'échantillonnage mis en place dans le cadre de la pollution en PCB du Rhône.

2- CONTEXTE GENERAL ET QUESTIONS POSEES

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) avait été saisie le 8 août 2005 d'une demande d'appui scientifique et technique relative au risque sanitaire lié à la consommation de poissons pêchés dans le département du Rhône (zone du canal de Jonage). Deux résultats de contamination de brèmes pêchées dans le canal de Jonage alimenté par les eaux du Rhône indiquaient des taux très élevés de PCB (1365 et 1612 µg/kg de poids frais sur la base des 7 PCB indicateurs (PCB-i).

Au regard des données disponibles et pour préciser le niveau de contamination, l'Afssa avait recommandé de procéder à des analyses de PCB-i, mais également de PCB de type dioxine (PCB-DL) et de dioxines et furanes (PCDD/F), sur les 4 principales espèces mentionnées : brèmes, carpes, silures et brochets.

Suite à une deuxième campagne de prélèvements dans le canal de Jonage, une nouvelle demande d'appui scientifique et technique a été adressée à l'Afssa le 2 janvier 2006 par la Direction générale de l'agriculture et la Direction générale de la santé pour i) analyser les résultats du plan de prélèvement, ii) identifier une éventuelle variabilité des niveaux de contamination selon les espèces de poissons et iii) détecter d'éventuelles variations significatives entre les différentes zones de prélèvements de l'amont vers l'aval du canal.

Dans son avis du 13 mars 2006 l'Afssa avait indiqué que, selon les niveaux de contamination en PCB-i et PCB-DL relevés dans les poissons prélevés sur toute la longueur du canal, toutes les espèces étaient contaminées par les PCB et confirmait le bien-fondé des mesures prises par le Préfet du Rhône d'interdiction de la mise à la consommation de ces poissons.

Considérant les niveaux élevés de contamination observés dans le canal de Jonage, alimenté par les eaux du Rhône, l'Afssa avait recommandé de mieux cerner la zone contaminée en effectuant des prélèvements de poissons en amont et aval de cette zone.

Considérant également que les poissons vivant près du sédiment apparaissaient plus contaminés que ceux vivant en pleine eau, des données complémentaires sur les niveaux de contamination des sédiments sur l'ensemble de la zone explorée avaient également été demandées.

Au printemps 2007, un plan d'échantillonnage élargi a donc été défini par la Direction Générale de l'alimentation afin de déterminer le niveau de contamination en PCB-i, PCB de type dioxine (PCB-DL) et dioxines des poissons pêchés dans le Rhône en amont et en aval de Lyon.

Les résultats d'analyses ayant mis en évidence des contaminations de certaines espèces au delà des seuils réglementaires, plusieurs arrêtés préfectoraux d'interdiction de consommation ont été mis en œuvre notamment dans les départements de la Drôme et de l'Ardèche (13 juin 2007) ainsi que dans les Bouches du Rhône et le Vaucluse (7 août 2007).

Le 9 août 2007, l'Afssa a été saisie par la Direction générale de l'alimentation afin de répondre aux questions suivantes :

- 1) Déterminer au regard des nouveaux résultats d'analyses disponibles et des connaissances scientifiques et techniques relatives au mode de vie des poissons, les espèces qui présentent des résultats conformes ou non conformes aux seuils réglementaires en vigueur au niveau communautaire.
- 2) Concernant les espèces qui présentent peu ou pas de résultats défavorables lors de cette campagne de prélèvement, préciser le cas échéant les plans de prélèvements complémentaires qui permettraient de considérer ces espèces comme propres à la consommation sur la base des seuils réglementaires actuellement en vigueur.
- 3) Indiquer l'état des connaissances scientifiques relatives à une corrélation éventuelle entre la contamination en PCB des sédiments fluviaux et le niveau de contamination des poissons.

Dans son avis du 3 décembre 2007, l'Afssa a répondu, sur la base des données analytiques qui lui avaient été communiqués, aux questions 1 et 2 relatives au risque de dépassement de la limite réglementaire en PCB-DL+ PCDD/F (seuls à être réglementés au niveau Européen) par espèces et par site de prélèvements.

Sur la base des données analytiques complémentaires reçues depuis novembre 2007 sur certains secteurs du Rhône et sur certaines espèces, le présent avis :

- Complète l'analyse statistique des données afin d'affiner : i) les conclusions émises en décembre concernant les espèces à risque de dépassement des seuils réglementaires en PCB-DL+ PCDD/F, ii) les recommandations concernant les plans d'échantillonnage complémentaires,
- Compare, dans le contexte du projet de réglementation européen sur les PCB-NDL, les conclusions obtenues sur la base de la réglementation en vigueur sur les PCB-DL + PCDD/F à celles qui pourraient être envisagées sur la base des seuls PCB-NDL
- Indique l'état des connaissances scientifiques relatives à une corrélation éventuelle entre la contamination en PCB des sédiments fluviaux et le niveau de contamination des poissons.

3- RAPPEL DU CONTEXTE REGLEMENTAIRE

La limite maximale, fixée par le règlement (CE) n° 199/2006 pour la somme des PCB-DL+ PCDD/F (TEQ global)¹, est de 8 pg TEQ_{OMS}/g de poids frais pour toutes les espèces exceptée l'anguille pour laquelle la limite est de 12 pg TEQ_{OMS}/g.

Ces limites ont été établies sur la base du principe « ALARA » (As Low As Reasonably Achievable) : aussi bas que raisonnablement possible et ont été fixées à partir des données de contaminations des poissons de mer recueillies au travers des plans de surveillance communautaires réalisés par les états membres. Ces limites visent à limiter autant que possible l'exposition alimentaire du consommateur à ces substances mais ne sont pas basées exclusivement sur des critères toxicologiques.

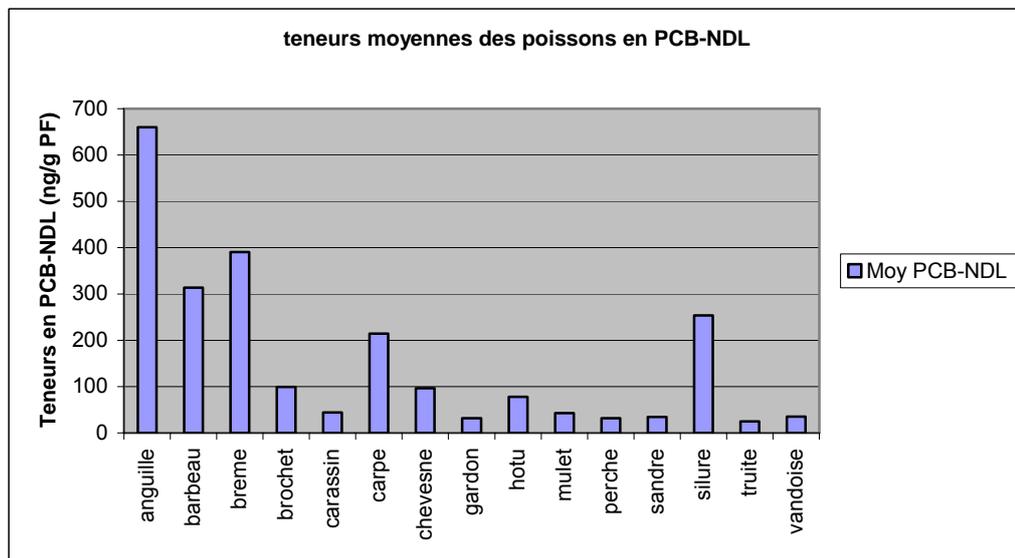
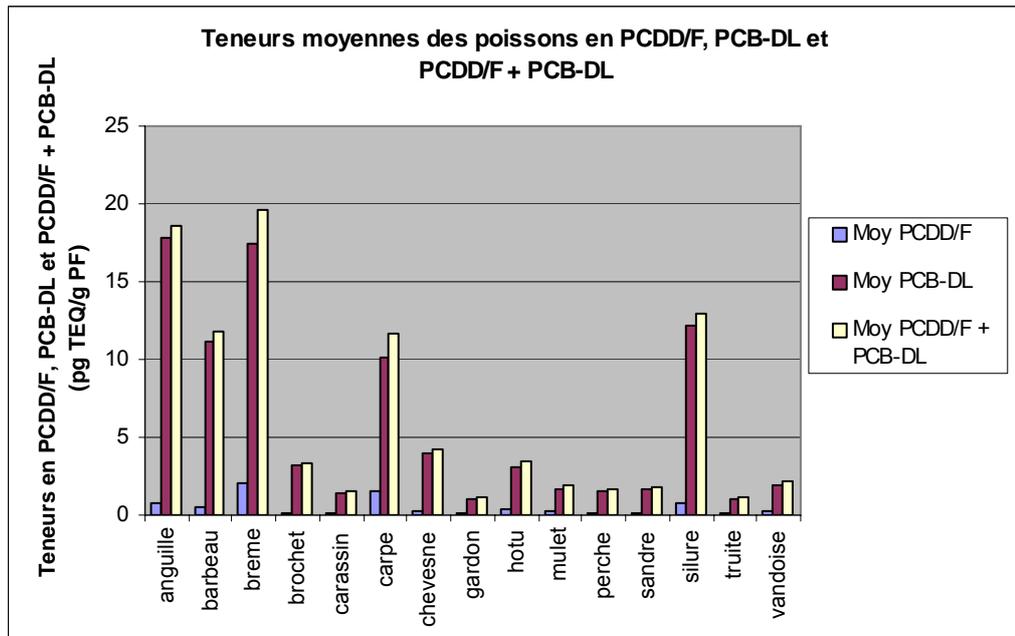
Il convient également de rappeler que les sources de contamination des PCDD/F (dioxines/furanes) et celles des PCB sont différentes. Alors que les PCB sont, depuis plusieurs années, interdits et que leur présence dans l'environnement est liée à leur rémanence, les PCDD/F sont produits au cours des procédés de combustion industrielle (UIOM² notamment) pour lesquels des mesures de réduction des sources d'émission ont été prises depuis plusieurs années.

¹ TEQ : EQuivalent Toxique. Les équivalents toxiques de tous les constituants du mélange sont additionnés et définissent le TEQ global : toxicité relative du mélange.

² UIOM : Usines d'Incineration d'Ordures Ménagères

Dans le cas de la contamination des poissons du Rhône, on observe que les non-conformités réglementaires (4 pg /g de poids frais pour la somme des dioxines et furanes (PCDD/F) et 8 pg/g ou 12 pg/g (cf. anguilles) de poids frais pour la somme dioxines/furannes et PCB-DL (PCDD/F + PCB-DL = TEQ global) sont à relier majoritairement à une contamination par les PCB-DL et non pas par les PCDD/F. Par ailleurs, les PCB-NDL contribuent fortement à la contamination globale par les PCB (cf. figure 1).

Figure 1 : Teneurs moyennes en PCDD/F, PCB-DL, (PCDD/F + PCB-DL) et PCB-NDL des poissons analysés dans le Rhône



Actuellement, il n'existe pas de teneurs maximales fixées pour l'ensemble des PCB dans les aliments.

Seuls les PCB-DL (congénères 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189) sont réglementés dans le cadre du règlement européen qui porte sur l'ensemble PCDD/F + PCB-DL. Or les PCB-DL représentent moins de 10% de la charge corporelle chez l'homme (données AESA) alors que les PCB-NDL constituent 90% des PCB présents dans les tissus humains. Dans le cas d'une contamination d'un compartiment de l'environnement par des PCBs on voit donc l'intérêt de déterminer des limites maximales pour les PCB indépendantes des PCDD/F.

Six PCB-NDL présentant un fort potentiel toxique ont été retenus comme contributeurs majeurs à l'exposition alimentaire aux PCBs. Dans son rapport de 2005, l'AESA recommande donc de gérer la contamination des aliments par les PCB sur la base du suivi de 6 PCB-NDL (PCB-28, 52, 101, 138, 153 et 180) soit les 7 PCB indicateurs actuellement utilisés dans les suivis de contamination environnementaux (PCB-28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180) en ne prenant pas en compte le PCB-118 congénère de type dioxine qui est déjà pris en compte comme PCB-DL.

4- DESCRIPTION DES DONNEES ET METHODOLOGIE D'ANALYSE

4-1 Description des données

4.1.1 classification des sites de prélèvements

Les sites de prélèvements des poissons ont été regroupés en 5 secteurs (de P1 à P5, cf. annexe 3) en concertation avec le Cemagref³ pour tenir compte des caractéristiques hydrologiques et des situations géographiques amont/aval du Rhône afin d'obtenir des effectifs suffisants de poissons par secteur de prélèvement. La taille des secteurs pourraient le cas échéant être revus, en fonction des effectifs de poissons disponibles.

Tableau 1 : Définition des secteurs amont-aval du Rhône d'après un travail commun Cemagref-Afssa

	Amont (début)	Aval (fin)
Secteur P1	Source du Rhône	Barrage de Sault Brénaz
Secteur P2	Barrage de Sault Brénaz	Confluence Saône-Rhône
Secteur P3	Confluence Saône-Rhône	Confluence Isère-Rhône
Secteur P4	Confluence Isère-Rhône	Confluence Durance-Rhône
Secteur P5	Confluence Durance-Rhône	Méditerranée

4.1.2 Données poissons

Les données analysées et interprétées dans le cadre de cette saisine proviennent de toutes les campagnes de prélèvements conduites ces 4 dernières années (2005, 2006, 2007 et 2008) de l'amont (départements de l'Ain et du Rhône) vers l'aval (départements de la Drôme, Ardèche, Gard, Vaucluse, Bouches-du-Rhône) du Rhône.

Les analyses ont été réalisées par deux laboratoires : le LABERCA et CARSO⁴. Les essais inter laboratoires organisés depuis 2002 en France et en Europe concernant la comparaison des données produites sur PCB et dioxines n'ont pas montré de différence significative entre les résultats de ces deux laboratoires de sorte que les données obtenues dans le cadre de cette campagne de mesures ont pu être agrégées.

Depuis 2005 un total de 460 analyses a donc été effectué⁵. Toutefois, compte tenu d'un certain nombre de paramètres manquants, concernant notamment le poids et la taille des poissons ainsi que les teneurs en PCB-DL, PCDD-F et/ou la somme PCDD/F + PCB-DL (exprimée en TEQ global), l'interprétation des données a porté sur 386 échantillons (cf. détail des effectifs décrits en annexe 1) en considérant les paramètres suivant : i) les coordonnées géographiques du lieu de pêche ou secteur de prélèvement, ii) l'espèce, iii) le poids du poisson, iv) les teneurs en PCBi (somme des 7 PCB indicateurs) ou en PCB-NDL (somme des 6 indicateurs précédemment décrits) et le TEQ global.

³ Cemagref (Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement) ; Unité de Recherches Biologie des écosystèmes aquatiques, Groupement de Lyon.

⁴ Le LABERCA (Laboratoire d'Etude des Résidus et Contaminants dans les Aliments, Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes) est laboratoire national de référence pour la surveillance des dioxines (PCDD/F) et les PCB-dl dans les aliments. Le groupe CARSO comprend plusieurs laboratoires de prestation analytique, spécialisés pour certains dans la mesure des polluants organiques persistants dont les dioxines et les PCB. Les deux structures sont agréées par la DGAI (MAP) pour la réalisation des plans nationaux de surveillance, et sont toutes deux accréditées par le COFRAC selon le référentiel ISO17025.

⁵ Données communiquées à l'Afssa jusqu'à début février 2008

4.1.3 Données sédiments

Les données analysées et interprétées dans le cadre de cette saisine proviennent :

- De 30 échantillons prélevés au printemps 2006 (cf. Série1 en annexe 2) dont 15 échantillons collectés en surface (≤ 5 cm) sur 15 sites et 15 échantillons prélevés à différentes profondeurs sur 7 sites. Sur ces 15 échantillons, deux (Lucey et Loyettes) prélevés entre juin 2006 et septembre 2007 proviennent d'une campagne de prélèvements complémentaires, effectuée dans le cadre d'un suivi réglementaire par la société TREDI-SA située dans la plaine de l'Ain.
- D'une vingtaine d'échantillons prélevés en surface dans des zones présumées de dépôt (zones de ralentissement du courant à l'amont ou à l'aval des écluses) entre Chanaz (73) et la Méditerranée (cf. Série 2 ou Profil en long 2007 en annexe 2)

Les paramètres analysés étaient dans les deux cas, la distribution granulométrique, le taux de carbone organique (COT), les teneurs en PCB indicateurs (PCBi), en PCB de type dioxines-like (PCB-DL), en dioxines et furanes (PCDD et PCDF), des traceurs radioactifs.

- - Des fichiers nationaux (RNB-RCB 2000-2005). Ces données récoltées dans le cadre de la surveillance du réseau national de bassin ont servi à publier la carte nationale de contamination des PCB publiée par le MEDAD en octobre 2007. En raison d'une différence importante en matière de stratégie d'échantillonnage dans le cadre de cette campagne, les données du fichier national « RNB RCB » ont toutefois été considérées et analysées séparément. En effet, à l'inverse des deux premières séries de données qui portent sur des échantillons élémentaires, dans les réseaux nationaux, les prélèvements sont définis en fonction de critères hydrographiques, et les échantillons sont composites puisque constitués de mélanges de sédiments émanant de différentes zones.

