



Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
Commission Internationale pour la Protection du Rhin
Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn

Contamination des poissons du Rhin 2000

68^{ème} Assemblée plénière – 2 et 3 juillet 2002 - Luxembourg

SOMMAIRE

1	Objectifs et contenu du programme de mesure	1
2.	Réalisation de l'étude	1
2.1	Stations de prélèvement	1
2.2	Poissons analysés	2
2.3	Paramètres	4
2.4	Institutions impliquées dans les travaux	5
2.5	Méthode d'analyse	5
2.6	Evaluation des données	6
3	Résultats	9
3.1	Caractéristiques biométriques des poissons analysés	9
3.2	Relation entre les caractéristiques des poissons et les teneurs polluantes	11
3.3	Evaluation individuelle des pollutions par les substances nuisibles	13
4	Appréciation juridique	30
5	Comparaison avec les données sur les brèmes de la banque allemande d'échantillons environnementale	34
6	Synthèse et évaluation	37

ANNEXE

Fiches de données sur les polluants significatifs

Diagrammes de dispersion des contaminations sur le Rhin

Relation entre les caractéristiques des poissons et les teneurs polluantes

Comparaison entre les résultats d'analyses de l'Office fédéral de l'Environnement (UBA) et ceux de la CIPR

Méthodes de contrôle et limites de dosage spécifiques aux laboratoires

1 Objectifs et contenu du programme de mesure

Le programme de mesure de la contamination des poissons du Rhin par les substances nuisibles a pour objectif d'identifier et de suivre l'évolution de cette contamination dans l'espace et dans le temps. Les informations ainsi obtenues sont à la base des plans prévisionnels globaux qu'établit la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) dans le cadre du développement durable du Rhin. Les mesures de polluants dans les poissons viennent compléter les analyses faites dans l'eau, les matières en suspension et les sédiments du Rhin.

La CIPR décrit depuis 1985 déjà, à un rythme quinquennal, la contamination des poissons du Rhin. Au début, les résultats étaient obtenus à partir de différentes analyses de métaux lourds et de composés organochlorés. En 1990 et 1995, on est passé à des programmes internationaux d'analyse des poissons du Rhin englobant des prescriptions sur les stations de prélèvement, le nombre d'échantillons, la sélection des poissons et l'ampleur des analyses. L'évaluation de 1995 a fourni pour la première fois des informations rétrospectives détaillées sur l'évolution dans le temps de la contamination par les substances nuisibles.

Au fil du temps, les enseignements tirés des données recensées ont dû répondre à des exigences de plus en plus strictes. Il convient de tenir compte de cet aspect lors de la comparaison avec d'anciennes données. Les programmes antérieurs étaient caractérisés par la prise en compte d'un grand nombre d'espèces piscicoles avec un petit nombre d'échantillons pour chacune d'elles. Cette méthode limitait la fiabilité des résultats de l'évaluation et réduisait les possibilités de procéder à des comparaisons dans l'espace et dans le temps.

En l'an 2000, on a modifié le programme d'analyse des poissons du Rhin afin d'améliorer la fiabilité statistique des informations. Les analyses se limitent à deux espèces, l'anguille et le gardon; par ailleurs, on a décidé de réduire sensiblement le nombre des stations de prélèvement. Ces restrictions ont permis d'accroître le nombre de poissons analysés par station et par espèce.

En améliorant ces bases de données, on entend accorder plus d'importance à l'évaluation des données.

2 Réalisation de l'étude

2.1 Stations de prélèvement

31 stations de prélèvement sont fixées dans le programme de mesure 2000; ces stations sont à peu près équidistantes sur l'ensemble du Rhin et ne se trouvent pas à proximité immédiate d'émetteurs locaux. Les six principaux tronçons écologiques du Rhin (haut Rhin, Rhin supérieur méridional, Rhin supérieur septentrional, Rhin moyen, Rhin inférieur et delta du Rhin) sont représentés par plusieurs stations.

Le tableau 1 au chapitre 2.2. présente la liste des stations de prélèvement prévues et des Etats et Länder riverains du Rhin compétents. En raison de malentendus, les données en provenance du Land de Hesse n'ont pu être fournies à temps. On ne dispose de ce fait d'aucune donnée sur un tronçon de 110 km. La station de prélèvement néerlandaise „Wolderwijd“ n'a pas non plus remis de données. Seuls ont donc été analysés en l'an 2000 les poissons prélevés dans 26 stations.

2.2 Poissons analysés

En l'an 2000, on s'est limité à considérer deux espèces, le gardon et l'anguille. Le gardon est choisi car il est très fidèle à son site, l'anguille est un poisson de consommation important. Le choix des deux espèces se fonde également sur d'autres critères, tels que des peuplements suffisamment denses dans tous les tronçons écologiques du Rhin et la prise en compte de poissons qui du fait de leur alimentation (organismes benthiques), sont en contact intense avec les sédiments récents. On savait dès la mise au point du programme de mesure qu'il pourrait s'avérer difficile de capturer des gardons dans certains tronçons du Rhin. Ce problème s'est manifesté lors du recensement ultérieur des données, notamment dans le haut Rhin. On ne pouvait cependant renoncer aux gardons à cause de la comparabilité avec les résultats des études antérieures. Par ailleurs, aucune autre espèce appropriée ne présente de peuplements suffisamment denses sur l'ensemble du Rhin.

Le programme de mesure prescrit de n'utiliser que des gardons d'une longueur de 15 à 25 cm et des anguilles entre 40 et 60 cm (jusqu'à 70 cm au plus si l'on exclut les anguilles argentées). Ces tailles prescrites doivent permettre d'exclure les poissons très âgés et très jeunes.

Les échantillons moyens composés d'un nombre relativement important de poissons donnant des résultats plus fiables que l'analyse d'échantillons individuels dans le cadre de comparaisons dans le temps et dans l'espace, chaque station de prélèvement doit utiliser pour les analyses trois échantillons moyens comprenant chacun cinq gardons. Pour assurer la qualité analytique, les poissons doivent être affectés aux différents échantillons moyens en fonction de leur taille.

Aux Pays-Bas, des échantillons moyens sont prévus pour l'analyse des anguilles. Dans les autres stations de prélèvement, il convient d'analyser au moins 15 poissons individuels afin de permettre des comparaisons avec les valeurs limites fixées pour les denrées alimentaires.

La définition précise du prélèvement entraîne une comparabilité des données analysées bien meilleure que lors des programmes de mesure précédents. Les prescriptions très restrictives n'ont cependant pas été intégralement respectées.

A l'exception de la station de prélèvement de Kembs (PK Rhin 174), où il n'a pas été possible de capturer d'anguilles, toutes les autres stations qui ont effectué des prélèvements disposent du nombre requis d'anguilles. Dans le tronçon néerlandais du Rhin, l'analyse de ces poissons a été faite par le biais d'échantillons moyens, alors que sur le reste du fleuve, on a analysé des échantillons individuels de 15 poissons à chaque fois. Dans la station de prélèvement néerlandaise sur le Rhin (Lobith) à hauteur du PK 862, les 25 anguilles de l'échantillon moyen ont par ailleurs fait l'objet d'une analyse individuelle. On a donc intégré dans l'évaluation des données les échantillons individuels de 17 stations et au total 265 anguilles ainsi que les échantillons moyens de huit stations de prélèvement dans le delta du Rhin avec 25 anguilles à chaque fois. Quant à l'échantillon d'anguilles de Rhijn (Lobith) avec l'analyse des différents individus, l'échantillon moyen n'est pas pris en compte en plus dans l'évaluation des données.

Les prescriptions relatives à la taille des poissons ont été respectées pour les 240 anguilles prélevées en amont de la frontière germano-néerlandaise, à l'exception d'une anguille longue de 35 cm. Par contre, tous les individus issus des échantillons individuels néerlandais présentaient une longueur entre 30 et 40 cm (moyenne arithmétique : 36,2 cm). La longueur moyenne des poissons compris dans les échantillons moyens du delta du Rhin variait également entre 30 et 40 cm. L'utilisation d'anguilles plus petites s'est inscrite dans la tradition d'un programme de mesure néerlandais mis en œuvre depuis de longues années.

Les échantillons de gardons étaient conformes aux prescriptions du programme de mesure, mais en nombre nettement moins important. Pour les 26 stations de prélèvement impliquées, le programme prévoyait 78 échantillons moyens comprenant chacun cinq gardons (390 individus au total). Des gardons n'ayant cependant été capturés que dans 19 stations, on a disposé pour l'analyse d'un échantillon individuel et de 47 échantillons moyens composés chacun de deux à 22 poissons (dix

échantillons moyens comprenant moins de cinq poissons). A la station de prélèvement de « Taubergießen » (PK 255), il n'a pas été possible de capturer de gardons, malgré des efforts de pêche importants. Trois échantillons moyens composés chacun de cinq brèmes bordelières (*Abramis bjoerkna*) ont donc été analysés en option. Dans le haut Rhin, seul un gardon au total a pu être capturé sur les trois lieux de prélèvement en aval de Constance (PK 3).

Les échantillons individuels du PK 792 (Duisburg-Walsum) analysés en plus des trois échantillons moyens n'ayant pas été considérés dans l'évaluation des données, l'évaluation de la contamination des poissons a porté au total sur les informations fournies par 333 gardons (47 échantillons moyens et un échantillon individuel) et 15 brèmes bordelières (trois échantillons moyens). Les données relatives aux brèmes bordelières (exception faite des analyses biométriques) ont été intégrées dans l'évaluation afin de ne pas avoir de lacune de données trop importante sur le cours du Rhin. Lorsque des résultats étonnants sont apparus, il a été fait référence à la particularité des échantillons du PK 255 dans la présentation de la contamination par des substances nuisibles.

Tab. 01: Stations de prélèvement dans le cadre du programme de mesure et nombre d'échantillons individuels et moyens prélevés

PK Rhin	Rhin Station de prélèvement	Tronçon écologique du Rhin	Etat riverain (Land)	Echantillons d'anguilles		Echantillons de gardons	
				Echantillons individuels	Echantillons moyens	Echantillons individuels	Echantillons moyens
3	Konstanz	Haut Rhin (1)	D (BW)	15		1	3
91	Rekingen		CH	15			
139	Schwörstadt		D (BW)	15			
160	Grenzach		D (BW)	15			
174	Kembs	Rhin supérieur méridional (2)	CH				3
210	Grissheim		D (BW)	15			2
255	Taubergießen		D (BW)	15			3 (brèmes bordelières)
309	Gambsheim		F	15			1
355	Neuburgweier		D (BW)	15			3
394	Berghausen	Rhin supérieur septentrional (3)	D (RPF)	15			3
432	Mannheim-Sandhofen		D (BW)	15			3
440	Lampertheim		D (HE)				
465	Biebesheim		D (HE)				
499	Wiesbaden		D (HE)				
540	Lorch		D (HE)				
590	Koblenz	Rhin moyen (4)	D (RPF)	15			3
642	Bad Honnef		D (NRW)	15			3
705	Leverkusen-Hitdorf	Rhin inférieur (5)	D (NRW)	15			3
755	Düsseldorf-Kaiserswerth		D (NRW)	15			3
792	Duisburg-Walsum		D (NRW)	15			3
848	Emmerich		D (NRW)	15			3
862	Rhijn (Lobith)		NL	25	1		3
914	Waal (Thiel)	Delta du Rhin (6)	NL		1		
940	Lek (Culemborg)		NL		1		1
976	Nieuwe Merwede		NL		1		
995	Hollandsch Diep		NL		1		3
1010	Ketelmeer		NL		1		3
1030	Haringvliet		NL		1		
1055	Ijsselmeer		NL		1		1
	Markermeer Wolderwijd		NL NL		1 1		
	Total			265	9	1	50

Les anguilles prélevées au PK 862 sont analysées individuellement et sous forme d'échantillon moyen pour la plupart des paramètres

La taille des gardons prescrite dans le programme de mesure n'a pas été respectée dans presque 50 % des animaux ayant pu être contrôlés. On reviendra plus en détail au chapitre 3.1 aux données biométriques des poissons analysés.

2.3 Paramètres

Les polluants considérés en l'an 2000 figurent dans le tableau 2. Il n'y a que de légères différences par rapport au programme précédent. La substance Ugilec 141, prévue mais non considérée en 1995, ne figure plus au programme. Par contre, le triphénylétain et le tributylétain sont analysés pour la première fois en l'an 2000. Il n'existait pas auparavant de méthode d'analyse appropriée pour cette substance.

Tab.02: Présentation des paramètres dans le programme de l'an 2000

Polychloro-biphényles (PCB) PCB 28*, PCB 52*, PCB 101*, PCB 118*, PCB 138*, PCB 153*, PCB 156*, PCB 180*
Pesticides o,p'-DDE, o,p'-DDD, o,p'-DDT*, p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT* (DDT total= somme des 6 isomères et de leurs métabolites)
Hydrocarbures peu volatils Octachlorostyrène Hexachlorobenzène* Pentachlorobenzène Pentachloroanisol Hexachlorobutadiène α-HCH* β-HCH* γ-HCH (lindane)
Trichlorobenzènes* 1,3,5-trichlorobenzène, 1,2,4-trichlorobenzène, 1,2,3-trichlorobenzène
Tétrachlorobenzènes 1,2,4,5-tétrachlorobenzène, 1,2,3,4-tétrachlorobenzène, 1,2,3,5-tétrachlorobenzène
Composés nitrés musqués Xylène musqué*
Métaux lourds Plomb Cadmium* Mercure*
Autres substances Bromocyclène Triphénylétain Tributylétain

*): substance / groupe de substances prioritaire

Comme lors des analyses précédentes, les polluants sont choisis selon les critères suivants :

- La substance devrait figurer dans la liste des substances significatives pour le Rhin ou être un dérivé (par décomposition ou métabolisation) des substances de cette liste.
- Elle devrait présenter une forte capacité de bioaccumulation ($\log K_{ow} > 3$) pour les micropolluants organiques.

- On devrait pouvoir disposer pour cette substance de données / analyses de méthode fiables, même lorsque les concentrations de traces sont faibles.
- La substance a déjà été mesurée à plusieurs reprises au-dessus de la limite de dosage.

2.4 Institutions associées aux travaux

Les institutions suivantes participent au programme de mesure de l'an 2000 :

Tab. 03: Laboratoires et administrations associés aux travaux

Etat riverain du Rhin ou Land fédéral	Institutions
Suisse	Office fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage, Berne (prélèvement)
Bade-Wurtemberg (D) (y compris échantillons de poissons prélevés sur la rive suisse)	Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg (analyse et attribution de mandats à des experts externes pour le prélèvement)
France	Centre d'Analyses et de Recherches Département Hydrologie et Environnement Illkirch-Graffenstaden (analyse); Conseil Supérieur de la Pêche (prélèvement)
Rhénanie-Palatinat (D)	Landesuntersuchungsamt Institut für Lebensmittelchemie Speyer (analyse); Struktur- und Genehmigungsdirektionen Nord, Koblenz und Süd, Neustadt/Weinstraße (prélèvement)
Hesse (D)	Pas de participation en l'an 2000
Rhénanie-du-Nord-Westphalie (D)	Staatliche Veterinäruntersuchungsämter Krefeld und Arnsberg (analyse) pour la Landesanstalt f. Ökologie, Bodenordnung und Forsten, Landesamt für Agrarordnung NRW (Prof. Dr. Lehmann/Steinberg) (prélèvement)
Pays-Bas	Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, Ijmuiden (analyse, prélèvement)

2.5 Analyse

Sont analysées les parties consommables des poissons envoyés sans peau, arêtes et entrailles. Dans les échantillons moyens, on utilise un mélange homogène de parts égales de chair de plusieurs poissons. Les résultats des analyses sont exprimés en mg/kg de graisse; pour l'évaluation des données, on procède en plus à une conversion en mg/kg de poids frais (PF = poids de la partie consommable du poisson) par le biais des teneurs en graisse déterminées en laboratoire. Les résultats des mesures de métaux lourds et de composés organoétains ne sont indiqués que par référence au poids frais.

Les méthodes de contrôle des laboratoires associés aux travaux et les limites de dosage spécifiques aux laboratoires sont présentées sous forme de tableau en annexe. Dans le but d'assurer la qualité des résultats d'analyse, les laboratoires ont participé en 1999 à des essais interlaboratoires.