4.2– Méthodologie d'analyse des données

4.2.1 Données poissons

Une analyse multivariée de type *régression linéaire généralisée lognormale* (cf. annexe 4), a été réalisée de façon à analyser simultanément plusieurs variables (espèce, secteurs, poids) et de comparer de manière quantitative les moyennes de contamination (TEQ global) et leurs intervalles de confiance aux limites réglementaires en prenant en compte les effets des variables explicatives.

L'étude de la variable quantitative de $\log_{10}(\text{TEQ global})^6$ (PCDD/F+ PCB-DL) en fonction de plusieurs variables explicatives a été réalisée parallèlement à l'étude de la variable quantitative de $\log_{10}(\text{PCB-NDL})$

Cette analyse a permis de calculer i) des prédictions moyennes et des intervalles de confiance de la variable TEQ global (PCDD/F + PCB-DL) afin de les comparer à la limite réglementaire (12 $\mu\text{g/g}$ de produit frais pour les anguilles et 8 $\mu\text{g/g}$ de produit frais pour les autres espèces), ii) des prédictions moyennes et des intervalles de confiance de la variable PCB-NDL afin de les comparer aux résultats obtenus avec la variable TEQ global.

4.2.2 Données sédiments

Recherche d'une corrélation quantitative entre sédiments et poissons

Pour quantifier une éventuelle corrélation entre les teneurs en PCB dans les sédiments et les teneurs en PCB dans les poissons du Rhône, deux sources de données de contamination des sédiments ont été utilisées :

⁶ On ne modélise pas la variable TEQ global, mais $\log_{10}(\text{TEQ global})$ car la transformation en log montre la normalité de la variable.

- les données citées précédemment (points proches de Lyon en amont du Rhône, profil en long de Chanaz à la Méditerranée et points dans le canal de Jonage)
- les données 2000-2005 du Réseau National Bassin et reçues du Medad qui donnent une connaissance à une échelle nationale des niveaux de contamination des sédiments par les PCB. Concernant le Rhône, une douzaine de points correspond à des points de prélèvements de poissons.

Une analyse univariée permettant d'étudier les tendances des niveaux de contamination par secteur de prélèvement (ou par regroupement d'espèce)⁷ a été utilisée à des fins descriptives. Seuls les sites dans lesquels ont été prélevés simultanément des sédiments et des poissons ont été retenus dans le cadre de cette analyse (avec une maille de 5 ou 10 km). Un coefficient de corrélation a ensuite été calculé entre la contamination des sédiments et celle des poissons en se basant sur les moyennes de contamination (moyennes de contamination des sédiments par secteurs de prélèvements et moyennes de contamination des poissons par secteurs de prélèvement et par catégorie d'espèce).

Recherche d'un lien de causalité entre la contamination des sédiments et la contamination des poissons

La démarche d'une recherche de causalité a reposé sur les données disponibles (études spécifiques et littérature scientifique) pour élaborer et discuter un « modèle conceptuel ». Cette démarche doit être étayée par des arguments telles que la *co-occurrence*, la *temporalité*, le *gradient d'effet*, l'identification des *voies d'exposition* (USEPA, 2000). Sont également examinés des critères comme la *plausibilité*, sous l'angle du mécanisme d'action et de la relation exposition-réponse, la *consistance de l'association* (observations similaires dans d'autres lieux), voire la *vérification expérimentale* (USEPA, 2000).

Critère	Résumé
Cooccurrence	Correspondance spatiale entre cause hypothétique et effet (ici contamination de la chair des poissons); prise en compte de l'organisation spatiale amont-aval dans le cas de cours d'eau ...
Gradient d'effet	L'amplitude de l'effet observé doit augmenter avec l'exposition
Voie d'exposition	Description de la voie d'exposition, données d'observation à l'appui
Plausibilité	S'appuie sur la bibliographie
Consistance	Observations répétées d'effets similaires associés à la cause hypothétique en différents lieux / périodes

5. RESULTATS

5.1 Poissons

5.1.1 Prédications du niveau de contamination moyen TEQ global par espèce et par site

Les résultats de prédiction sont présentés (cf. représentations détaillées et grille d'interprétation des résultats en annexe 5 et 6) pour les espèces les plus représentées (au moins 5 résultats par espèce et par secteur). Il est important de noter que ces prédictions sont des moyennes et que les intervalles de confiance à 95% sont les intervalles à 95% autour de ces moyennes.

Pour les espèces moins représentées (moins de 5 résultats par espèces et par secteur), mais dont on sait qu'elles peuvent être abondantes, des plans d'échantillonnage complémentaires ont été recommandés (cf. détail en annexe 9).

Les prédictions du niveau de contamination moyen par espèce et par site ont permis d'aboutir aux constats suivants :

⁷ Les espèces ont été regroupées, par une méthode d'analyse en clusters, en 3 catégories selon leur niveau de contamination en PCB-DL+PCDD/F (TEQ global) et en PCB-NDL (catégorie 1 =Anguille, barbeau, brème, carpe, silure, catégorie 2 = Brochet, carassin, chevesne, hotu, mullet, sandre, vandoise et catégorie 3 = Truite, gardon, perche)

1. Les prédictions moyennes de contaminations en TEQ global montrent avec un niveau de certitude de 95% que la limite réglementaire est dépassée pour les espèces suivantes dans les secteurs cités:
 - Anguille de tous poids dans le secteur P4
 - Barbeaux de plus de 3 kg dans le secteur P1, Barbeaux de tous poids dans les secteurs P2 et P3 et barbeaux de plus de 1,5 kg dans le secteur P4.
 - Brème de tous poids dans les secteurs P2, P3 et P4
 - Carpes de tous poids dans les secteurs P2, P3 et carpes de plus de 4 kg dans le secteur P4
 - Silures de tous poids dans les secteurs P2 et P3 et silures de plus de 2 kg environ dans les secteurs P4 et P5

Ces poissons apparaissent donc, au regard de la réglementation en vigueur, comme impropres à la consommation dans les secteurs considérés.

2. Les prédictions moyennes de contaminations en TEQ global montrent avec un niveau de certitude de 95% que la limite réglementaire n'est pas dépassée pour les espèces suivantes et dans les secteurs considérés :
 - Brochets de moins de 3 ou 7,5 kg respectivement dans les secteurs P2 et P4
 - Chevesnes de tous poids dans le secteur P1 et P4 et de moins de 1,5 kg dans le secteur P2 et P3
 - Gardon de tous poids dans le secteur P4
 - Hotu de tous poids dans les secteurs P1 et P4
 - Mulet de tous poids dans le secteur P4
 - Perche de tous poids dans les secteurs P1 et P4
 - Sandre de moins de 5kg dans le secteur P3
 - Vandoise de tous poids dans le secteur P1
 - Carassin de tous poids dans le secteur P4
 - Truite de tous poids dans le secteur P1

Ces poissons apparaissent donc au regard de la réglementation en vigueur, comme propres à la consommation dans les secteurs considérés.

L'analyse de ces données confirment également que :

- les espèces benthiques de type anguilles, brèmes, barbeaux, carpe et silure sont les plus contaminées quel que soit le secteur considéré (cf. figure 2)
- que les secteurs P2 et P3 constituent des sites pour lesquels le risque de non conformité des poissons apparaît plus important par rapport aux secteurs P1, P4 et P5 (cf. figure 3)

Figure 2 : Distribution de la teneur en PCB-DL + PCDD/F par espèce

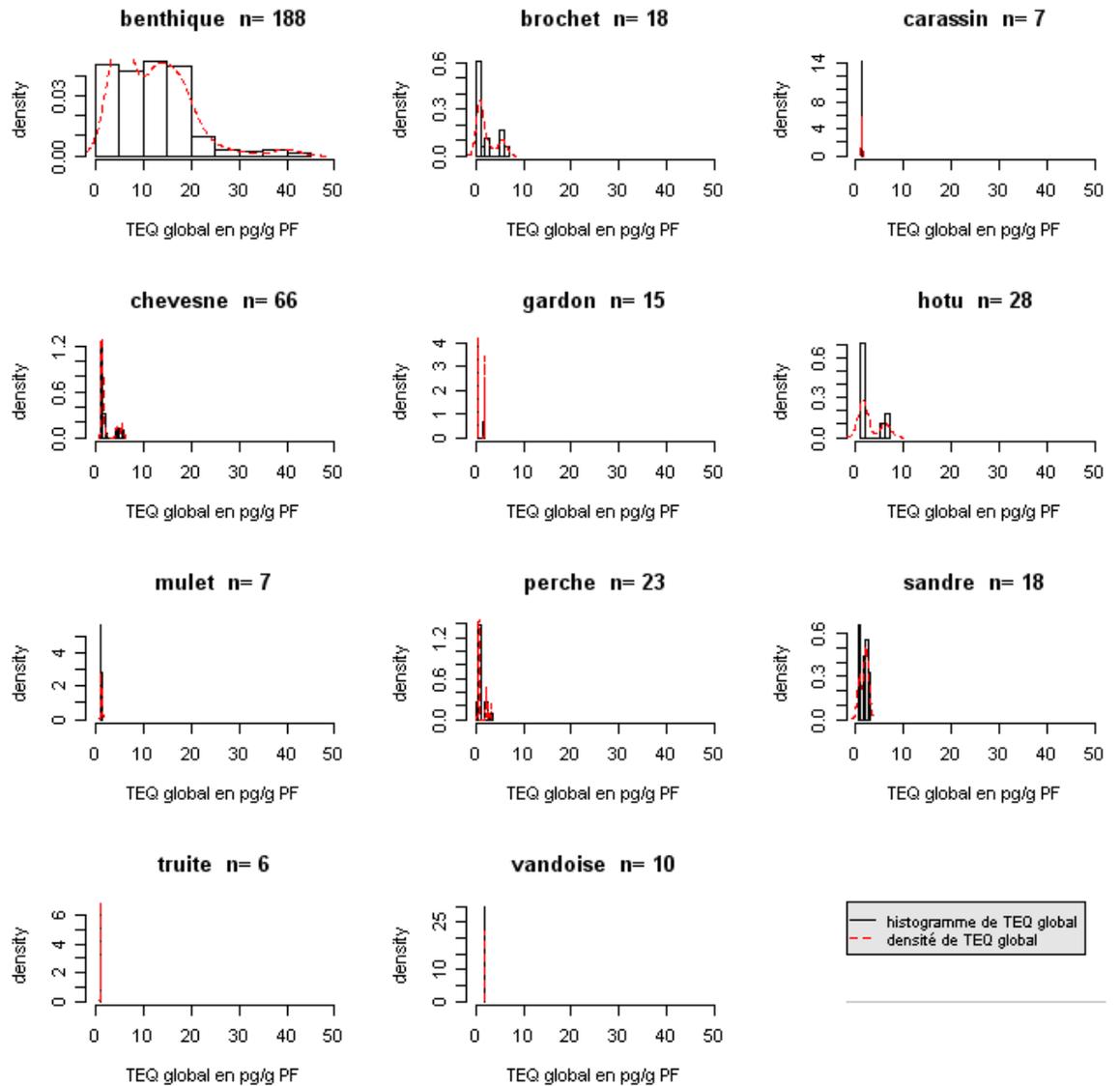
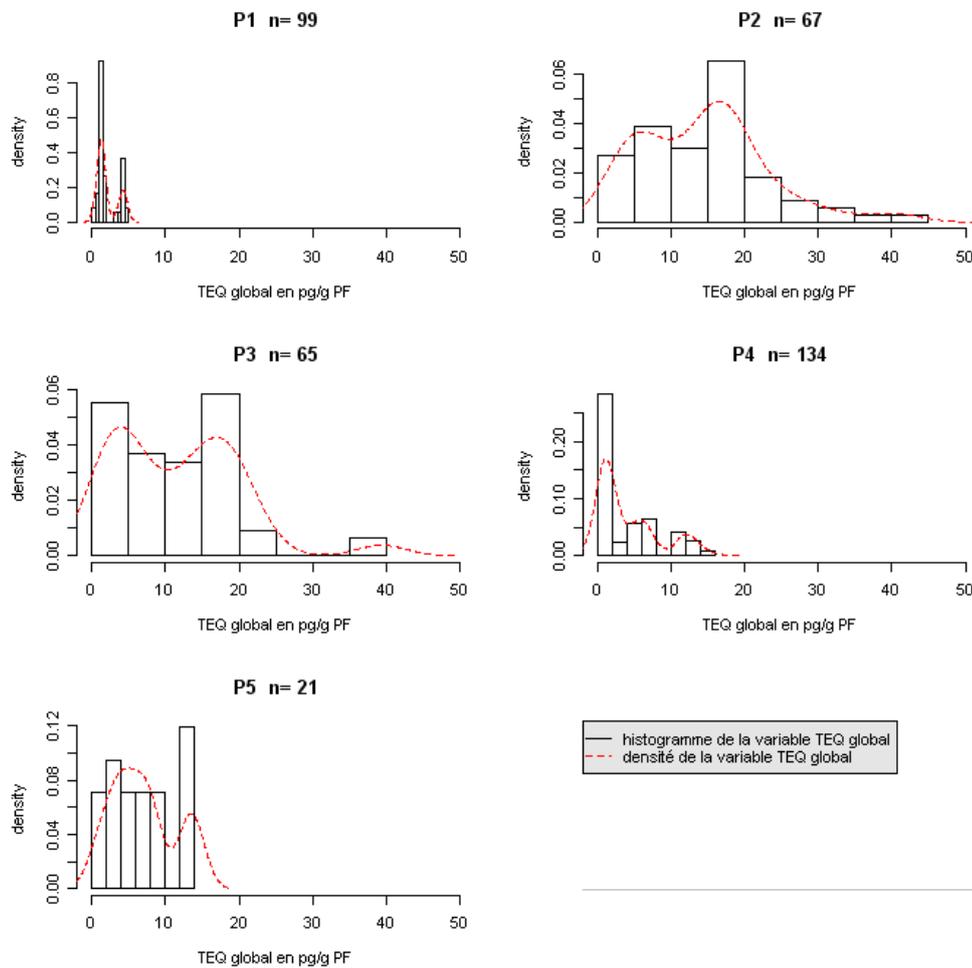


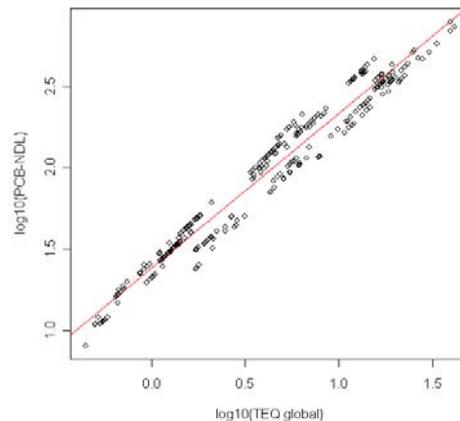
Figure 3 : Distribution de la teneur en PCB-DL + PCDD/F par site

5.1.2 Corrélation entre teneurs en PCB-DL+PCDD/F (TEQ global) et teneurs en PCB-NDL par espèce et par site

La comparaison des prédictions moyennes exprimées en TEQ global aux prédictions moyennes de contaminations exprimées en PCB-NDL confirme⁸ l'existence d'une forte corrélation entre les teneurs en PCDD/F + PCB-DL et les teneurs en PCB-NDL dans les poissons (cf. figure 4 ; n= 386 et coefficient de corrélation de 0,98).

⁸ Pour plus d'informations se référer à l'avis de l'Afssa du 23 octobre 2007 relatif à l'établissement de teneurs maximales pertinentes en polychlorobiphényles qui ne sont pas de type dioxine (PCB « non dioxin-like », PCB-NDL) dans divers aliments

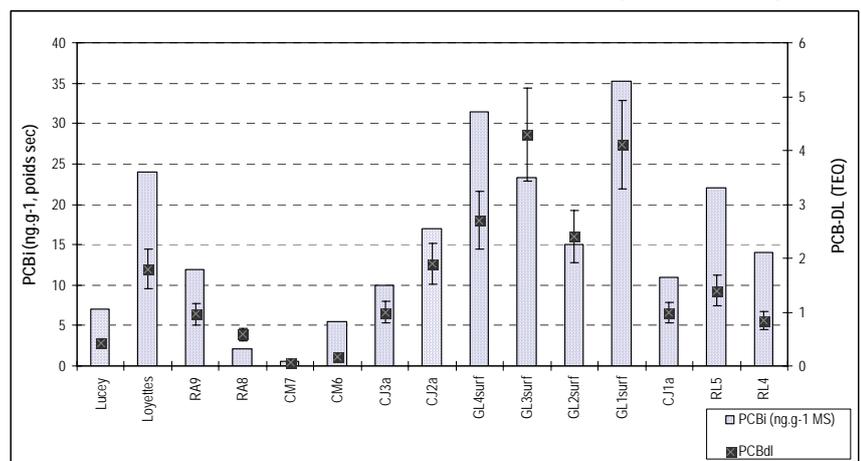
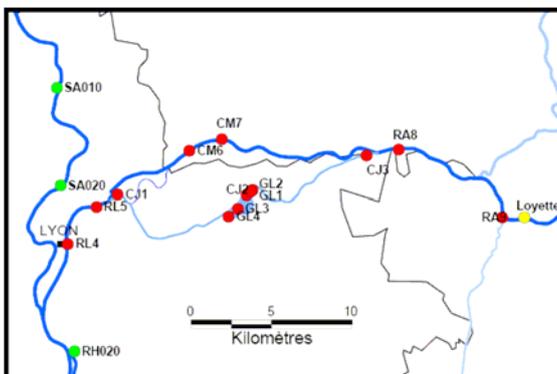
Figure 4 : Corrélation $\log_{10}(\text{PCB-DL}+\text{PCDD/F}) / \log_{10}(\text{PCB-NDL})$ dans les poissons du Rhône



- que la mesure des 6 PCB-NDL donne une bonne indication du risque de dépassement des seuils réglementaires exprimés pour la somme des PCDD/F et PCB-DL (cf. détail des résultats en annexe 6)
- que sur la base des données disponibles sur les poissons de rivières la limite de 8 pg TEQ/g de poids frais fixée pour la somme PCDD/F + PCB-DL dans les poissons autres que les anguilles correspond à une limite en PCB-NDL égale en moyenne à 168 ng/g (soit un rapport PCB-NDL/TEQ global de 21) avec une étendue de valeurs pouvant varier de 78 à 434 ng/g explicables par une grande variabilité selon les espèces ou les sites considérés (cf. détail des résultats en annexe 6).
- qu'au global (quels que soient les espèces et les sites considérés) le nombre de résultats faussement positifs ou négatifs varie selon le seuil en PCB-NDL qui pourrait être retenu⁹, un seuil en PCB-NDL de 200 ng/g conduit à 13% de résultats faussement négatifs et un seuil en PCB-NDL de l'ordre de 100 ng/g conduit à 30% de faux positifs mais élimine le risque de détection de faux négatifs (cf. détail des résultats annexe 7).
- l'évaluation des risques de non conformité liée aux PCB et fondée sur les PCB-NDL ne sous-estime pas le risque en comparaison de l'approche fondée sur les PCB-DL

5.2 Sédiments

5.2.1 Profil de contamination des sédiments de surface en amont du Rhône proche de Lyon (Série 1)



⁹Faux négatifs = poissons non conformes selon l'actuelle réglementation sur les PCDD/F + PCB-DL et apparaissant comme conformes avec le seuil de PCB-NDL retenu ; Faux positifs = poissons conformes selon l'actuelle réglementation sur les PCDD/F + PCB-DL et apparaissant comme non conformes avec le seuil de PCB-NDL retenu

Localisation des points de prélèvement des sédiments

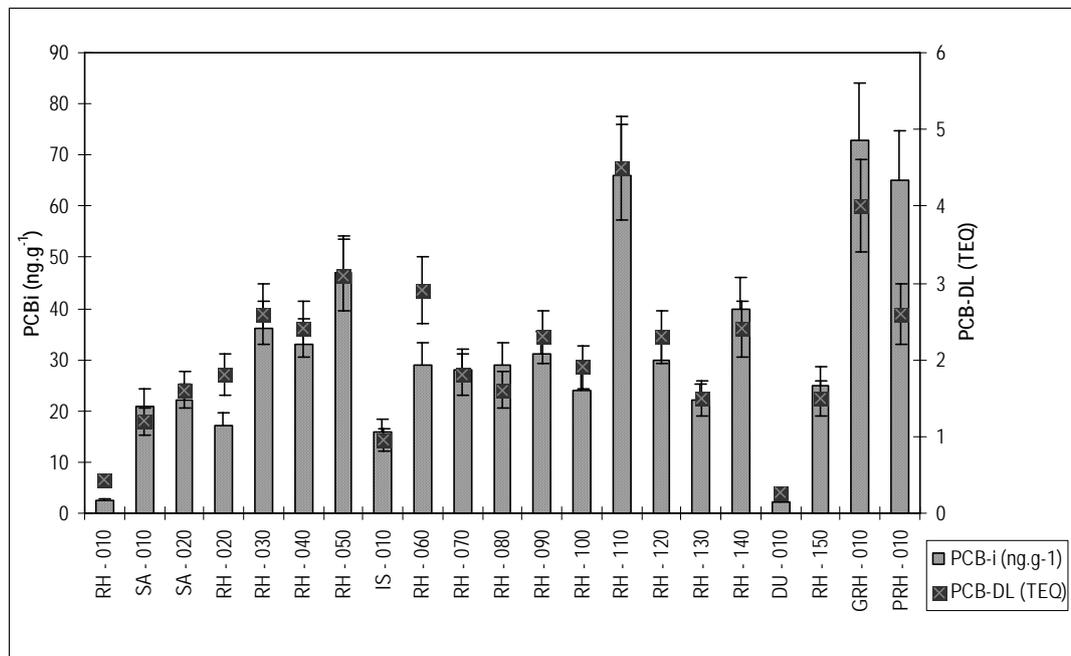
Le site RA9 est situé sur un affluent en rive gauche du Rhône, la Bourbre, dans le bassin duquel plusieurs sites contaminés par les PCB sont répertoriés¹⁰. Les sites CM6 et CM7 sont situés sur le bras nord du Rhône entre Jons et Lyon. Les sites CJ3 à 1 sont situés sur le bras sud, et les sites GL sont sur l'annexe « Grand Large » de ce bras au niveau de Meyzieu. Les sites RL4 et 5 sont situés à l'aval de la confluence. Hors période de crue, environ 80% du débit passe dans le bras sud (canal de Jonage), dont la configuration entraîne une sédimentation importante, notamment dans le Grand Large.

Niveaux de contamination des sédiments

La distribution des contaminations dans cette partie du réseau hydrographique met en évidence des niveaux de contamination plus élevés des sédiments entre Lucey et Loyettes ou dans le bassin de la Bourbre ainsi que dans le canal de Jonage et le Grand Large qui constituent à la fois une zone d'impact des sources de contamination situées en amont, et une source potentielle/probable de contamination des secteurs aval.

Dans ces différents secteurs les niveaux de contamination en PCB excèdent les 10 ng/g de matière sèche¹¹.

5.2.2 Profil de contamination des sédiments de surface dans des zones présumées de dépôt entre Chanaz (73) et la Méditerranée (Série 2 : Profil en long automne 2007)



¹⁰ <http://basol.environnement.gouv.fr/>

¹¹ Différentes valeurs indicatrices permettant de signaler un niveau de contamination pouvant poser des problèmes en termes de santé publique ou environnementale ont été calculées pour les dioxines dans les sédiments aux USA et au Canada. Ces valeurs se situent dans une fourchette de 0,9 à 60 pgTEQ/g. Si l'on retient un seuil de 1 pgTEQ/g en PCB-DL le coefficient de corrélation entre PCB-DL et PCB-i dans les sédiments pourrait conduire à proposer une valeur de 10 ng/g comme potentiellement indicatrice de « hot spot » Swedish Environmental Protection Agency, 1998).

<i>Cours d'eau</i>	<i>Site</i>	<i>Code station</i>
Rhône	CHANAZ (73)	RH - 010
Saône	COUZON (69)	SA - 010
Saône	ST CYR AU MONT D' OR (69)	SA - 020
Rhône	PIERRE BENITE (69)	RH - 020
Rhône	VAUGRIS (38)	RH - 030
Rhône	SABLONS (07)	RH - 040
Rhône	GERVANS (38)	RH - 050
Isère	CHATEAUNEUF SUR ISERE (38)	IS - 010
Rhône	ROCHE DE GLUN	RH - 060
Rhône	BOURG-LES-VALENCE (26)	RH - 070
Rhône	BEAUCHASTEL (07)	RH - 080
Rhône	LOGIS NEUF	RH - 090
Rhône	CHATEAUNEUF DU RHONE	RH - 100
Rhône	SAINT MONTANT	RH - 110
Rhône	BOLLENE	RH - 120
Rhône	CADEROUSSE (84)	RH - 130
Rhône	VILLENEUVE LES AVIGNON (84)	RH - 140
Durance	BONPAS (13)	DU - 010
Rhône	VALLABREGUES (13)	RH - 150
Rhône		GRH -
(grand)	PORT SAINT LOUIS (13)	010
Rhône		PRH -
(petit)	SAINT GILLES (30)	010

Les prélèvements ont été faits dans des zones propices à la sédimentation, notamment à proximité d'écluses régulièrement draguées (RH010, 050, 080, 120) ;

Une première augmentation des concentrations en PCB à hauteur de 20 ng/g MS environ est observée dans les sédiments se situant entre le point le plus amont (RH010) et le point aval de Lyon (RH020) ;

Les points situés entre l'aval de Lyon et la confluence avec l'Isère représentent un deuxième palier autour de 40 ng.g⁻¹ ; les points plus à l'aval, jusqu'à RH150 à l'amont du delta, restent dans la même gamme de concentrations autour de 30 ng.g⁻¹, à l'exception du point RH110.

Là encore, à l'exception des points RH010 (point le plus amont sur le Rhône) et DU010 sur la Durance) les niveaux de contamination en PCB excèdent toujours les 10 ng/g de matière sèche¹¹.

5.2.3 Evolution temporelle des contaminations des sédiments dans le canal de Jonage (CJ2)

Plusieurs carottes de sédiments ont été réalisées à différentes profondeurs dans le canal de Jonage et le Grand Large, et des analyses de ⁷Be, de ²¹⁰Pb et de ¹³⁷Cs analysées ont permis de préciser l'évolution des niveaux de contamination dans le temps. Les résultats obtenus (cf. figure ci-dessous) montrent que les niveaux de contaminations actuels en PCB sont plus faibles (environ 5 fois moindre) que ceux relevés il y a une vingtaine d'années. En l'état, ces données ne permettent pas de modéliser l'évolution temporelle de manière précise mais sont cohérentes avec les analyses de carottes de sédiments lacustres sur un lac suisse, montrant une diminution des concentrations dans la couche superficielle des sédiments depuis la fin des années 1970 (Iozza et al., 2008).

¹¹ Différentes valeurs indicatrices permettant de signaler un niveau de contamination pouvant poser des problèmes en termes de santé publique ou environnementale ont été calculées pour les dioxines dans les sédiments aux USA et au Canada. Ces valeurs se situent dans une fourchette de 0,9 à 60 pgTEQ/g. Si l'on retient un seuil de 1 pgTEQ/g en PCB-DL le coefficient de corrélation entre PCB-DL et PCB_i dans les sédiments pourrait conduire à proposer une valeur de 10 ng/g comme potentiellement indicatrice de « hot spot » Swedish Environmental Protection Agency, 1998).

5.2.4 Appréciation de la relation entre contaminations des sédiments et contaminations des poissons

Recherche d'une corrélation quantitative entre sédiments et poissons

Les résultats de l'analyse univariée n'ont pas mis en évidence de corrélation quantitative entre la contamination des poissons et celles des sédiments. Le coefficient de corrélation entre ces deux variables est très faible (coefficient de corrélation < 0,3).

L'absence de relation linéaire entre la concentration en PCB dans les sédiments et la concentration dans les poissons est en adéquation avec ce que l'on sait aujourd'hui de la complexité du transfert des POPs¹² dans les chaînes trophiques à partir de l'eau et des sédiments.

En effet, deux valeurs de base peuvent servir d'éléments prédictifs de transferts des POPs dans les chaînes trophiques à partir de l'eau et des sédiments. Il s'agit d'une part du coefficient de liposolubilité ou de partition octanol-eau (Kow) et d'autre part du facteur de bioconcentration (BCFs). Toutefois des étapes complexes régissent le transfert de la contamination du sédiment au poisson et le facteur de bioaccumulation (BCF) dépend de multiples variables (niveau de contamination du milieu initial, teneur en matière grasse des poissons, etc...). La relation déjà difficile à établir pour un transfert simple eau-poisson est donc encore plus difficile à mettre en évidence si l'on prend en compte plusieurs niveaux trophiques et si l'on considère une contamination à partir des sédiments qui constituent un milieu très hétérogène de part leurs différences de granulométrie ou de part leurs teneurs en carbone organique.

- La mise en évidence d'une relation linéaire entre concentrations dans le sédiment et la chair des poissons supposerait en effet une situation d'équilibre très difficile à obtenir dans les rivières du fait entre autre de la mobilité des sédiments et des poissons. De plus, l'accumulation des PCB chez un poisson dépend plus de son comportement de ses capacités métaboliques et de son taux de lipides que de sa position dans la chaîne trophique
- D'autre part, le transfert des PCB-DL et des PCB-NDL du sédiment aux invertébrés et aux poissons est sélectif, certains congénères restant préférentiellement adsorbés aux sédiments (Ankley, 1992; Landrum et al., 2007). Les congénères les moins chlorés sont notamment mieux transférés à partir des sédiments dans les organismes que les congénères les plus chlorés.

Les données disponibles dans la littérature corroborent donc le fait que la recherche d'une simple relation entre teneurs en PCB dans les sédiments et teneurs en PCB dans les produits de la mer est très aléatoire (Programme Seine-Aval 2000). Les coefficients de transfert peuvent en effet varier de manière importante selon la nature des congénères considérés, les espèces de poissons et leurs capacités métaboliques, la teneur en lipides des poissons, la biodisponibilité des congénères.

Recherche de causalité entre la contamination des sédiments et la contamination des poissons

Bien qu'il soit impossible de corréler quantitativement la contamination dans les sédiments à celle des poissons, l'existence d'un lien de causalité entre les deux est bien étayée. Dans le cas du Rhône, certains aspects de cette relation de causalité nécessitent encore d'être précisés, de façon à renforcer la démonstration.

Dans le Rhône, le critère de cooccurrence est partiellement satisfait. En effet, les données disponibles ne comprennent pas d'espèce indicatrice commune à l'ensemble des tronçons et la correspondance entre sites de prélèvement de sédiment et de capture de poissons est seulement partielle. Même si ces deux premiers « obstacles » étaient levés, la cooccurrence resterait partielle du fait que les poissons comme les sédiments sont mobiles, et que les concentrations observées dans les poissons intègrent une exposition durable, alors que celles mesurées dans les sédiments, notamment en surface, sont plus ponctuelles dans le temps.

¹² POPs : Polluants Organiques Persistants

Le gradient d'effet n'est pas actuellement documenté, il manque en effet une analyse plus fine des facteurs pouvant influencer les niveaux de contaminations des poissons du Rhône, tels que l'âge, incomplètement renseigné dans le jeu de données, et le taux de lipides par exemple.

La voie d'exposition est en revanche assez bien renseignée et il est admis que les poissons se contaminent par voie trophique. Les données bibliographiques concernant principalement les systèmes lacustres et marins, indiquent qu'il se produit une bio-amplification (c'est à dire un enrichissement en PCB des espèces situées plus haut dans les chaînes trophiques) en particulier pour les congénères plus chlorés / plus lourds. Toutefois, dans le Rhône, les espèces piscivores (sandre, brochet) apparaissent moins contaminées que les espèces benthiques. Un constat similaire a aussi été fait pour le lac Erié (Russell et al., 1999); Ces auteurs font l'hypothèse que c'est la consommation de sédiment par les poissons benthiques qui expliquerait leur contamination plus élevée que celle des poissons piscivores.

Concernant la Plausibilité, l'argument principal avancé et bien documenté dans la littérature est l'hydrophobicité des PCB, qui explique à la fois l'adsorption sur les particules sédimentaires et le transfert dans les chaînes trophiques.

Enfin, en terme de Consistance, le cas de l'Hudson river aux USA démontre des relations sédiment-poissons similaires à celles observées dans le cas du Rhône et d'autres exemples peuvent également être cités, notamment dans les Grands Lacs nord-américains (Gobas, 1993).

En dépit du manque de données concernant notamment :

- La contamination des invertébrés benthiques, et plus largement la composition des chaînes trophiques des espèces les plus contaminées, ou celles qui dépassent la norme alimentaire dans certains secteurs et pas dans d'autres.
- La contamination des macrophytes le cas échéant¹³
- L'explication de la différence de contamination entre poissons piscivores et poissons benthiques

un schéma conceptuel des voies de transfert des PCB dans les tronçons du Rhône à l'amont de Lyon a été proposé (cf. annexe 8). Les dynamiques d'érosion – dépôt des sédiments expliquent le déplacement des sédiments contaminés de l'amont vers l'aval. Dans les zones lenticues¹⁴, les poissons comme la brème peuvent se contaminer en ingérant du sédiment ou des invertébrés benthiques. Dans les secteurs plus lotiques¹⁵, des espèces comme le hotu se contamineront plutôt en ingérant des particules déposées sur les végétaux, ou le biofilm sur les supports prospectés par ces espèces pour se nourrir.