2.6 Evaluation des données

Les données à présent recensées et les données des études précédentes prises à titre de comparaison présentent les particularités suivantes :

- Grandes différences au niveau des différents polluants, aux paramètres de référence « graisse » et « poids frais » et entre les espèces piscicoles considérées
- Fort décalage vers la droite des concentrations de polluants avec des valeurs maximales dépassant de loin les valeurs moyennes
- Limites de dosage variant selon les laboratoires impliqués
- Différences dans l'ampleur des échantillons
- Pourcentage très élevé de résultats de mesure inférieurs aux limites de dosage pour certains polluants
- Présence commune de données issues d'échantillons individuels et d'échantillons moyens (parfois sur le même tronçon du Rhin)
- Hétérogénéité nettement supérieure des données de 1995 pour des échantillons d'ampleur systématiquement inférieure

Les données sont évaluées à l'aide des programmes Microsoft Excel 2000 et SPSS pour Windows, dans le but de recueillir le plus grand nombre possible d'informations et d'en tirer des enseignements significatifs par rapport à l'objectif de l'étude (identifier et suivre l'évolution dans le temps et dans l'espace des teneurs polluantes). L'évaluation s'est faite au niveau descriptif et avec les moyens des statistiques de contrôle. Pour certains aspects, on a procédé à une nouvelle évaluation des valeurs de 1995 au niveau des données mesurées. Ceci n'a pas été possible pour les résultats de l'analyse de 1990, ces données n'étant plus disponibles.

Dans le cadre de l'évaluation, les données sont traitées différemment en fonction du type d'enseignement à en tirer.

Statistiques descriptives

Presque toutes les concentrations de polluants présentent une forte asymétrie vers la droite avec des valeurs maximales dépassant de loin le point principal de répartition. Dans ces conditions, les médianes et les percentiles sont des paramètres statistiques plus appropriés que les moyennes arithmétiques et les écarts types souvent utilisés, car ils réagissent de manière moins sensible aux valeurs extrêmes. Par ailleurs, les médianes et les percentiles donnent des informations plus précises sur la répartition des données considérées. La médiane (= percentile 50) donne la valeur des variables considérées dans le centre de répartition (même nombre de données avec des valeurs plus faibles et plus élevées).

Les résultats de mesure inférieurs aux limites de dosage spécifiques aux laboratoires sont considérés comme équivalant à la moitié de la limite de dosage. Cette approche est la même que celle suivie en 1995 et est la meilleure méthode permettant d'estimer les valeurs réelles situées entre zéro et la limite de dosage. Pour les résultats inférieurs aux limites de dosage, elle entraîne toutefois des différences locales dues aux méthodes d'analyse appliquées par les laboratoires associés aux travaux. Ceci n'a pas d'impact sur la médiane (à l'opposé de la moyenne arithmétique), dès lors que plus de 50 % des valeurs mesurées sont supérieures à la limite de dosage. Lorsque cette condition n'est pas remplie, c'est indiqué et on renonce à présenter la médiane.

Les analyses de gardons ont été faites sur la base d'échantillons moyens. Par contre, les anguilles n'ont été analysées qu'aux Pays-Bas sur la base d'échantillons moyens composés respectivement de

25 individus (relativement petits) ; sur le reste du Rhin, 15 anguilles individuelles ont été analysées par station de prélèvement. Les résultats d'analyse à partir d'échantillons moyens ont donné des valeurs moyennes plus fiables que les médianes déterminées par calcul à partir de données individuelles ou que les moyennes arithmétiques. Par contre, ils n'ont pas donné d'information sur la dispersion de la contamination par les polluants. La comparabilité des données néerlandaises et des autres échantillons a donc été limitée.

Au PK Rhin 862, sur le Rhin inférieur hollandais, les concentrations de polluants ont généralement été analysées en parallèle sous forme d'échantillons individuels et moyens. Pour certaines substances, on ne disposait toutefois que des résultats de l'échantillon moyen. Dans le cadre de l'évaluation commune au sein du tronçon du Rhin, ces données ont été pondérées par un facteur 15 (correspondant au nombre d'échantillons individuels aux autres points du tronçon rhénan n° 5).

Pour les données individuelles, les concentrations de polluants ont été reportées dans des diagrammes de dispersion sur le profil longitudinal du fleuve (PK Rhin) (présentation en annexe). Pour ce faire, toutes les valeurs mesurées inférieures aux limites de dosage ont été considérées comme étant équivalentes à zéro, comme ceci a déjà été fait lors de l'étude de 1995. Les diagrammes de dispersion ont avant tout permis de visualiser les concentrations polluantes maximales dans chaque station de prélèvement.

Contrôles de pertinence

Les différences de valeurs mesurées entre les échantillons individuels pouvant être aléatoires et ne se basant pas forcément sur des différences réelles dans les contaminations des poissons du Rhin par les polluants, on a vérifié si les informations relatives aux différences dans le temps étaient significatives. Les caractéristiques de données décrites ci-dessus ont requis l'utilisation de méthodes indépendantes des paramètres.

Dans les contrôles de pertinence, les valeurs mesurées ont été considérées par classe, cette méthode permettant d'éviter les interprétations erronées que pourraient engendrer les valeurs extrêmes dans des échantillons individuels. En regard de l'ampleur systématiquement inférieure des échantillons lors du recensement précédent en 1995, on a réalisé des tests U avec un questionnaire de deux pages selon la méthode Mann-Whitney pour contrôler la pertinence. En cas de différences significatives, on s'est orienté vers la médiane des valeurs mesurées.

On a mis en relation les valeurs mesurées observées, donc la constellation des faits observés, et toutes les formes envisageables de valeurs mesurées pour déterminer la probabilité d'erreur d'une information (p = niveau de pertinence). On a procédé grâce au programme SPSS aux calculs de contrôle de pertinence selon la méthode Mann-Whitney et avec de petits échantillons individuels accompagnés de probabilités exactes découlant des différentes combinaisons.

Il n'a pas été possible de faire de contrôle de pertinence pour les échantillons de gardons très hétérogènes à cause des grandes différences dans l'ampleur des échantillons et du changement fréquent entre échantillons moyens et échantillons individuels. Pour les anguilles, les tests ont porté sur tous les échantillons du secteur respectivement considéré et en plus sur la base des stations de prélèvement dans lesquelles des échantillons ont été prélevés sur les deux périodes considérées. De cette manière, on a immédiatement identifié les décalages de la localisation et du nombre des points de prélèvement dus à des différences dans le temps.

Dans les contrôles de pertinence, on a accordé aux deux échantillons moyens de 1995 (PK 139 et PK 862) un poids plus important qu'aux échantillons individuels. Ceci correspond au nombre moyen des échantillons individuels par station de prélèvement dans le tronçon du Rhin respectif.

Le fait d'avoir considéré que les valeurs mesurées faibles étaient équivalentes à la moitié de la limite de dosage peut entraîner un niveau incorrect dans les contrôles de pertinence, du fait que des valeurs réellement très faibles inférieures à une limite de dosage élevée deviennent plus importantes que des valeurs relativement faibles inférieures à une limite de dosage basse. On ne pourrait exclure des décalages, même si l'on traitait différemment les faibles résultats de mesure. Ainsi, en mettant toutes les valeurs non mesurables au même niveau zéro, les concentrations relativement élevées mesurées à l'aide de méthodes peu sensibles pourraient baisser plus que de faibles concentrations pouvant encore être dosées à l'aide de méthodes de mesure précises. Exclure toutes les valeurs inférieures aux limites de dosage entraînerait par contre la perte d'une information très importante, à savoir celle relative aux « très faibles teneurs en polluants ». Il est tenu compte du problème des limites de dosage différentes en choisissant le test selon Mann-Whitney qui fait une distinction précise tout en réagissant de manière stable à des décalages dans la constellation des valeurs mesurées. Les résultats des tests réalisés montrent par ailleurs qu'il n'y a pratiquement pas de cas ambigus. Les différences sont en général soit très importantes soit négligeables.

Prise en compte de caractéristiques biométriques

La prise en compte des données biométriques des poissons se base sur la détermination de la régression linéaire ou quadratique (en cas de relation manifestement curviligne). Les probabilités d'erreur sont déterminées par le biais du « test F ». Enfin, pour le calcul des relations entre caractéristiques biométriques et caractéristiques des polluants, on exclut tous les résultats de mesure inférieurs aux limites de dosage afin de ne pas tenir compte des différences de sensibilité de mesure comme source de variation.

3 Résultats

3.1 Caractéristiques biométriques des poissons analysés

Le chapitre 2 a décrit en détail les conditions fixées dans le programme de mesure au niveau des poissons à analyser, du type et de l'ampleur des échantillons prélevés. L'évaluation suivante se base sur les données disponibles relatives à la taille, au poids, à l'âge et à la teneur en graisse des poissons analysés.

Anguilles

Le tableau 4 montre que les échantillons d'anguilles sont en grande partie homogènes au sein des tronçons du Rhin. On ne constate pas de différence sensible entre les tronçons 1 à 4.