8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'examen des données analytiques disponibles sur les poissons et les sédiments ainsi que l'analyse de la littérature soutiennent l'hypothèse que les sédiments constituent une source effective de contamination des poissons dans le Rhône, mais il est actuellement impossible de corréler quantitativement la contamination des sédiments avec celle des poissons. En effet, des étapes complexes régissent le transfert de la contamination du sédiment au poisson et le facteur de bio accumulation dépend de multiples variables (niveau de contamination du milieu initial, teneur en matière grasse des poissons etc...). Il est donc nécessaire de considérer la complexité des chaînes trophiques qui peuvent différer selon les sites.

Les résultats obtenus et analysés pour chacune des espèces ont permis de mettre en évidence l'importance de la nature de l'espèce, du secteur de prélèvement et du poids de l'espèce sur la concentration en PCDD/F + PCB-DL et en PCB-NDL.

Pour chaque espèce, il a été possible de :

- déterminer le niveau de contamination moyen en PCDD/F + PCB-DL (exprimé en TEQ global) dans le ou les secteurs où ces espèces étaient prélevées,

¹³ il importerait cependant de vérifier la présence de macrophytes dans les secteurs investigués jusqu'à présent

¹⁴ « lenticue » : Désigne le biotope (ou biocénose) des eaux calmes comme les lacs et étangs.

¹⁵ « lotique » : Désigne le biotope (ou biocénose) des eaux courantes. Source : Dictionnaire Environnement <http://www.dictionnaire-environnement.com/>

- déterminer le niveau de contamination moyen en PCB-NDL dans le ou les secteurs où ces espèces étaient prélevées
- définir, au regard des niveaux de contamination observés, la conformité ou non conformité par rapport à l'actuelle limite réglementaire sur les PCDD/F et PCB-DL
- mettre en regard les niveaux moyens de contamination en PCB-NDL et les limites réglementaire sur les PCDD/F et PCB-DL

Les nouvelles données récoltées depuis novembre 2007 ont également permis i) d'augmenter les effectifs analysés dans les secteurs P1 et P4) et ii) d'étendre les conclusions émises par l'Afssa dans son avis du 3 décembre 2007 à d'autres espèces et secteurs du Rhône.

Il a notamment été confirmé :

- que les espèces benthiques de type anguille, brème, barbeau, silure et carpe sont les plus à risque de non conformité quel que soit le secteur considéré,
- que les espèces de pleine eau comme le gardon, et les espèces pélagiques ou benthiques et piscivores telles que le brochet, la perche et le sandre apparaissent comme les moins à risque de non conformité,
- que les secteurs P2 et P3 constituent des sites pour lesquels le risque de non conformité des poissons apparaît plus important par rapport aux secteurs P1, P4 et P5
- qu'une tendance globale à la diminution de la contamination de l'amont vers l'aval du Rhône est observée
- qu'il existe une forte corrélation entre les teneurs en PCDD/F + PCB-DL et les teneurs en PCB-NDL dans les poissons,
- que l'approche fondée sur les PCB-NDL permet une bonne prédiction du risque de dépassement des seuils réglementaires exprimés pour la somme des PCDD/F et PCB-DL et ne sous estime pas le risque de non conformité pour les espèces citées.

Au regard de ces données et des recommandations émises dans l'Appui Scientifique et Technique du 8 février 2008 concernant la méthodologie du plan d'échantillonnage national des PCB dans les poissons de rivière, l'Afssa émet les recommandations suivantes :

- Maintenir l'interdiction de mise à la consommation des espèces benthiques (de type anguille, brème, barbeau, silure et carpe) qui présentent un risque de non conformité dans les secteurs P2, P3 et P4.
- Pour le secteur P1, compte tenu des résultats obtenus avec le barbeau, pouvant être considéré comme conforme ou non conforme selon le poids du poisson pêché, il conviendrait d'analyser comme cela a été proposé dans la méthodologie d'échantillonnage proposée par l'Afssa (cf. annexe 9) les 2 espèces indicatrices considérées comme faiblement et fortement « accumulatrices » de PCB à savoir l'anguille et le gardon. En fonction des résultats obtenus notamment sur l'anguille il conviendra ensuite d'évaluer la nécessité ou non de poursuivre l'échantillonnage sur les espèces benthiques.
- Pour le secteur P2, poursuivre l'échantillonnage sur les espèces moins bio accumulatrices pêchées et consommées et non encore analysées (sandre, perche, hotu, gardon)
- Pour le secteur P3, poursuivre l'échantillonnage sur les espèces moins bio accumulatrices pêchées et consommées et non encore analysées (perche, brochet, gardon).
- Pour le secteur P4, compte tenu du nombre important d'investigation déjà réalisées par espèces, la mise en œuvre d'un plan d'échantillonnage complémentaire n'apparaît pas nécessaire. Au regard des données disponibles toutes les espèces pêchées et analysées sont considérées comme globalement conformes à l'exception des espèces benthiques telle que l'anguille, la brème, le barbeau, la carpe et le silure.
- Enfin dans le secteur P5, compte tenu du peu de résultats disponible, il est recommandé d'appliquer la méthodologie d'échantillonnage proposée par l'Afssa préconisant d'analyser en première intention 2 espèces indicatrices faiblement et fortement « accumulatrices » de PCB à savoir l'anguille et le gardon. En fonction des résultats obtenus il conviendra ensuite d'évaluer la nécessité de poursuivre l'échantillonnage i) sur les espèces benthiques afin de confirmer ou non leur possible contamination et ii) sur les espèces moins bio

accumulatrices susceptibles d'être pêchées et consommées dans ce secteur (perche et sandre notamment pour ce qui concerne les poissons de rivières).

8. Principales Références bibliographiques

Persistent Organic Pollutants, A Swedish View of an International Problem, Swedish Environmental Protection Agency, Monitor 16, Claes Bernes, 1998

J.F. Mueller et al, Organohalogen compounds, 66 (2004) 1747-1755 ; Programme Seine-Aval 2000

Ankley GT. Bioaccumulation of PCBs from sediments by oligochaetes and fishes: comparison of laboratory and field studies. Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences 1992; 49: 2080.

Gobas FAPC. A model for predicting the bioaccumulation of hydrophobic organic chemicals in aquatic food webs: application to Lake Ontario. Ecol. Model. 1993; 69: 1-17.

Iozza S, Müller CE, Schmid P, Bogdal C, Oehme M. Historical Profiles of Chlorinated Paraffins and Polychlorinated Biphenyls in a Dated Sediment Core from Lake Thun (Switzerland). Environ. Sci. Technol. 2008.

Landrum PF, Robinson SD, Gossiaux DC, You J, Lydy MJ, Mitra S, tenHulscher TEM. Predicting Bioavailability of Sediment-Associated Organic Contaminants for Diporeia spp. and Oligochaetes. Environ. Sci. Technol. 2007.

Russell RW, Gobas FAPC, Haffner GD. Role of chemical and ecological factors in trophic transfer of organic chemicals in aquatic food webs. Environmental Toxicology and Chemistry 1999; 18: 1250.

USEPA. Stressor Identification Guidance Document. Washington DC: USEPA - Office of Water, 2000: 228 pp.

Afssa - Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Avis du 3 décembre 2007 relatif à l'interprétation des résultats d'analyse du plan d'échantillonnage mis en place dans le cadre de la pollution en PCB des poissons du Rhône.

Afssa - Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 2007. Avis du 23 octobre relatif à l'établissement de teneurs maximales pertinentes en polychlorobiphényles qui ne sont pas de type dioxine (PCB « non dioxin-like », PCB-NDL) dans divers aliments.

Afssa - Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 2006. Avis du 13 mars relatif à une demande d'appui scientifique et technique relative au risque sanitaire lié à la consommation de poissons pêchés dans le département du Rhône (zone du canal de jonage).

AESA - Autorité européenne de sécurité des aliments, 2005. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to the presence of non dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCB) in feed and food, The EFSA Journal 284, 1-137.

Carrel, G. (2006) : Etude thermique globale du Rhône – Phase III – Lot 1 : 2 : Physico-chimie des eaux du Rhône, évolution des paramètres classiques, 1985-2004. U.R. Hydrobiologie, Cemagref, Aix-en-Provence.

Carrel, G. (2006) : Etude thermique globale du Rhône – Phase III – Lot 1 : 3 : Le régime thermique du fleuve, variabilité temporelle, 1977-2004. U.R. Hydrobiologie, Cemagref, Aix-en-Provence, France, 13p.

Carrel, G., Desaint B., Fruget J.F, Kalanski M., Olivier J.M, Poirel A, & Souchon Y. (2006) : Etude thermique globale du Rhône -Phase III – Lot 4 : Synthèse et conclusions. ARALEP Ecologie des eaux douces – Cemagref Aix-en-Provence, Hydrobiologie – Cemagref Lyon, Biologie des Ecosystèmes Aquatiques – Université de Lyon, UMR CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux – eDF, Recherche et développement, Laboratoire Nationale Hydraulique et Environnement, Chatou – eDF, Division technique générale, Département surveillance, Service Environnement Aquatique, Grenoble, 59p.

Carrel, G., B., Fruget, M., Olivier & Souchon Y. (2006) : Etude thermique globale du Rhône Phase III Lot 2.3 : Etude globale des relations biocénose/température de l'eau. ARALEP Ecologie des Eaux Douces – Cemagref Aix-en-Provence, Hydrobiologie - Cemagref Lyon, Biologie des Ecosystèmes Aquatiques – Université de Lyon, UMR CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, 4p.

Carrel, G., B., Fruget & Souchon Y. (2006): Etude thermique globale du Rhône -Phase III – Lot 1.1 : Synthèse des informations disponibles. ARALEP Ecologie des Eaux Douces – Cemagref Aix-en-Provence, Hydrobiologie, Cemagref Lyon, Biologie des Ecosystèmes Aquatiques, 13p.

Daufresne, M., Souchon, Y., Villeneuve, B. & Capra, H. (2006): Etude thermique globale du Rhône - Phase III - Lot 3.2 : Etude locale des différences biologiques entre rive soumise aux rejets thermiques et rive froide, Influence du rejet thermique de la centrale nucléaire de Bugey sur les communautés de poissons du Rhône. Cemagref Lyon, Biologie des Ecosystèmes Aquatiques, 18 p.

Fruget, J.F. (2006): Etude thermique globale du Rhône - Phase III - Lot 3.1 : Etude locale des différences biologiques entre rive soumise aux rejets thermiques et rive froide, Influence du rejet thermique de la centrale nucléaire de Saint-Alban sur les macro-invertébrés et les macrophytes. ARALEP Ecologie des Eaux Douces, 15 p.

Fruget, J.F. & Bady, P. (2006): Etude thermique globale du Rhône - Phase III - Lot 2.1 : Etude à l'échelle du Rhône des compartiments biologiques - Etude des relations entre les variables d'environnement et les invertébrés benthiques à l'échelle du fleuve, 1985-2004. ARALEP Ecologie des Eaux Douces, Villeurbanne, 31 p.

Olivier, J.M. & Carrel, G. (2006): Etude thermique globale du Rhône - Phase III - Lot 2.2.1 : Etude des relations entre les variables d'environnement et les peuplements piscicoles à l'échelle du fleuve, Synthèse des suivis piscicoles des sites rhodaniens, 1984-2004. Université de Lyon, UMR CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, Cemagref Aix-en-Provence, Hydrobiologie, 9 p.

Olivier, J.M. & Carrel, G. (2006): Etude thermique globale du Rhône - Phase III - Lot 2.2.2 : Etude des relations entre les variables d'environnement et les peuplements piscicoles à l'échelle du fleuve, La variabilité hydro-climatique et son rôle sur la reproduction des poissons Cyprinidae, 1982-2004. Université de Lyon, UMR CNRS 5023, Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, Cemagref Aix-en-Provence, Hydrobiologie, 20 p.

Poirel, A. (2006): Etude thermique globale du Rhône - Phase III - Lot 5 : Synthèse des phases I, II & III. eDF, Division Technique Générale, Département Surveillance, Service Environnement Aquatique, Grenoble, 4 p.

Souchon, Y., Villeneuve, B., Daufresne, M. & Capra, H. (2006): Etude thermique globale du Rhône - Phase III - Lot 2.2.3 : Etude des relations entre les variables d'environnement et les peuplements piscicoles à l'échelle du fleuve, Principaux effets des réchauffements thermiques décelés sur les peuplements de poissons du fleuve Rhône. Cemagref Lyon, Biologie des Ecosystèmes Aquatiques, 13 p.

8. MOTS CLES

PCB, Dioxines, Poissons, Rhône, Conformité réglementaire

La Directrice générale de l'Agence française
de sécurité sanitaire des aliments

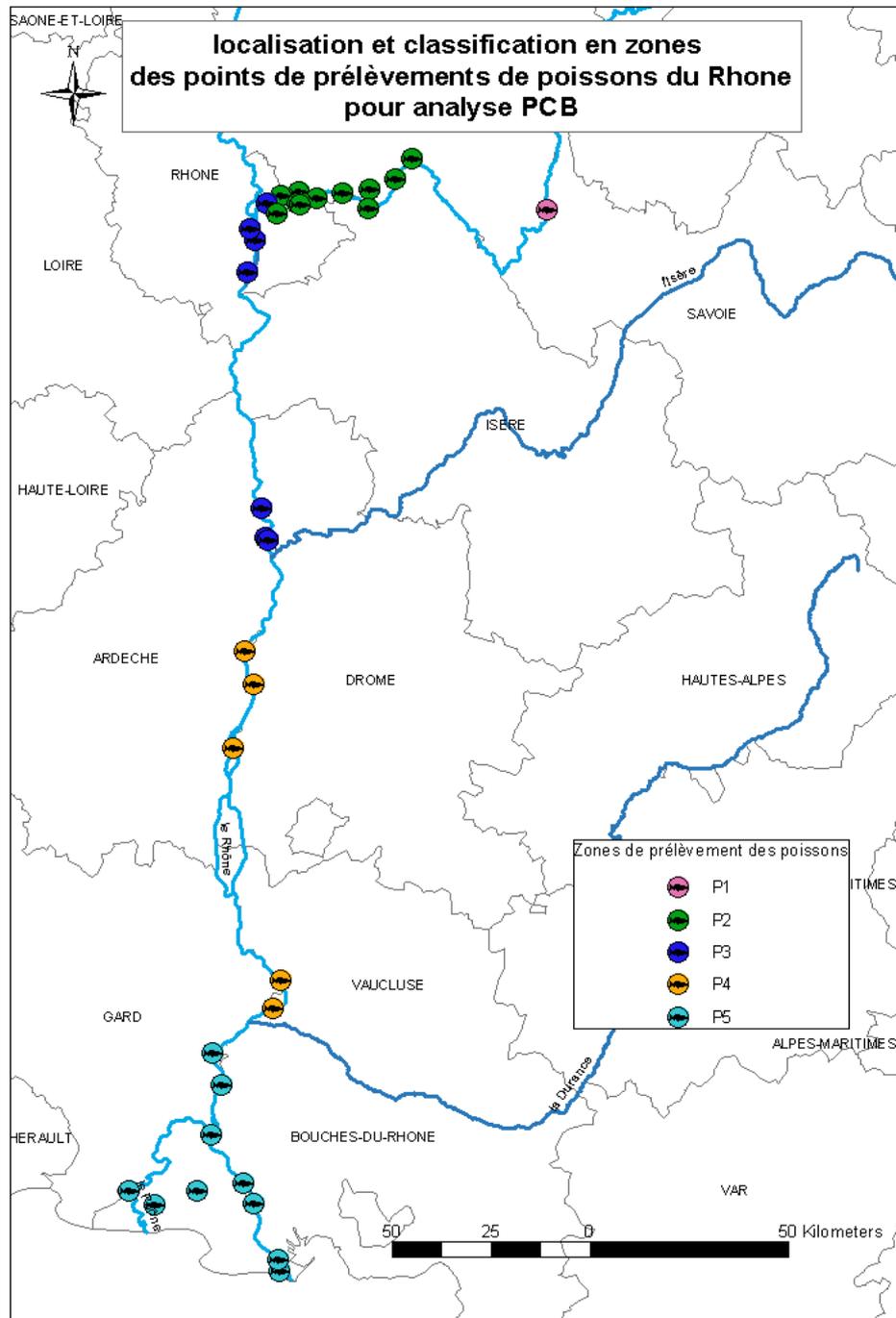
Pascale BRIAND

Annexe 1
Effectifs disponibles et analysés par espèce et par secteur

	P1	P2	P3	P4	P5	TOTAL
anguille	0	0	2	20	4	26
barbeau	28	22	7	9	1	67
breme	0	11	14	16	4	45
brochet	1	5	1	11	0	18
carassin	0	0	0	7	0	7
carpe	0	5	8	5	4	22
chevesne	35	5	8	18	0	66
gardon	1	0	3	11	0	15
hotu	10	4	4	10	0	28
mulet	0	0	0	5	2	7
perche	7	2	2	12	0	23
sandre	1	2	10	4	1	18
silure	0	11	6	6	5	28
truite	6	0	0	0	0	6
vandoise	10	0	0	0	0	10
Total	99	67	65	134	21	386

Annexe 3

Etablissement des plans d'échantillonnage par secteur de prélèvement



Annexe 4 Méthode de modélisation linéaire généralisée (glm) lognormale

Une étude de la variable quantitative de TEQ global (dioxines + PCB-DL) en fonction de plusieurs variables explicatives est réalisée par une modélisation linéaire généralisée lognormale.

Le choix de cette méthode s'explique par le déséquilibre des données suivant certaines variables comme l'espèce ou le secteur. Une telle approche permet de calculer des prédictions moyennes de contamination et des intervalles de confiance de la variable TEQ global et de pouvoir ainsi comparer à la limite réglementaire (12 pg/g de produit frais pour les anguilles et 8 pg/g de produit frais pour les autres espèces).

Le but de cette analyse multivariée est de déterminer l'influence de variables explicatives sur le $\log_{10}(\text{TEQ global})$. On s'est notamment intéressé aux variables explicatives « secteur », « année », « espèce », « poids » pour modéliser la variable d'intérêt « $\log_{10}(\text{TEQ global})$ ».

Soit C_{ijkl} , la concentration en TEQ global, le modèle s'écrit de la manière suivante :

$$\text{Log}_{10}(C_{ijkl}) = \text{const} + \alpha_{\text{secteur } i} + \beta_{\text{année } j} + \gamma_{\text{espece } k} + \varepsilon_{\text{poids } l}$$

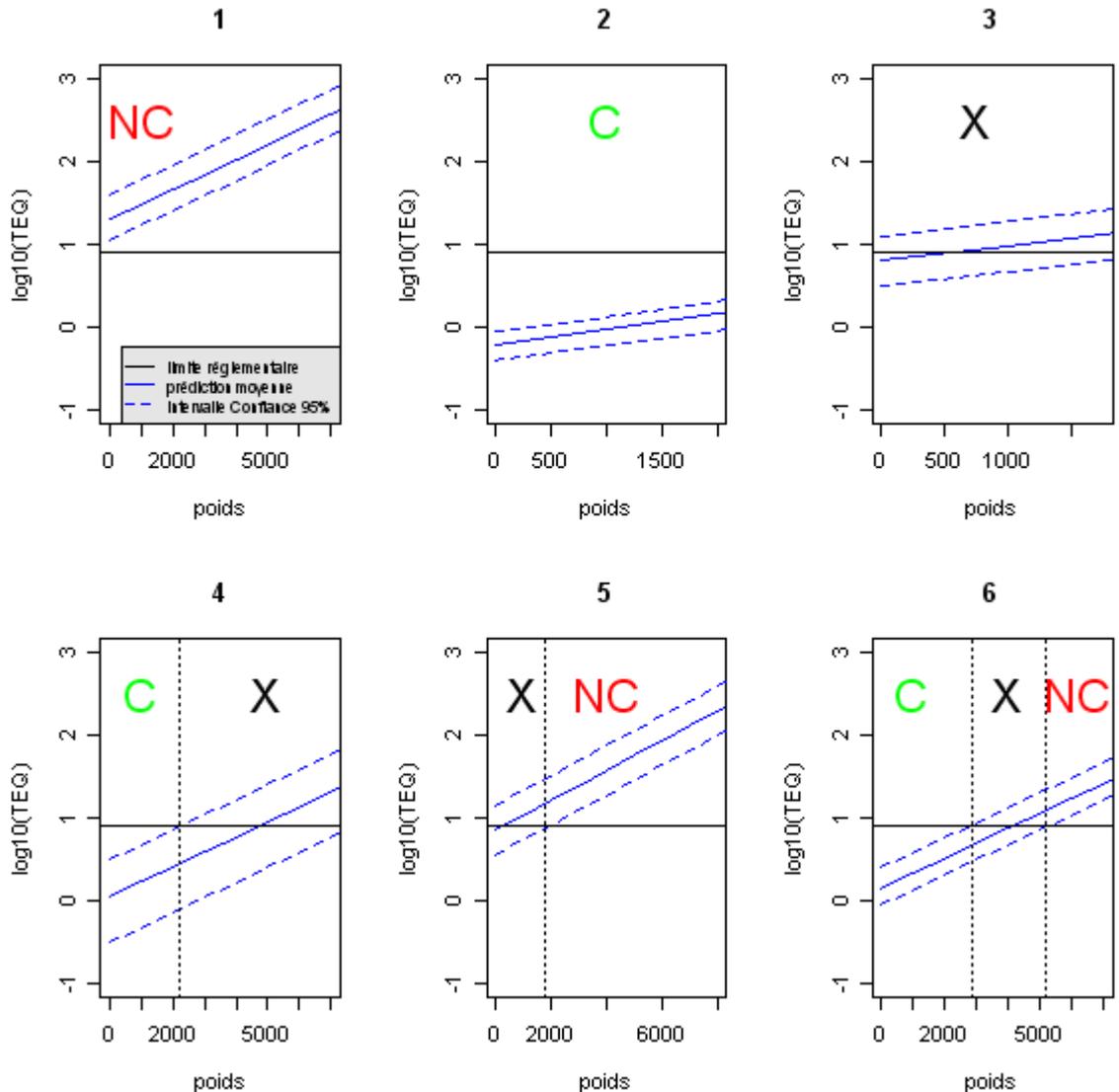
(avec *const* : la constante générale et $\alpha_{\text{secteur } i} + \beta_{\text{année } j} + \gamma_{\text{espece } k} + \varepsilon_{\text{poids } l}$ les effets des variables sur l'ensemble des données)

Une fois les coefficients du modèle estimés, nous pouvons prédire les concentrations en TEQ global en fonction des facteurs par la relation suivante :

$$C_{ijkl} = 10^{\text{const} + \alpha_{\text{secteur } i} + \beta_{\text{année } j} + \gamma_{\text{espece } k} + \varepsilon_{\text{poids } l}}$$

Annexe 5

Grille d'interprétation des différentes situations de prédiction moyenne et d'intervalle de confiance au regard de la limite réglementaire en TEQ global (PCDD/F + PCB-DL)



Situation 1 : Lorsque la borne inférieure de l'intervalle de confiance autour des moyennes de TEQ global prédites pour une espèce dans un secteur donné se trouve au-dessus de la limite réglementaire, l'espèce sur ce secteur est alors considérée comme globalement non-conforme (NC) avec une certitude de 95%

Situation 2 : Lorsque la borne supérieure de l'intervalle de confiance autour des moyennes de TEQ global prédites se trouve en-dessous de la limite réglementaire, l'espèce sur ce secteur est alors considérée comme globalement conforme (C) avec une certitude de 95%

Situation 3 : Lorsque la limite réglementaire se trouve dans l'intervalle de confiance autour des moyennes de TEQ global prédites pour une espèce dans un secteur donné, alors on ne peut pas conclure statistiquement (X), mais dans le doute, l'espèce est considérée par l'Afssa comme globalement Non Conforme.

Situation 4 : Lorsque la borne supérieure de l'intervalle de confiance autour des moyennes de TEQ global prédites pour une espèce dans un secteur donné coupe la limite réglementaire, il est possible de conclure que l'espèce sur ce secteur est globalement conforme (C) en encadrant cette conformité d'une recommandation maximale sur le poids de l'espèce considérée avec une

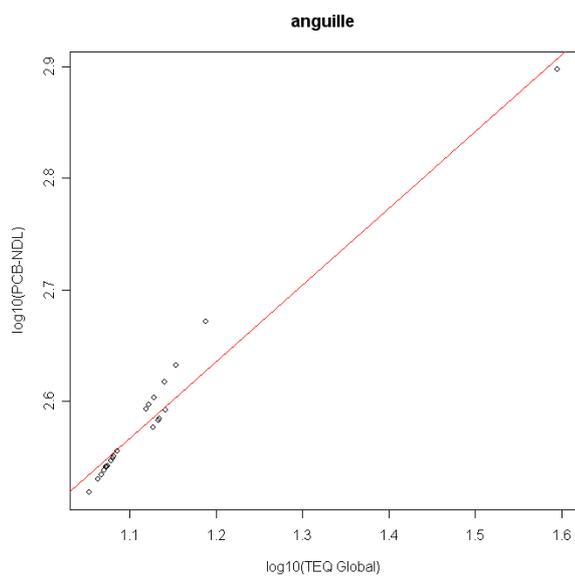
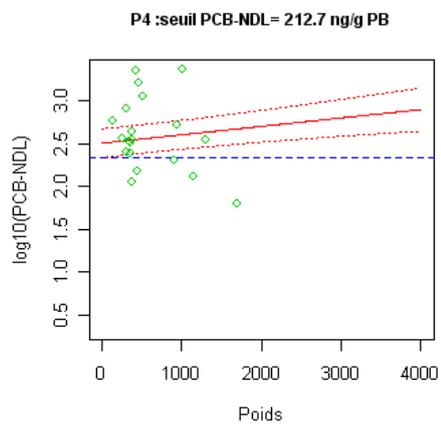
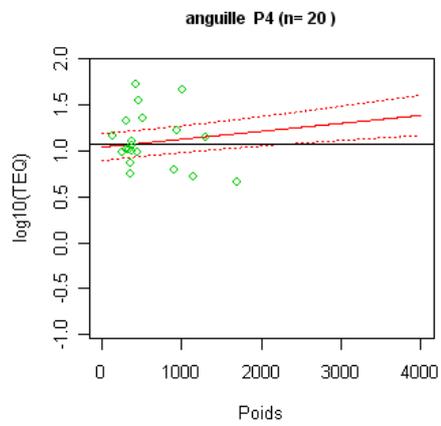
certitude de 95%. Au delà de ce poids et si et seulement si la limite réglementaire se trouve dans l'intervalle de confiance autour des moyennes de TEQ global, alors on ne peut pas conclure statistiquement (X) mais dans le doute l'espèce est considérée par l'Afssa comme globalement Non Conforme.

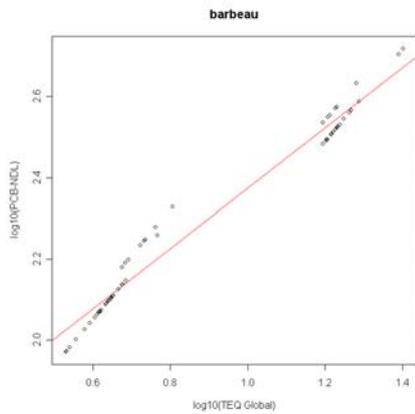
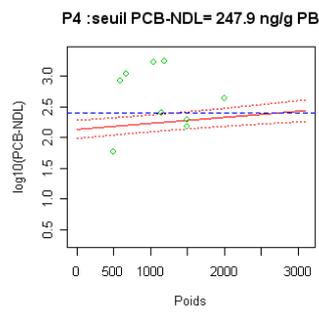
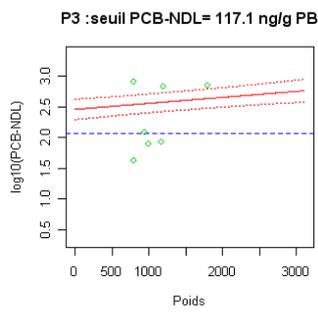
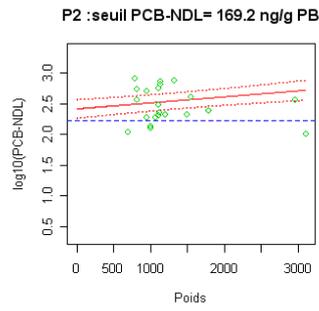
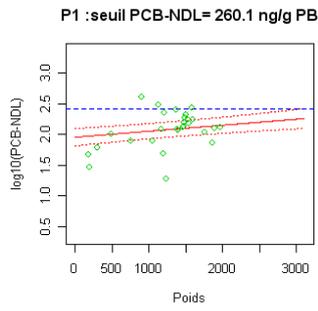
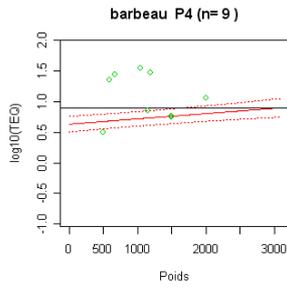
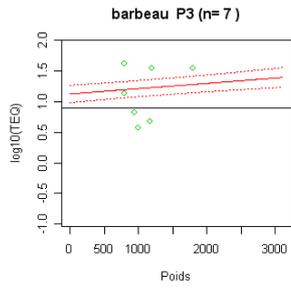
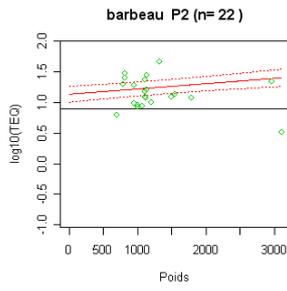
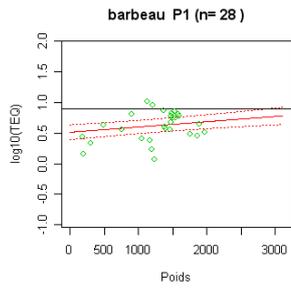
Situation 5 : Lorsque la borne inférieure de l'intervalle de confiance autour des moyennes de TEQ global prédites pour une espèce dans un secteur donné coupe la limite réglementaire, il est possible de conclure que l'espèce sur ce secteur est globalement non conforme (NC) en encadrant cette conformité d'une recommandation minimale sur le poids de l'espèce considérée avec une certitude de 95%. En dessous de ce poids et si et seulement si la limite réglementaire se trouve dans l'intervalle de confiance autour des moyennes de TEQ global, alors on ne peut pas conclure statistiquement (X) mais dans le doute l'espèce est considérée par l'Afssa comme globalement Non Conforme.

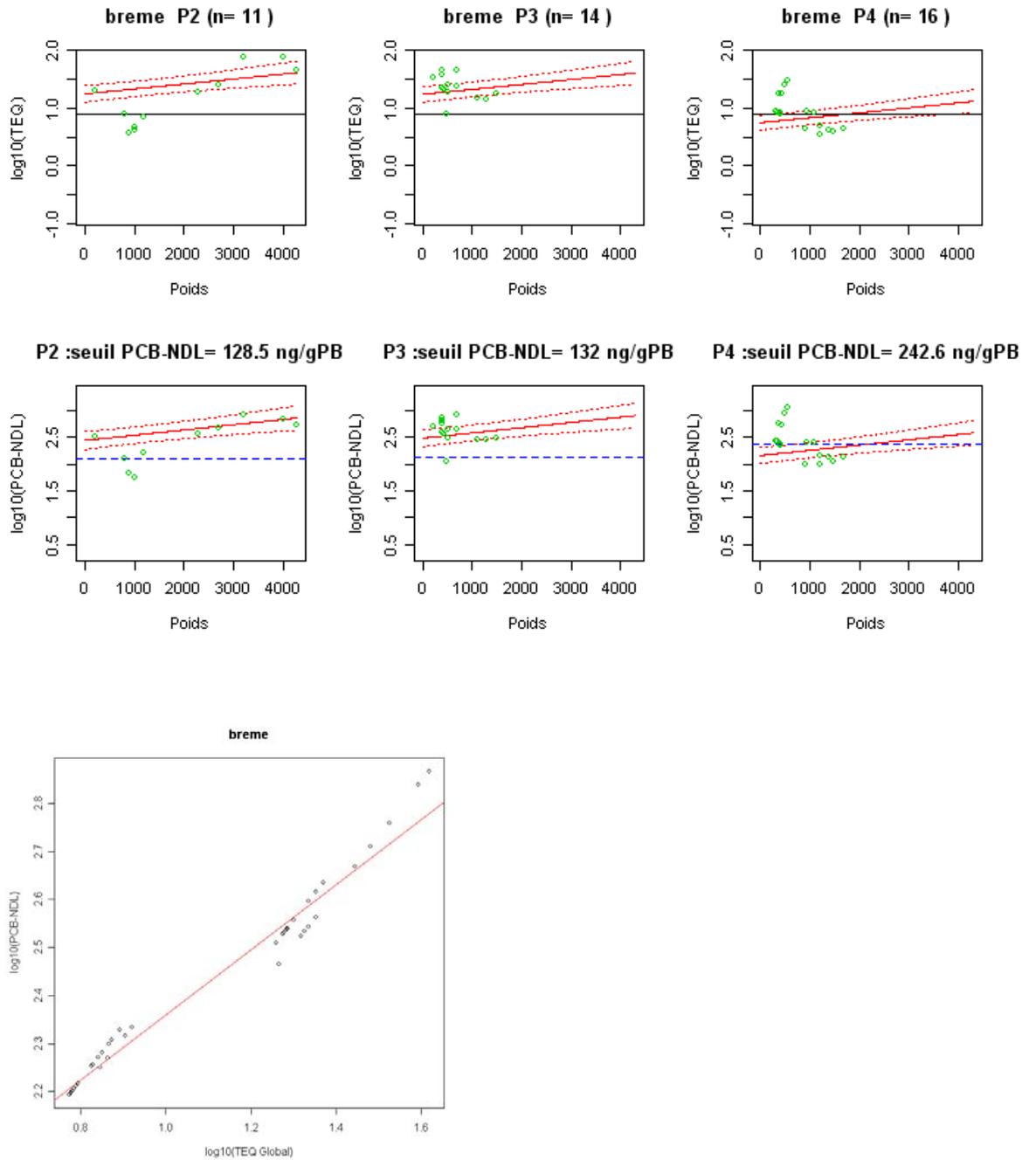
Situation 6 : Cette situation s'apparente à la combinaison des interprétations discutées dans les situations 4 et 5. Avec une certitude de 95%, l'espèce est considérée comme en moyenne conforme (C) jusqu'à un poids de 3 kg. Au delà de ce poids et jusqu'à 5 kg, on ne peut pas conclure statistiquement (X), mais dans le doute, l'espèce est considérée par l'Afssa comme en moyenne Non Conforme et au delà de 5 kg, l'espèce est considérée comme globalement non conforme (NC) avec une certitude de 95%.