Dans le Rhin supérieur septentrional (tronçon 3), les anguilles pêchées sont en moyenne plus grandes, mais ne présentent pas de pourcentages de graisse plus élevés par rapport aux autres tronçons. Les anguilles dont la teneur en graisse est en moyenne plus élevée ont été capturées dans le Rhin moyen et le Rhin inférieur. Les petites anguilles du Rhin néerlandais (NL: longueur entre 30 et 40 cm ; sinon 50 à 70 cm) ont des pourcentages de graisse en moyenne inférieurs.

Tab. 04: Répartition des paramètres biométriques connus des anguilles analysées (présentation des quartiles)

Tronçon du Rhin	n	Longueur [cm]					Poids [g]					Pourcentage de graisse [%]				
		Min	25%	50%	75%	Max	Min	25%	50%	75%	Max	Min	25%	50%	75%	Max
1	60	35	50	54	56	64	61	222	274	326	531	1,3	14,3	19,7	25,0	36,6
2	60	43	50	54	59	69	110	195	270	386	623	4,0	15,1	21,7	26,8	34,3
3	30	45	51	59	64	67	154	239	358	431	577	4,1	13,1	17,6	22,8	29,7
4	30	48	53	55	56	68	232	280	301	366	689	9,5	22,3	29,5	33,1	39,7
5	85	30	39	49	53	64	52	115	230	290	570	4,4	15,9	27,0	30,4	37,0
6	8 *	35	35	35	36	36	87	91	92	93	94	9,4	14,3	15,7	17,6	19,9
1 à 5	265	30	49	53	56	69	52	200	271	337	689	1,3	14,9	23,3	28,7	39,7

*) Les données du tronçon du Rhin 6 se basent sur des échantillons moyens comprenant chacun 25 poissons ; n : nombre de données

Les relations entre les paramètres longueur, poids et teneur en graisse ont été déterminées sur la base de 265 échantillons individuels. Les calculs de régression ont fait ressortir, comme on l'attendait, une relation très étroite entre la longueur et le poids ($r = 0,94$ sur toutes les anguilles). Par contre, il s'est avéré qu'il n'y avait pas de relation étroite entre la taille ou le poids et le pourcentage de graisse. Ceci vaut tant pour l'échantillon individuel dans son ensemble que pour l'évaluation distincte des anguilles issues des différents tronçons écologiques du Rhin. Au niveau des stations de prélèvement, les relations entre longueur ou poids et teneur en graisse ne sont pas significatives.

Tab. 05: Relation entre longueur et poids (régression quadratique) et longueur ou poids et pourcentage de graisse (régression linéaire) des anguilles analysées

Origine des échantillons	n	Longueur - poids			Longueur - teneur en graisse			Poids - teneur en graisse		
		r ²	r	p	r ²	r	P	r ²	R	p
PK 848 et 864	40	0,92	0,96	**	0,66	0,81	***	0,62	0,79	***
Tronçon 1	60	0,87	0,93	***	0,17	0,42	***	0,27	0,52	***
Tronçon 2	60	0,90	0,95	***	0,27	0,52	***	0,27	0,52	***
Tronçon 3	30	0,93	0,96	***	0,04	0,19		0,03	0,17	
Tronçon 4	30	0,56	0,75	***	0,14	0,37	*	0,11	0,33	
Tronçon 5	85	0,93	0,97	***	0,49	0,70	***	0,41	0,64	***
Toutes les anguilles	265	0,88	0,94	***	0,11	0,34	***	0,13	0,36	***

r²: pourcentage de variance commune; r: coefficient de corrélation ; p : probabilité d'erreur (*: < 5 %; ***: < 0,1 %)

La figure 1 montre à titre d'exemple les relations entre longueur et graisse pour toutes les anguilles ainsi que pour les animaux prélevés dans les stations voisines aux PK Rhin 848 et 862. On note une forte dispersion des données caractéristiques. La figure montre également que les petites anguilles (néerlandaises) sont en moyenne moins grasses.

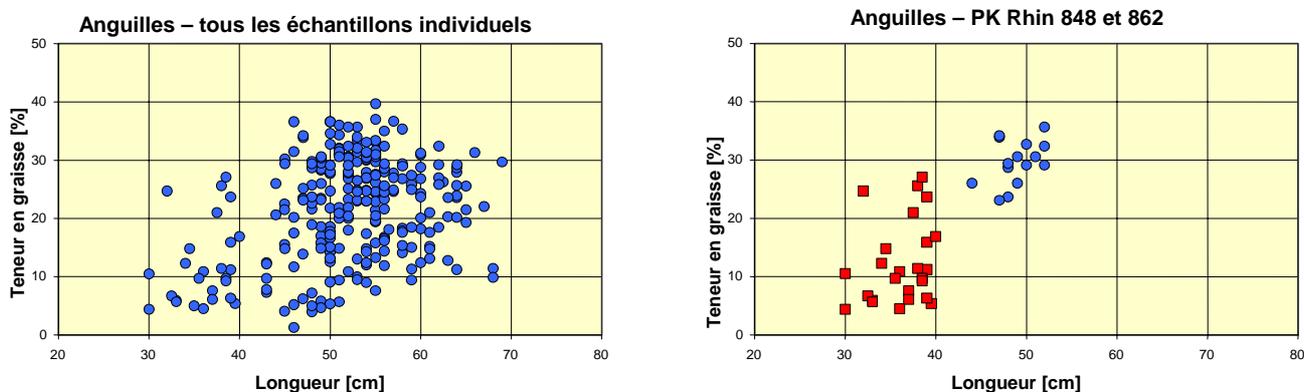


Fig. 01: Relation – entre longueur et teneur en graisse des anguilles du Rhin analysées

Gardons

Le tableau 6 donne une vue d'ensemble des valeurs des échantillons moyens au niveau de la taille, du poids et du pourcentage de graisse des gardons analysés. On ne dispose que pour une partie des poissons utilisés de données (longueur, poids et âge) individuelles (présentation dans le tab. 7). Les différences apparaissant notamment entre les données de poids dans les deux tableaux font ressortir une base insuffisante de données individuellement attribuables.

Tab. 06: Répartition des paramètres biométriques connus des gardons analysés (présentation des quartiles) sur la base des valeurs moyennes déterminées à partir des échantillons moyens

Tronçon du Rhin	Longueur [cm]						Poids [g]						Pourcentage de graisse [%]					
	n	Min	25%	50%	75%	Max	n	Min	25%	50%	75%	Max	n	Min	25%	50%	75%	Max
1	3	19		20		21	3		100	103		136	3	1,7		2,1		2,5
2	9	13	14	15	18	23	9	23	33	74	99	198	9	0,3	0,8	1,0	1,2	1,6
3	6	17	18	26	33	36	6	82	100	314	547	641	6	0,5	0,7	1,2	1,7	1,8
4	6	14	21	23	24	30	6	32	124	148	173	337	6	1,3	1,3	1,5	1,6	3,0
5	15	12	15	20	23	33	15	22	44	92	175	540	15	0,6	1,4	1,6	1,9	2,5
6	8	18	22	24	27	33	8	69	139	186	287	571	8	0,7	0,8	0,8	1,8	2,1
1 à 6	47	12	17	21	24	36	47	22	72	126	184	641	47	0,3	0,9	1,4	1,8	3,0

Tab. 07: Répartition des paramètres biométriques connus des gardons analysés (présentation des quartiles) sur la base de données individuelles

Tronçon du Rhin	N total	Taille [cm]						Poids [g]						Age [années]					
		n	Min	25%	50%	75%	Max	n	Min	25%	50%	75%	Max	n	Min	25%	50%	75%	Max
1	16	16	18	19	20	20	23												
2	43	43	13	14	15	17	26	3	63		77		119	3	2		3		5
3	29	29	16	18	20	33	37							14	7	8	9	10	10
4	39	39	12	14	20	24	32	24	19	26	41	101	162	16	3	3	4	5	5
5	115	89	9	12	15	19	33	89	8	20	41	85	496	23	2	3	3	4	6
6	91																		
1 à 6	333	216	9	14	17	21	37	116	8	24	43	87	496	56	2	3	4	6	10

On connaît la taille de 216 (= 65 %) sur les 333 gardons considérés dans le cadre de l'évaluation des données. 24 poissons sont supérieurs à 25 cm, 71 inférieurs à 15 cm. Seuls 57 % des gardons analysés individuellement satisfont aux longueurs prescrites dans le programme de mesure.