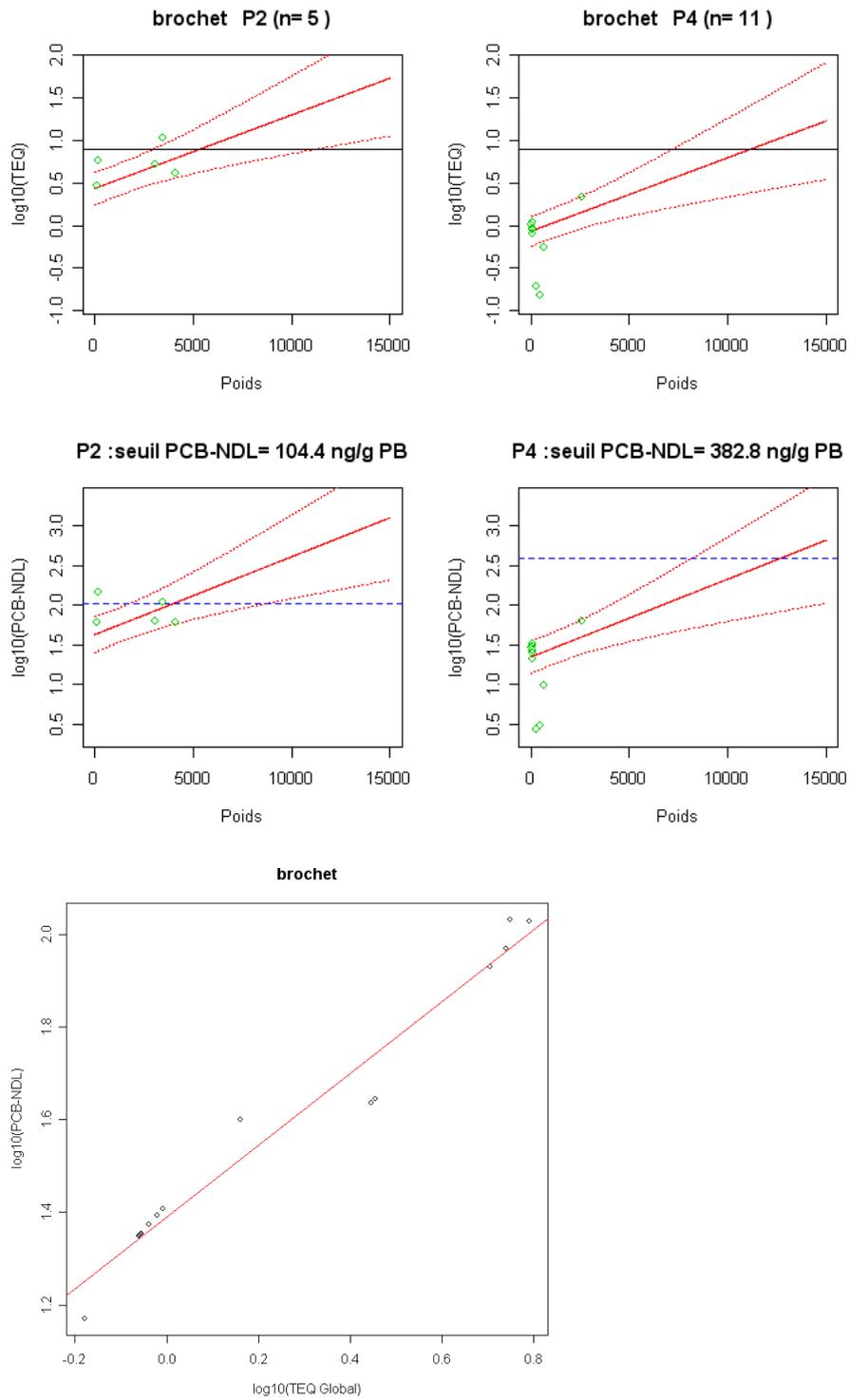
**La prise en compte de l'incertitude à 95% autour de la prédiction moyenne est un critère pertinent dans la décision de conformité des espèces étudiées dans le sens où cette moyenne de contamination est le critère qui influe sur l'exposition chronique des consommateurs. L'incertitude dépend à la fois de la variabilité de la contamination et du nombre d'échantillons disponibles. Un risque de non conformité supérieur à 5% a été considéré comme non optimale au regard de la sécurité sanitaire de l'ensemble des consommateurs.*

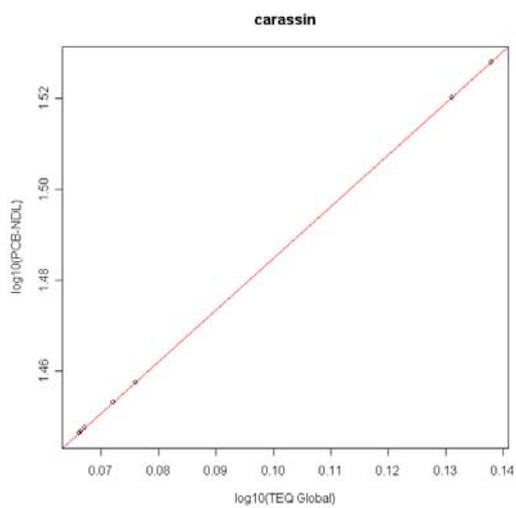
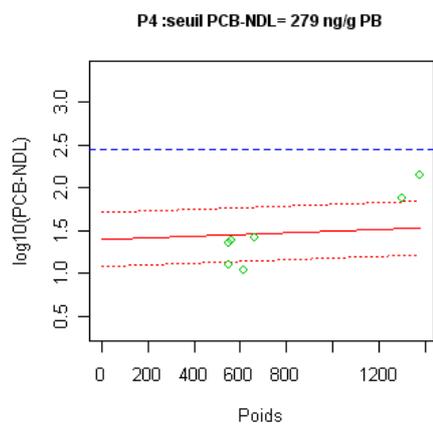
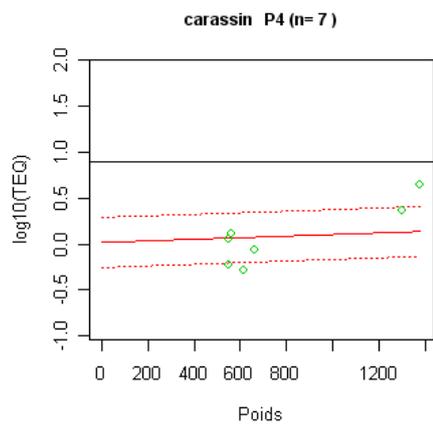
Annexe 6 Résultats détaillés par espèces sur les poissons

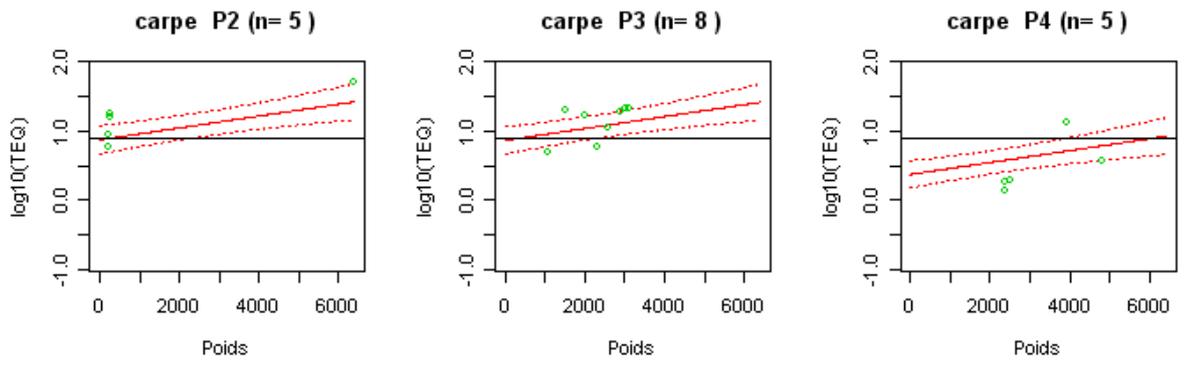




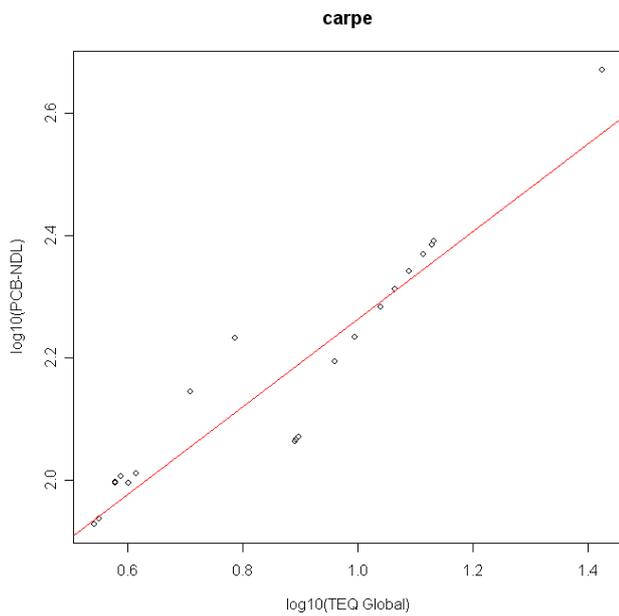
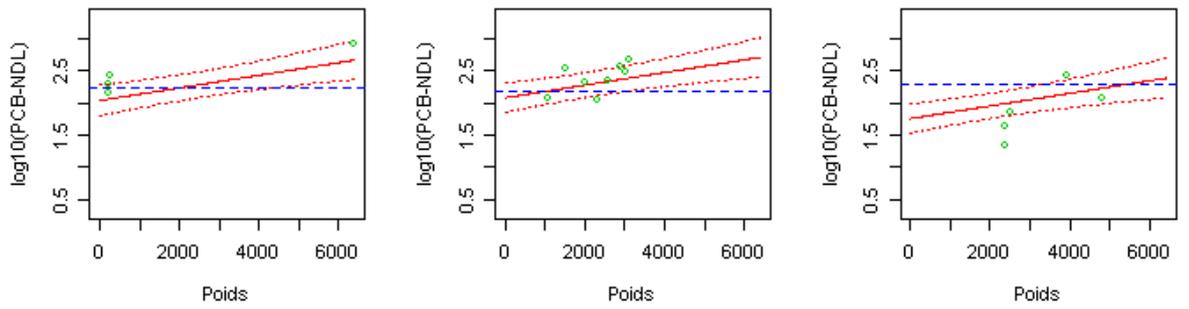


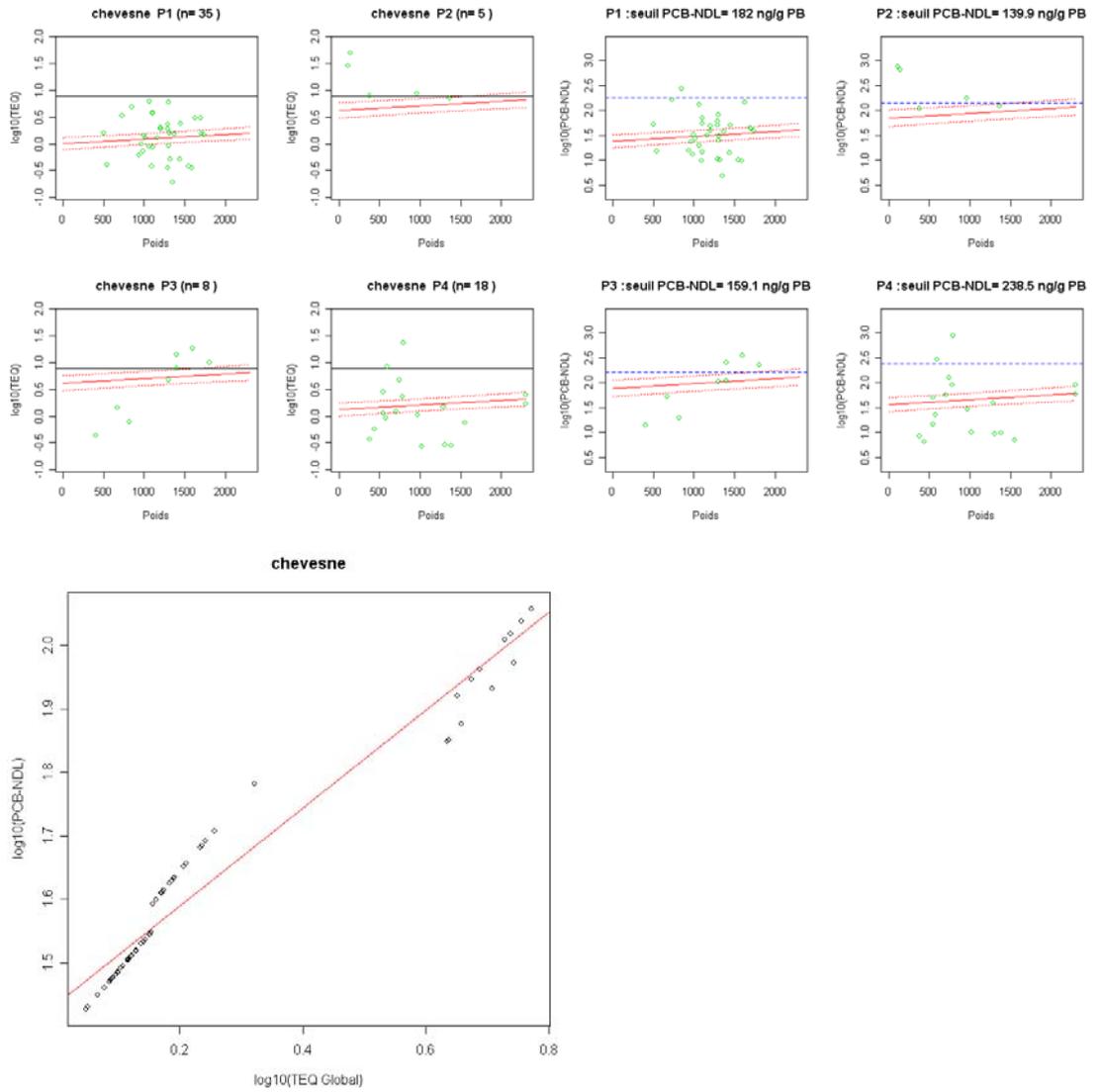


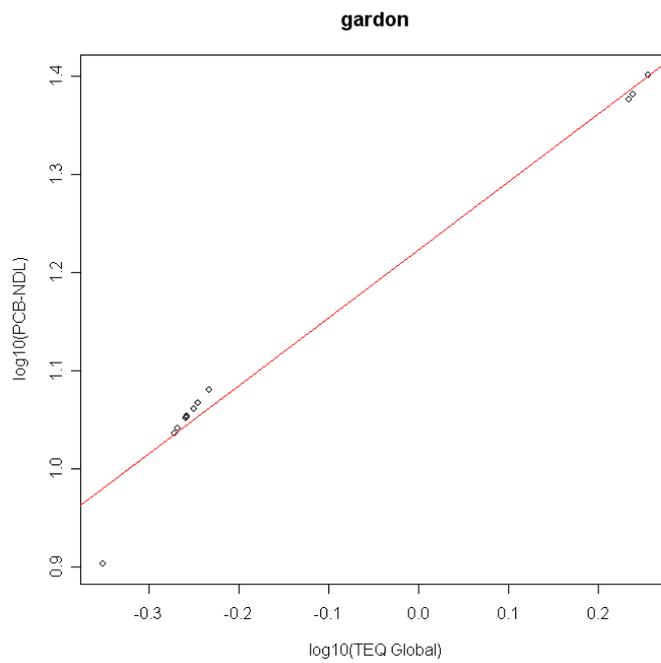
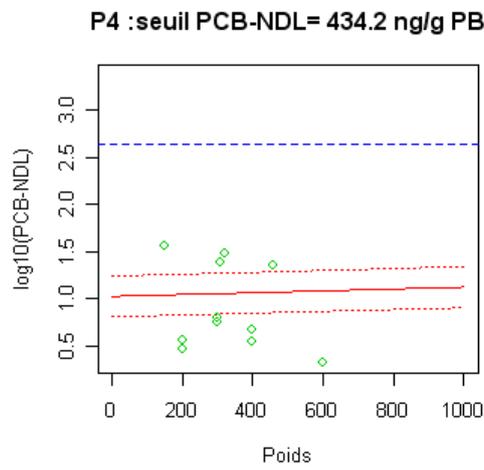
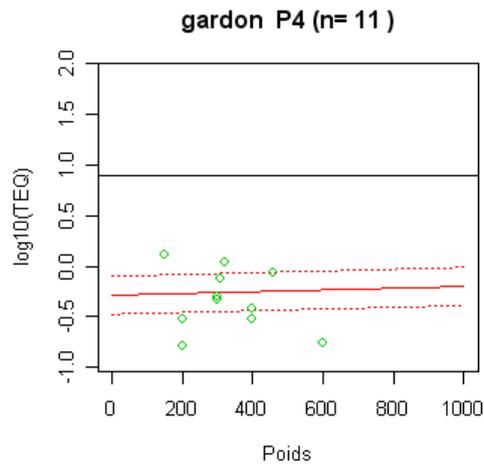


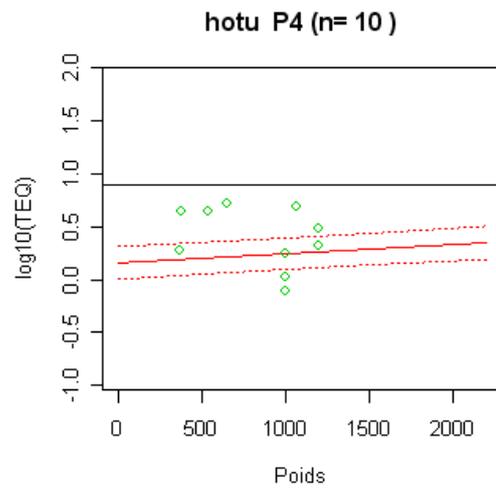
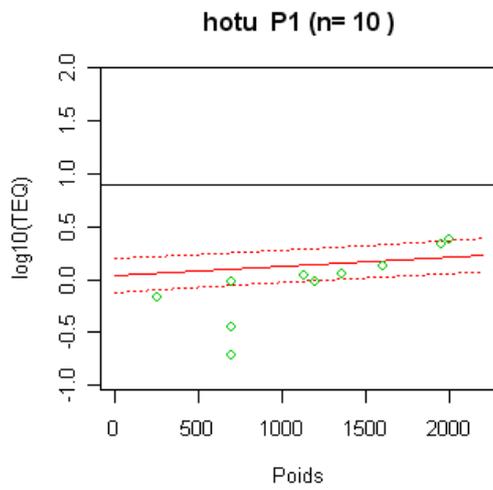


P2 :seuil PCB-NDL= 171.1 ng/gPB P3 :seuil PCB-NDL= 157.2 ng/gPB P4 :seuil PCB-NDL= 193.6 ng/gPB

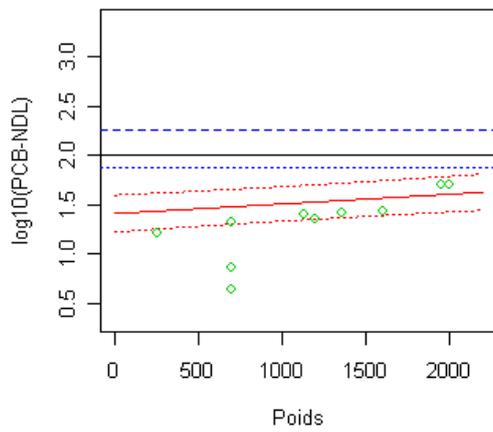




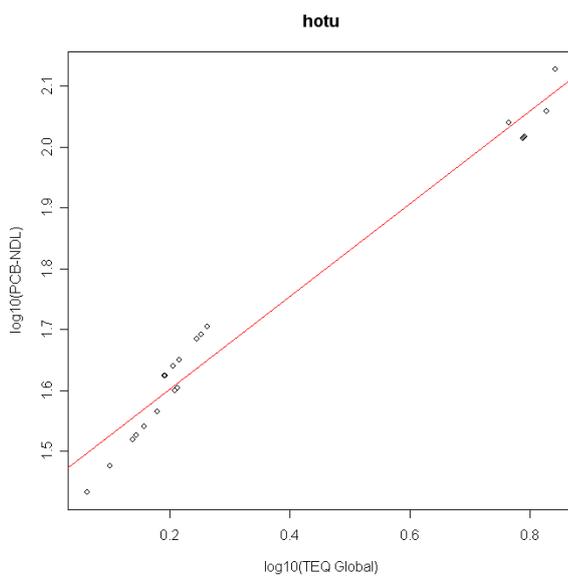
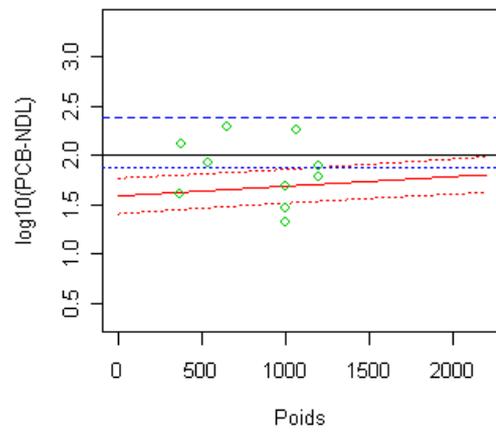




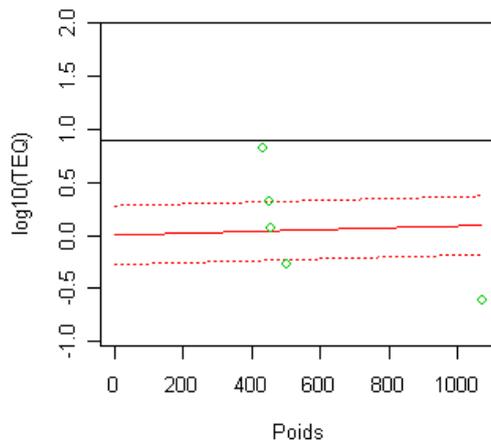
P1 :seuil PCB-NDL= 178.3 ng/g PB



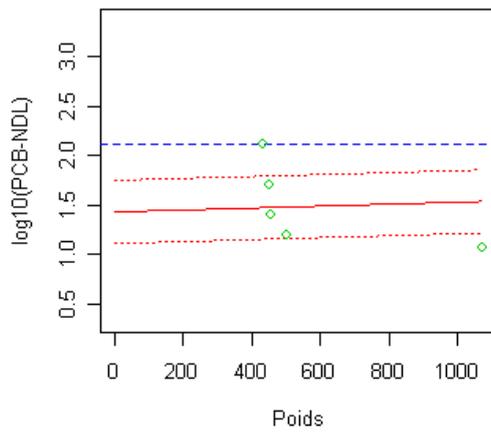
P4 :seuil PCB-NDL= 239.8 ng/g PB



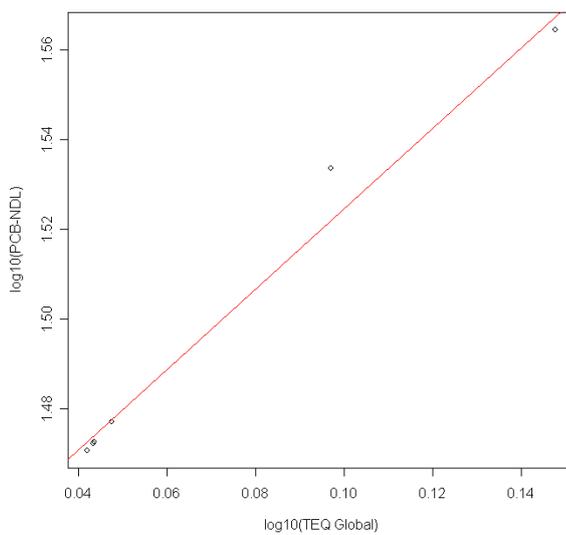
mulet P4 (n= 5)

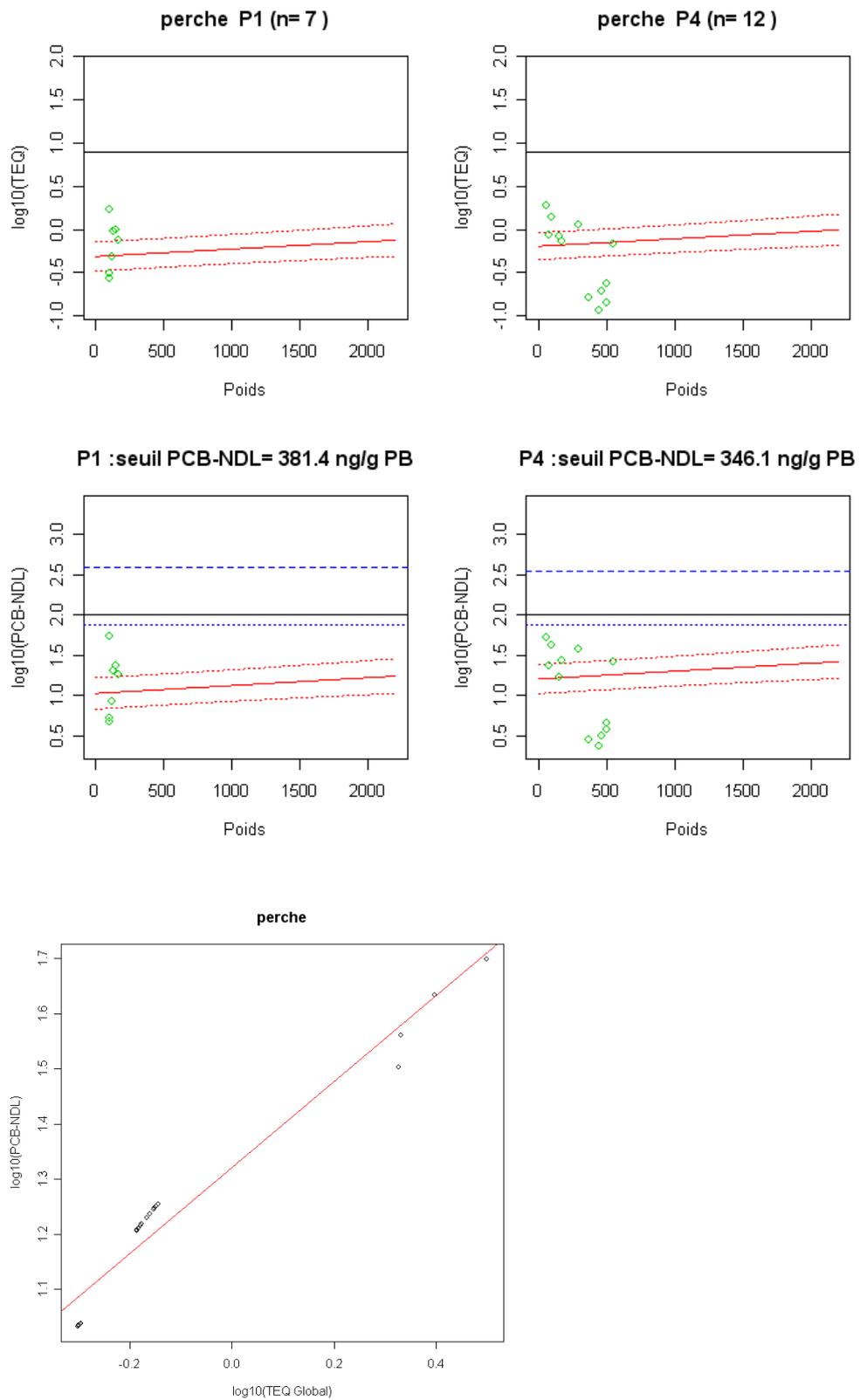


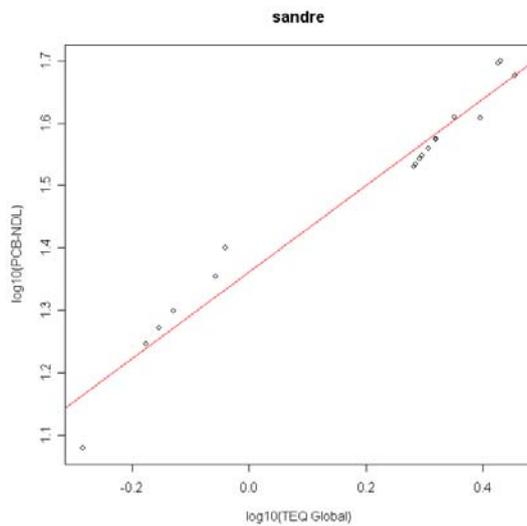
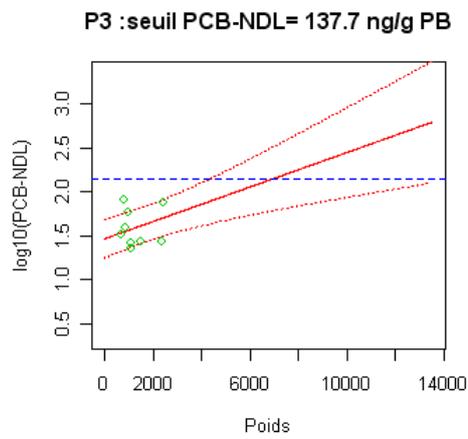
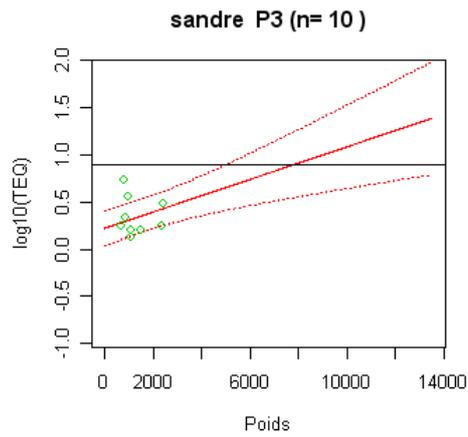
P4 : seuil PCB-NDL= 131.3 ng/g PB

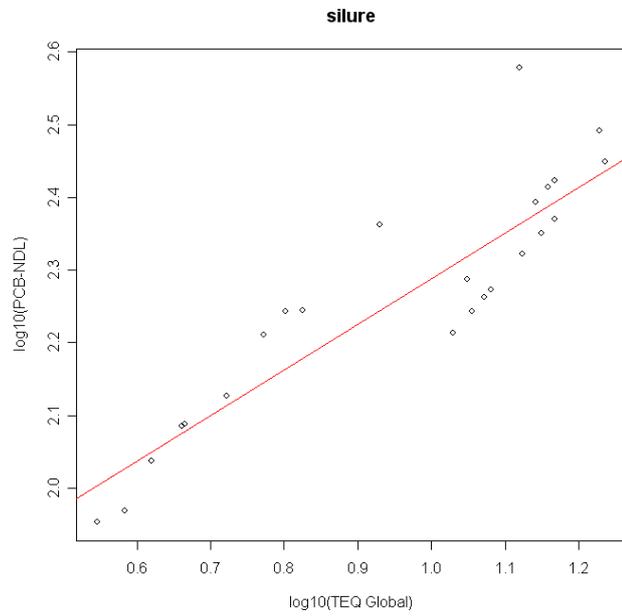
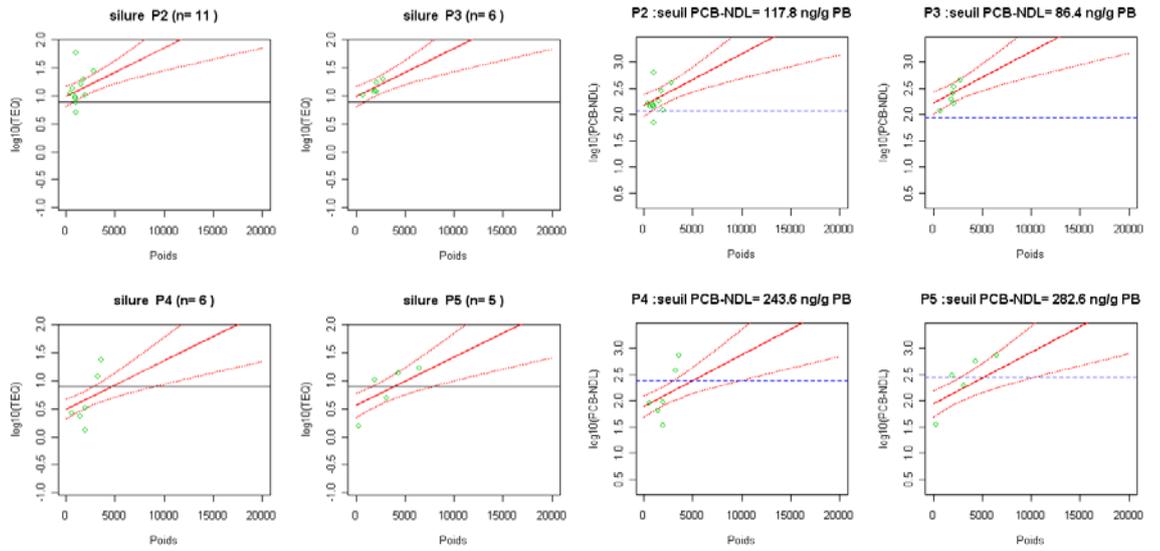