Il existe tant au niveau des valeurs moyennes découlant des échantillons moyens qu'à celui des données individuelles une relation très étroite entre la longueur et le poids des gardons ($r = 0,99$ et $r = 0,97$ pour la régression quadratique). Par contre, il n'y a pas de relation significative entre la taille/poids et le pourcentage de graisse.

Les gardons pris en compte dans les échantillons sont âgés d'un à dix ans. La plupart des poissons auxquels on peut affecter des données individuelles (51 %) ont entre deux et trois ans. Dans seulement 99 cas au total (30 % des gardons utilisés), dont 24 issus du Rhin inférieur, il est possible d'attribuer un âge à un individu donné. Il n'y a pas ici de relation étroite entre l'âge et la taille ou le poids. Ainsi, les gardons de trois ans sont entre 14 et 25 cm de long pour un poids variant entre 28 et 210 g.

3.2 Relation entre caractéristiques des poissons et teneurs en polluants

On a déterminé les corrélations entre les caractéristiques biométriques que sont la taille et la teneur en graisse et les concentrations des différents polluants (liste des données en annexe). On note une corrélation positive entre les concentrations de polluants dans la chair et la teneur en graisse des parties consommables du poisson pour presque toutes les substances liposolubles. Ce résultat ressort également d'un grand nombre d'autres études.

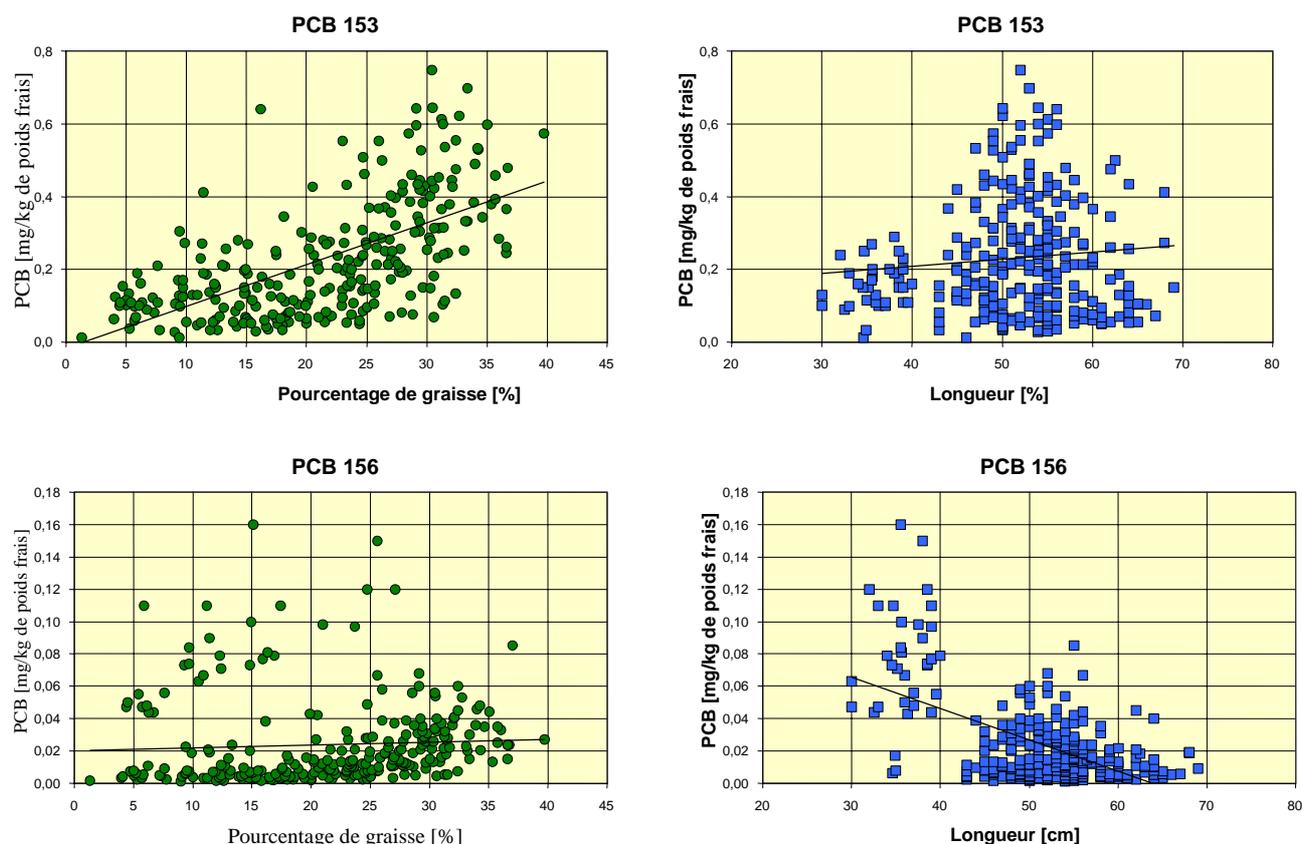


Fig. 02: Relation entre le pourcentage de graisse / taille et les concentrations de PCB 153 et PCB 156 dans les parties consommables de l'anguille

Pour les substances chimiques apparentées, les calculs de corrélation font ressortir en partie des relations très significatives mais très différentes au niveau de leurs effets. Ainsi, on a par exemple une corrélation « produit-moment » entre les pourcentages de graisse des anguilles analysées et les concentrations de polluants rapportées au poids frais de 0,59 pour le PCB 153 avec une probabilité d'erreur $p < 0,1 \%$, alors que pour le PCB 156 aucune corrélation significative n'est déterminée par calcul. A l'inverse, on note une corrélation étroite entre la taille des anguilles et les concentrations de PCB 156 dans le poids frais ($r = -0,57$, $p < 0,1 \%$), alors qu'il n'y a aucune corrélation arithmétique pour le PCB 153 ($r = 0,09$, $p < 0,13$).

Le graphique montre qu'il s'agit de corrélations fictives dues à des valeurs extrêmes accompagnées d'effets très importants et faibles. Il ressort du contrôle visuel que les valeurs ne sont pas réparties de manière homogène autour de la droite de régression. Une condition primordiale pour le calcul de la corrélation „produit-moment“ n'est donc pas remplie. Dans ce cas précis, la variation est essentiellement due aux différents polluants présents en différents endroits. Les différences de teneur en graisse, de longueur et de station de prélèvement sont prises en compte dans le calcul. Elles ne peuvent être contrôlées par calcul partiel.

Pour déterminer correctement les relations entre teneurs polluantes et caractéristiques biométriques, il est nécessaire d'exclure à titre expérimental les paramètres non considérés (entre autres les différences locales importantes). Une approche adéquate consiste à analyser un échantillon individuel nettement plus important provenant d'une seule station de prélèvement. Sur la base des données disponibles, il n'est pas possible de donner des informations fondées.

3.3 Considération individuelle des contaminations

Présentation

L'évaluation des différents polluants dépend de leur importance et de la teneur informative des données. Il convient dans ce contexte d'assurer la continuité avec les rapports précédents.

Les indices de la répartition des valeurs mesurées (valeurs moyennes, quartiles, valeurs minimales et maximales) figurent en annexe sous forme de tableau pour les substances évaluées en détail en 1995. Comme dans le rapport précédent, les médianes sont représentées sous forme de graphiques pour les tronçons écologiques du Rhin. L'annexe contient également des diagrammes de dispersion de toutes les concentrations de polluants sur le profil longitudinal du Rhin.

Le texte suivant décrit les médianes des valeurs mesurées dans les stations de prélèvement avec une comparaison dans le temps pour les substances dont les concentrations sont supérieures aux limites de dosage dans plus de 50 % des échantillons. Dans le cadre de cette présentation, il faut tenir compte du fait que les données issues des différents points de prélèvement se basent sur des échantillons d'ampleur très différente.

Les résultats des tests de pertinence visant à déterminer les différences dans le temps sont décrits pour les différentes substances et groupes de substances, d'une part pour l'ensemble du Rhin et de l'autre pour les différents tronçons écologiques. La pertinence des différences dans le temps pour la contamination par l'HCB est par ailleurs prise en compte au niveau des stations de prélèvement.

La présentation des résultats des tests de pertinence visant à déterminer les différences dans le temps dans les tronçons écologiques du Rhin comprend également les médianes des données utilisées pour les statistiques de contrôle. Du fait de la pondération des échantillons moyens, ces valeurs ne concordent pas toujours avec les médianes issues de statistiques descriptives.

A part la qualité générale des données, décrite au chapitre 2.6, qui rend plus difficile l'évaluation, les données recueillies sur les gardons analysés présentent les lacunes suivantes :

- Recensement des données sur seulement 65% des sites prévus (le haut Rhin dans son ensemble p.ex. est seulement représenté par des échantillons moyens prélevés à la sortie du lac de Constance)
- Nombre insuffisant d'échantillons sur 25% des lieux où ont été effectués des prélèvements
- Nombre insuffisant d'individus dans 22% des échantillons moyens
- On ne connaît les données biométriques que de 66% des poissons, dont 48% avec mauvaise classification de l'espèce ou taille ne correspondant pas aux conditions générales du programme de mesure

Dans le cadre de la considération individuelle des contaminations, on ne peut donc évaluer en détail que les données relatives aux anguilles.

Polychloro-biphényles

PCB faiblement chlorés

Le congénère principal PCB 28 traité en détail dans le rapport de l'analyse précédente est relativement moins important qu'en 1995, d'après les concentrations constatées en l'an 2000. Les valeurs mesurées moyennes (médianes) sont proches de la limite de dosage à hauteur de Griefheim (PK 210) avec une dispersion d'environ 0,003 mg/kg de graisse vers l'aval. Par rapport à l'analyse précédente, il convient de souligner tout particulièrement une baisse significative de la contamination dans le Rhin inférieur (tronçon 5) (cf. tab. 8).

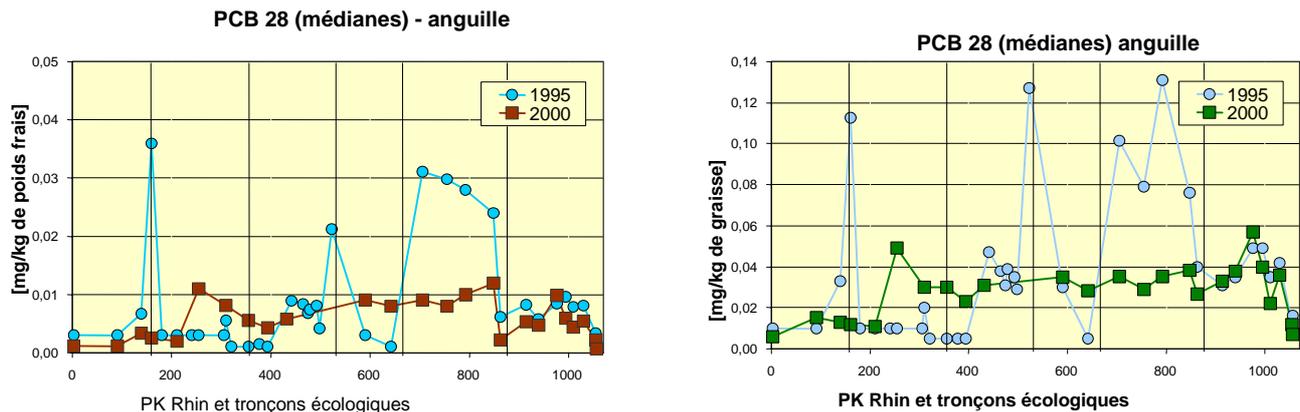


Fig. 03: Médianes des concentrations de PCB 28 sur le cours du Rhin

Tab. 08: Pertinence des différences dans le temps pour la contamination par le PCB 28 des anguilles analysées

Tronçon du Rhin	Médianes [mg/kg de poids frais]						Médianes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	P	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,005	↘ ***	0,002	0,005	↘ ***	0,002	0,032	↘ **	0,012	0,032	↘ **	0,012
2	0,003	—	0,005	0,003	↗ **	0,005	0,010	↗ ***	0,026	0,010	↗ ***	0,026
3	0,001	↗ ***	0,004	0,007	↘ *	0,005	0,005	↗ *	0,023	0,038	↘ **	0,027
4	0,003	↗ *	0,009	0,003	↗ *	0,009	0,012	—	0,031	0,012	—	0,031
5	0,024	↘ ***	0,008	0,024	↘ ***	0,008	0,078	↘ ***	0,032	0,078	↘ ***	0,032
6	0,008	—	0,005	0,008	—	0,005	0,035	—	0,035	0,035	—	0,035
1-5	0,006	—	0,005	0,006	—	0,005	0,033	—	0,026	0,033	—	0,026
1-6	0,006	↘ *	0,005	0,006	—	0,005	0,033	—	0,026	0,033	—	0,026

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) — : aucune différence significative

Les concentrations de PCB 52 accusent une évolution très similaire sur le cours du Rhin, mais à niveau nettement plus élevé, avec un pic de contamination dans le Rhin inférieur et le delta du Rhin. Dans l'espace, on ne note pas de différence de répartition par rapport à la situation de 1995 (fig. 4).

Les tests visant à déterminer les différences dans le temps ne font ressortir globalement aucune modification significative lorsque l'on tient compte de tous les points de mesure considérés en 1995 et en l'an 2000. Si l'on prend pour base les mêmes points de prélèvement, on observe alors une baisse de la contamination. Si l'on considère tous les tronçons écologiques du Rhin, on observe avec le système de référence poids frais une contamination plus forte des anguilles dans le Rhin moyen. Ce constat n'est pas valable si l'on prend comme référence la graisse ; la contamination ne

peut donc être due à la teneur en graisse plus importante des poissons pêchés en l'an 2000. On observe dans le Rhin inférieur une baisse de la contamination significative en termes statistiques.

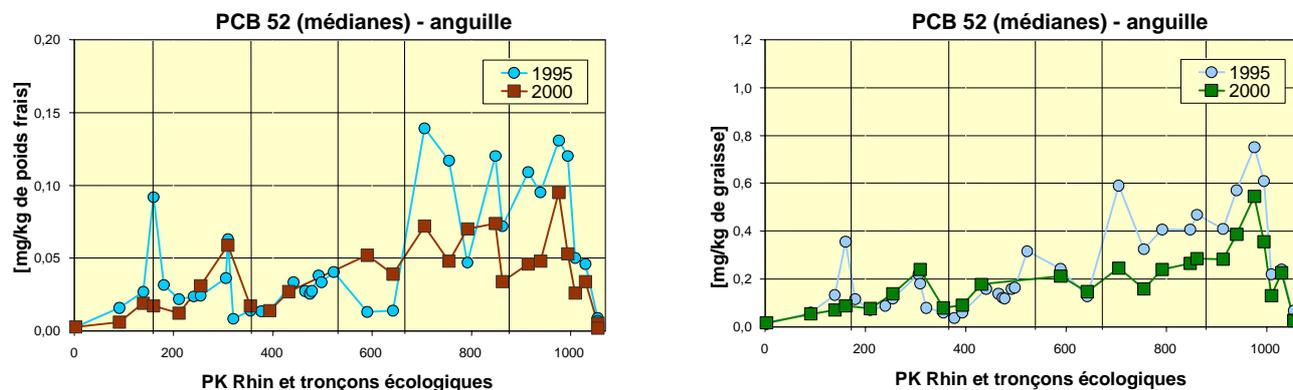


Fig. 04: Médianes des concentrations de PCB 52 sur le Rhin

Sur les échantillons de gardons, il n'a pas été possible de faire de tests visant à déterminer les différences dans le temps. La fiche de données en annexe donne une vue d'ensemble des concentrations moyennes avec comparaison dans l'espace et dans le temps. Les résultats de mesure rapportés au pourcentage de graisse dans les gardons sont supérieurs aux valeurs correspondantes pour les anguilles ; si l'on se réfère au poids frais des parties consommables du poisson, les contaminations, qui atteignent au plus 0,038 mg/kg PF, peuvent être considérées comme faibles.

Tab. 09: Pertinence des différences dans le temps pour la contamination par le PCB 52 des anguilles analysées

Tronçon du Rhin	Médianes [mg/kg de poids frais]						Médianes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	P	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,02	–	0,01	0,02	–	0,01	0,13	–	0,06	0,13	–	0,06
2	0,03	–	0,02	0,03	–	0,02	0,11	–	0,10	0,11	–	0,10
3	0,01	–	0,01	0,03	↘ *	0,02	0,06	–	0,09	0,14	–	0,13
4	0,01	↗ *	0,05	0,01	↗ *	0,05	0,16	–	0,17	0,16	–	0,17
5	0,11	↘ ***	0,06	0,11	↘ ***	0,06	0,45	↘ ***	0,25	0,45	↘ ***	0,25
6	0,07	–	0,04	0,05	–	0,04	0,33	–	0,25	0,24	–	0,25
1-5	0,03	↘ *	0,03	0,03	–	0,03	0,18	↘ *	0,14	0,14	–	0,14
1-6	0,04	↘ *	0,03	0,03	–	0,29	0,19	↘ *	0,14	0,14	–	0,15

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune différence significative

PCB fortement chlorés

Aucune valeur n'est inférieure aux limites de dosage pour les PCB fortement chlorés. Les concentrations de PCB 138 et de PCB 153 sont à peu près au même niveau et en général nettement supérieures aux teneurs constatées pour les autres PCB fortement chlorés. On entrera plus dans les détails pour le congénère principal, le PCB 153.