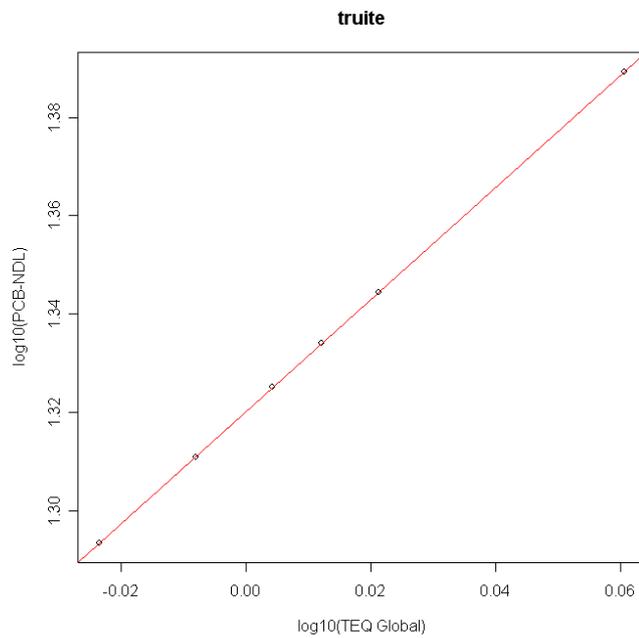
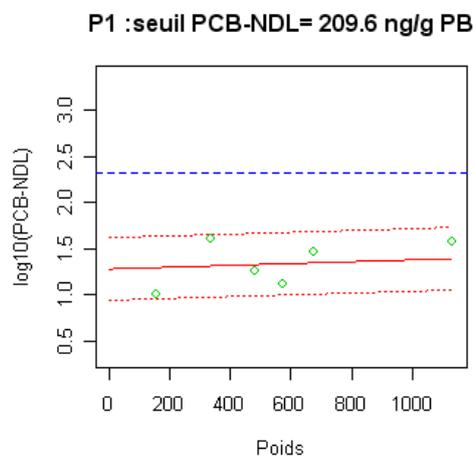
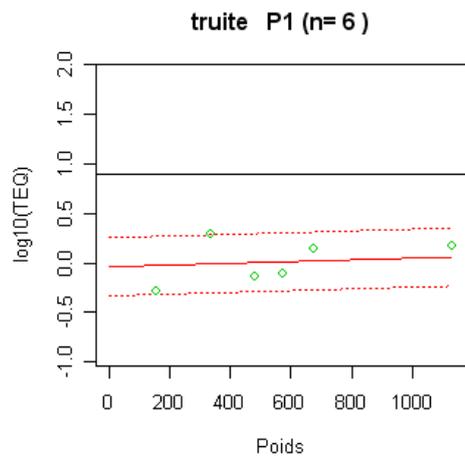
mulet

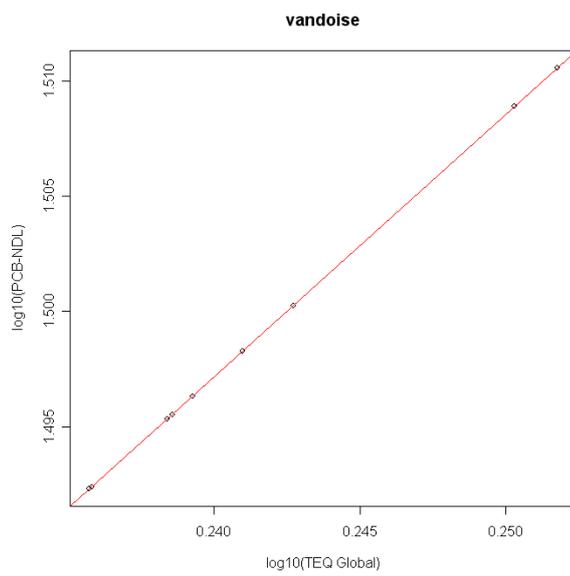
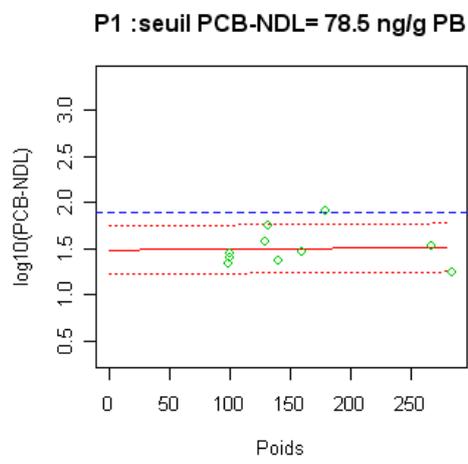
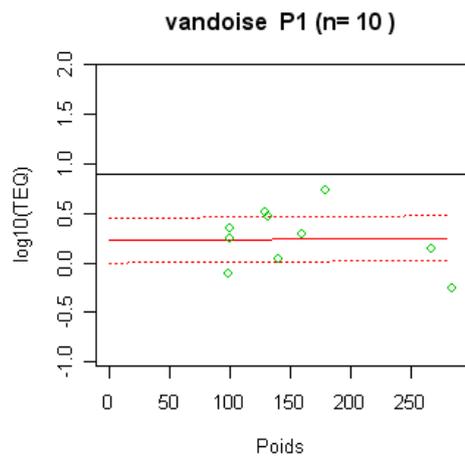












Annexe 7

Estimation du pourcentage de faux négatifs et de faux positifs en fonction du seuil en PCB-NDL retenu

Faux négatifs = poissons non conformes selon l'actuelle réglementation sur les PCDD/F + PCB-DL et apparaissant comme conformes avec le seuil de PCB-NDL retenu

Faux positifs = poissons conformes selon l'actuelle réglementation sur les PCDD/F + PCB-DL et apparaissant comme non conformes avec le seuil de PCB-NDL retenu

- Pour les anguilles

		seuil TEQ Global=12pg/g PF			% faux positifs	% faux négatifs
		Non Conforme	Conforme	total		
seuil PCB-NDL=150 ng/g PF	Non Conforme	15	11	26	100	0
	Conforme	0	0	0		
	total	15	11			
seuil PCB-NDL=200 ng/g PF	Non Conforme	15	11	26	100	0
	Conforme	0	0	0		
	total	15	11			

Nombre de faux positifs : les chiffres en rouge

Nombre de faux négatifs : les chiffres en bleu

Pour les anguilles, il n'y a pas de conformité sur la base des PCB-NDL (quel que soit le seuil).

- Pour les espèces autres que les anguilles

		seuil TEQ Global=8pg/g PF			% faux positifs	% faux négatifs
		Non Conforme	Conforme	total		
seuil PCB-NDL =75 ng/g PF	Non Conforme	84	101	185	36,59	0
	Conforme	0	175	175		
	total	84	276			
seuil PCB-NDL =100 ng/g PF	Non Conforme	84	83	167	30,07	0
	Conforme	0	193	193		
	total	84	276			
seuil PCB-NDL =200 ng/g PF	Non Conforme	73	3	76	1,09	13,10
	Conforme	11	273	284		
	total	84	276			

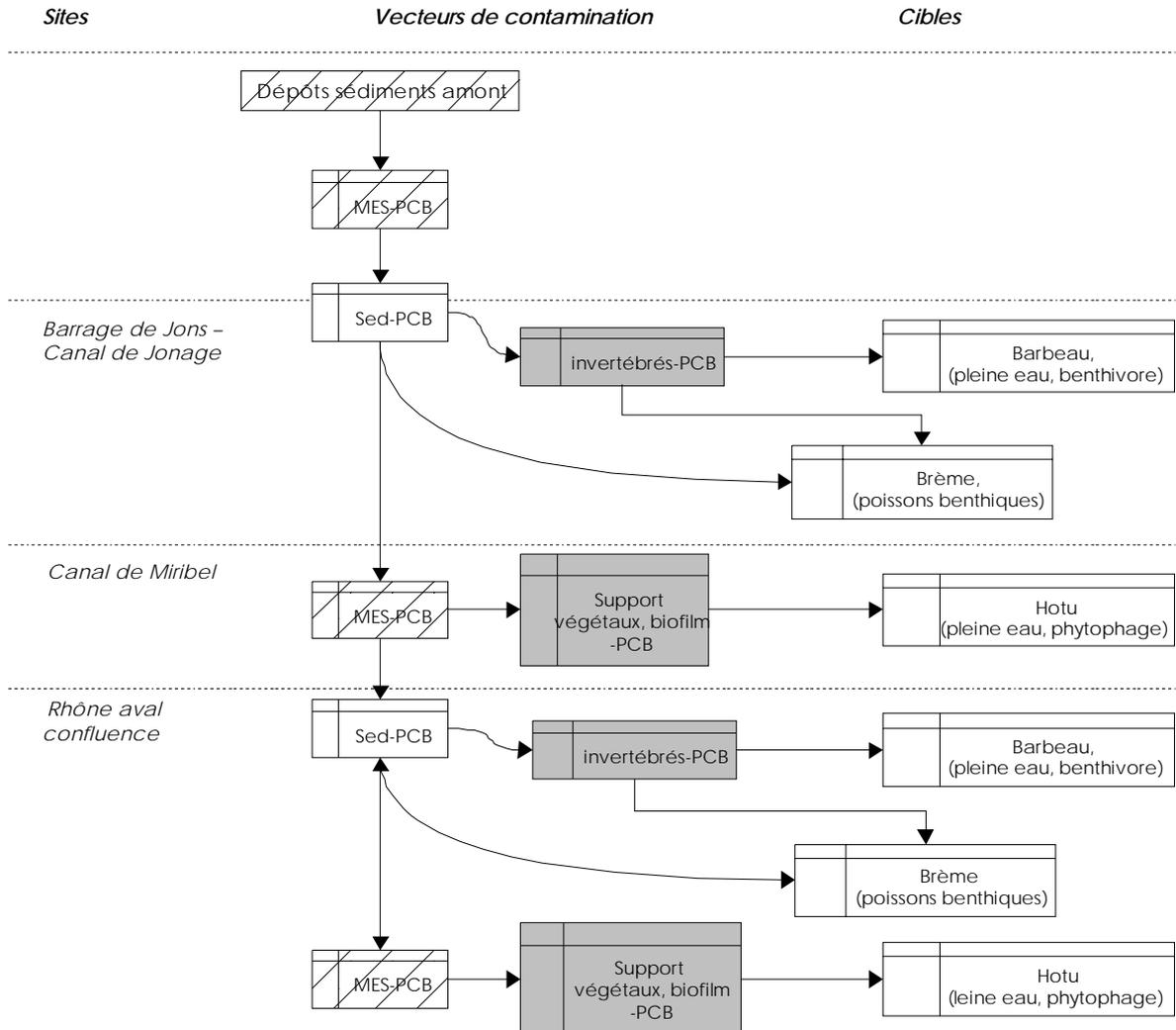
Exemple de lecture du tableau :

Exemple 1 : sur la base d'un seuil fixé à 100 ng/g pf pour les PCB-NDL, on compte 193 poissons conformes. Sur la base de la limite réglementaire fixée à 8 pg/g pf (PCB-DL), ces 193 poissons sont également considérés comme conformes. Un seuil de 100 ng/g pf pour les PCB-NDL ne génère aucun faux négatif par rapport à l'actuelle réglementation sur les PCDD/F +PCB-DL.

Exemple 2 : sur la base d'un seuil fixé à 200 ng/g pf pour les PCB-NDL, on compte 11 poissons conformes, alors que la limite réglementaire fixée à 8 pg/g pf (PCB-DL) conduit à les considérer comme non-conformes. Un seuil de 200 ng/g pf pour les PCB-NDL génère 13,1 % de faux négatifs par rapport à l'actuelle réglementation sur les PCDD/F +PCB-DL.

Annexe 8 Schéma conceptuel des voies de transfert sédiments poissons (adapté de (Babut, 2007))

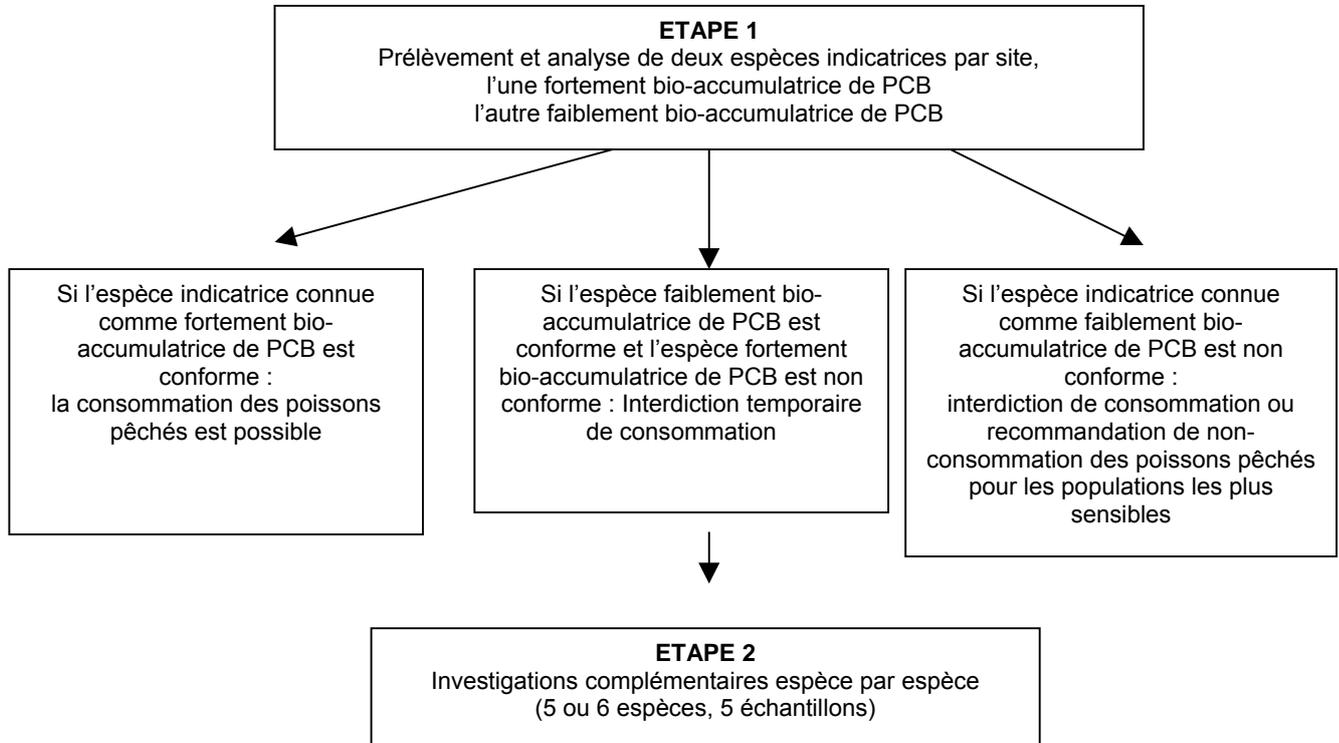
Les boîtes hachurées indiquent des données incomplètes ou insuffisantes, les boîtes grisées des données manquantes.



Annexe 9

Plans d'échantillonnage complémentaires

La démarche d'échantillonnage globale proposée par l'Afssa dans son AST du 8 février 2008 est rappelée ci-dessous :



Dans le cas de la mise en place de plans d'échantillonnages complémentaires (cf. étape 2) les critères d'importance décroissante à considérer sont les suivants :

1. Priorité sur les poissons consommés
2. Priorité sur les secteurs où les poissons consommés sont abondants
3. Priorité lorsque les niveaux de contamination moyens observés dans le cadre de cette étude sont situés de part et d'autre de la limite réglementaire et qu'il s'avère difficile de conclure quant à un potentiel risque de dépassement de cette limite
4. Priorité sur les espèces indicatrices proposée par l'Afssa dans son AST du 8 février 2008

Dans le cas spécifique du Rhône, en croisant les 4 paramètres évoqués ci-dessus, l'Afssa recommande les plans d'échantillonnage suivants

Tableau 4 : Plan d'échantillonnage complémentaire

Espèces	Secteur P1	Secteur P2	Secteur P3	Secteur P5
Brochets			15	
Hotu		15		
Perches		13	13	15
Anguilles	15			11
Gardons	14	15	12	15
Sandres		13		14
Brèmes				11