Si l'on prend la graisse comme système de référence, les données font en général ressortir des concentrations plus élevées à partir de Mannheim (PK 432). En considérant les teneurs dans les parties consommables des poissons (PF), on observe un pic de contamination important dans le Rhin moyen et le Rhin inférieur. Ceci est dû aux pourcentages de graisse plus élevés dans les anguilles capturées dans le Rhin moyen et le Rhin inférieur. Dans ces deux tronçons, les médianes des concentrations sont proches des valeurs maximales fixées par la législation sur les denrées

alimentaires pour le PCB 153 ou les dépassent (cf. chap. 4). Les valeurs maximales sont mesurées dans le Rhin moyen avec 4,4 mg/kg de graisse et 1,1 mg/kg PF.

Les analyses des anguilles du delta du Rhin font ressortir des différences sensibles entre les échantillons avec des valeurs plus faibles pour la Ketelmeer, l'IJsselmeer et la Markermeer. Avec 1,79 mg/kg de graisse, l'échantillon moyen de Haringvliet (PK 1030) accuse une concentration particulièrement élevée. Ce constat est encore plus manifeste pour le PCB 138 (3,05 mg/kg de graisse à Haringvliet).

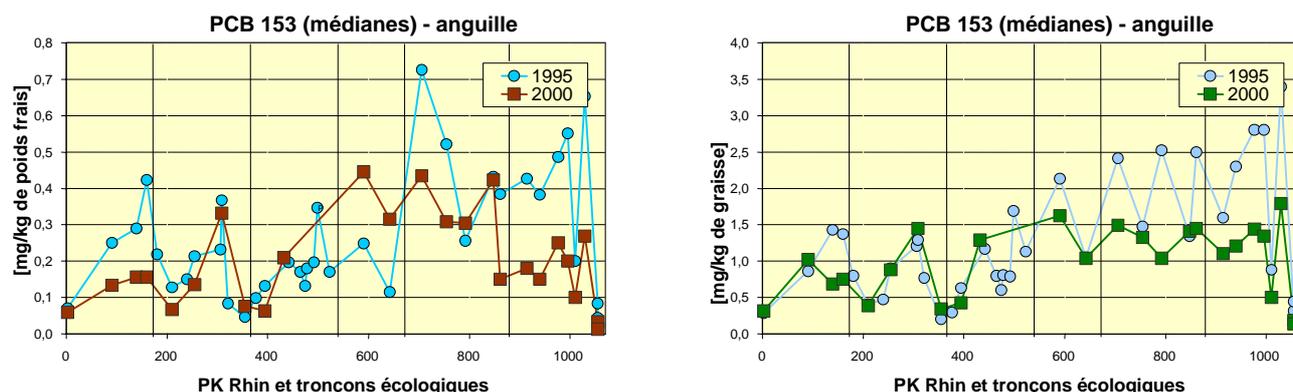


Fig. 05: Médiannes des concentrations de PCB 153 sur le Rhin

Jusqu'au Rhin moyen, les tests de pertinence visant à déterminer les différences dans le temps ne donnent pas de résultats homogènes. Par contre, on constate une baisse significative de la contamination pour le Rhin inférieur et globalement sur l'ensemble des tronçons.

Sur la base des valeurs individuelles (cf. diagrammes de dispersion en annexe), les concentrations de PCB dans les échantillons de gardons ne font pas apparaître de tendance claire sur le cours du Rhin. Si l'on se réfère à la graisse, il n'y a pas de différence sensible par rapport à la contamination des anguilles. Si l'on tient compte cependant de la teneur en graisse bien inférieure des gardons, les concentrations de PCB dans ces derniers, rapportées à la part consommable, est de l'ordre d'un dixième des valeurs observées dans les échantillons d'anguilles (concentration maximale de 0,1 mg/kg PF pour le PCB 153).

Tab. 11: Pertinence des différences dans le temps pour la contamination par le PCB 153 des anguilles analysées

Tronçon du Rhin	Médiannes [mg/kg de poids frais]						Médiannes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,29	↘ **	0,13	0,29	↘ **	0,13	1,22	–	0,69	1,22	–	0,69
2	0,21	–	0,11	0,18	↘ *	0,11	0,74	–	0,54	0,78	–	0,54
3	0,13	↘ **	0,06	0,17	↘ *	0,13	0,64	–	0,42	0,81	–	0,70
4	0,20	↗ *	0,38	0,20	↗ *	0,38	1,07	–	1,34	1,07	–	1,34
5	0,44	↘ **	0,29	0,44	↘ ***	0,29	2,20	↘ **	1,41	2,20	↘ **	1,41
6	0,40	–	0,17	0,38	–	0,17	1,95	–	1,16	1,60	–	1,16
1-5	0,29	↘ **	0,19	0,21	–	0,19	1,26	↘ *	1,00	0,94	–	1,00
1-6	0,29	↘ ***	0,18	0,22	↘ *	0,19	1,30	↘ **	1,00	0,94	–	1,01

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune différence significative

DDT

Lors des analyses, aucune concentration inférieure aux limites de dosage n'est mesurée pour le paramètre global DDT total. Parmi les fractions analysées, le métabolite DDE joue le plus grand rôle.

Sur le profil longitudinal, les concentrations de DDT total dans les anguilles présentent une pointe de contamination dans le Rhin moyen ainsi que des valeurs locales surélevées à hauteur de Grenzach (PK 160) et de Gamsheim (PK 309). A hauteur du PK 160, la contamination d'une anguille dépasse la valeur limite fixée par la législation sur les denrées alimentaires en vigueur en Allemagne (cf. chap. 4). Les échantillons de gardons ne permettent pas de reconnaître une tendance sur le cours du Rhin (cf. aussi diagrammes de dispersion en annexe).

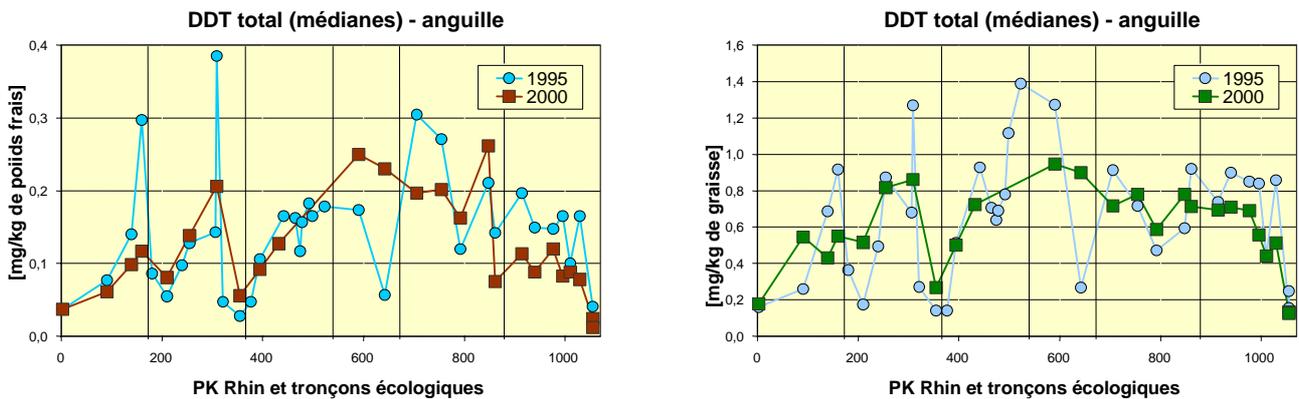


Fig. 06: Médiannes des concentrations de DDT total sur le cours du Rhin

On constate une hausse significative de la teneur en DDT dans la chair des anguilles du Rhin moyen si l'on se base sur tous les échantillons et si l'on tient uniquement compte des mêmes lieux de prélèvement. Cette hausse est également mesurée lorsque l'on prend la teneur en graisse comme référence, mais n'est pas significative en termes statistiques. L'évaluation globale du Rhin ne fait pas apparaître de différence sensible par rapport à l'étude précédente.

Tab. 12: Pertinence des différences dans le temps pour la contamination par le DDT total des anguilles analysées

Tronçon du Rhin	Médiannes [mg/kg de poids frais]						Médiannes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,14	–	0,07	0,14	–	0,07	0,69	–	0,43	0,69	–	0,43
2	0,13	–	0,10	0,10	–	0,10	0,52	–	0,56	0,47	–	0,56
3	0,11	–	0,09	0,16	↘ ***	0,11	0,51	–	0,50	0,74	–	0,62
4	0,10	↗ **	0,24	0,10	↗ **	0,24	0,36	–	0,91	0,36	–	0,91
5	0,22	–	0,17	0,22	–	0,17	0,83	–	0,72	0,83	–	0,72
6	0,15	–	0,09	0,15	–	0,09	0,79	–	0,54	0,74	–	0,54
1-5	0,14	–	0,12	0,14	–	0,12	0,69	–	0,64	0,69	–	0,64
1-6	0,14	–	0,12	0,14	–	0,12	0,69	–	0,63	0,69	–	0,64

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune différence significative

Octachlorostyrène

On observe en l'an 2000 sur le profil du Rhin une lente hausse des concentrations moyennes qui commence approximativement à hauteur de Schwörstadt (PK 139) et se poursuit jusqu'aux Pays-Bas. C'est là que sont mesurées les médianes les plus élevées et les valeurs maximales.

La contamination des gardons par l'octachlorostyrène montre que les pics de contamination se situent dans le Rhin supérieur méridional et dans le Rhin inférieur. Les teneurs polluantes dans les parties consommables des poissons sont cependant faibles avec un maximum de 0,004 mg/kg.

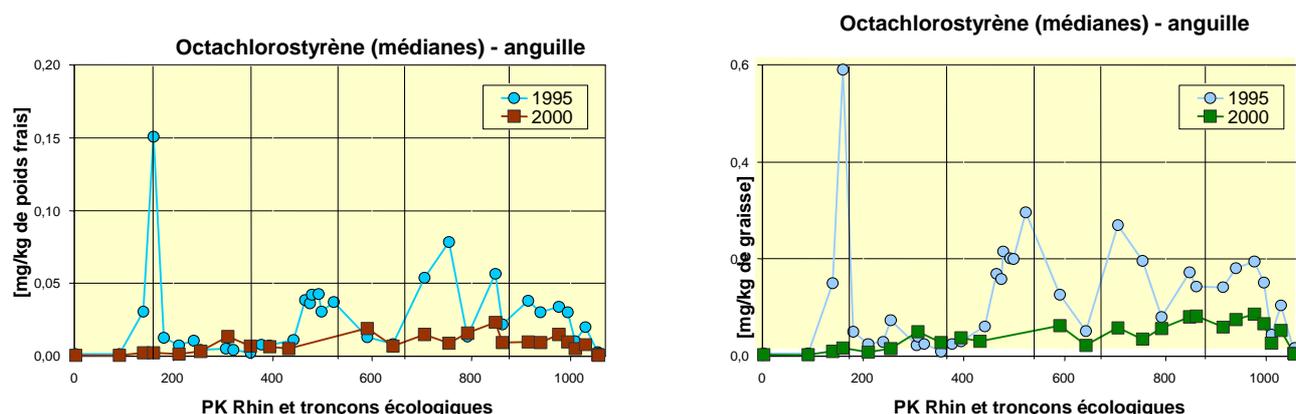


Fig. 07: Médianes des concentrations d'octachlorostyrène sur le cours du Rhin

Les diagrammes de dispersion et les médianes font ressortir une baisse de la contamination au cours des cinq dernières années. Le tableau 13 montre que ce résultat est significatif pour les tronçons 1 et 5 et pour le Rhin dans son ensemble.

Tab. 13: Pertinence des différences dans le temps pour la contamination des anguilles analysées par l'octachlorostyrène

Tronçon du Rhin	Médianes [mg/kg de poids frais]						Médianes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,013	↘ ***	0,001	0,013	↘ ***	0,001	0,068	↘ **	0,007	0,068	↘ **	0,007
2	0,007	—	0,005	0,007	—	0,005	0,040	—	0,026	0,030	—	0,026
3	0,007	—	0,007	0,031	↘ ***	0,006	0,031	—	0,038	0,156	↘ ***	0,033
4	0,009	—	0,008	0,009	—	0,008	0,080	↘ *	0,039	0,080	↘ *	0,039
5	0,042	↘ ***	0,013	0,042	↘ ***	0,013	0,157	↘ ***	0,065	0,157	↘ ***	0,065
6	0,025	—	0,009	0,020	—	0,009	0,123	—	0,056	0,104	—	0,056
1-5	0,014	↘ ***	0,007	0,017	↘ ***	0,007	0,075	↘ ***	0,035	0,081	↘ ***	0,034
1-6	0,015	↘ ***	0,007	0,018	↘ ***	0,007	0,078	↘ ***	0,036	0,083	↘ ***	0,034

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) — : aucune différence significative

Hexachlorobenzène

Sur le Rhin, les échantillons d'anguilles de l'an 2000 présentent une faible contamination jusqu'à la station de prélèvement de Rekingen (PK 91). Les valeurs rapportées à la graisse augmentent ensuite fortement sur trois stations jusqu'à Grissheim (PK 210), les concentrations minimales de chaque lieu étant supérieures aux valeurs maximales mesurées dans la station de prélèvement voisine en amont. Les concentrations d'HCB les plus élevées dans le Rhin sont mesurées dans les stations suivantes du Rhin supérieur et du Rhin moyen jusqu'à Coblenz (PK 590). On observe la contamination maximale dans le Rhin supérieur septentrional à hauteur de Berghausen (PK 394)

(médiane : 1,13 mg/kg de graisse). La contamination de l'anguille la moins polluée (0,74 mg/kg de graisse) dépasse déjà largement la valeur maximale fixée par la législation sur les denrées alimentaires (cf. chap. 4). Les valeurs baissent sensiblement en aval de Coblenze. Elles varient entre 0,27 et 0,44 mg/kg de graisse jusqu'à Hollandsch Diep (PK 995). Dans les stations situées dans la zone d'embouchure, les valeurs mesurées sont encore plus faibles. A hauteur de l'IJsselmeer et de la Markermeer, elles sont de l'ordre de 0,02 mg/kg, à peu près au même niveau que dans le Rhin non pollué à hauteur de Constance (PK 3).

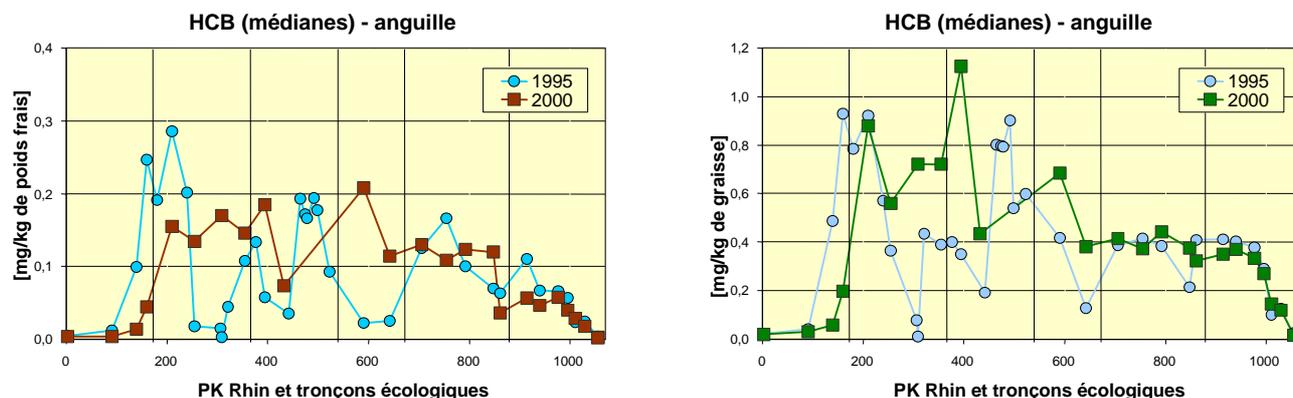


Fig. 08: Médianes des concentrations d'hexachlorobenzène sur le cours du Rhin

L'évaluation des teneurs en HCB rapportées au poids frais des anguilles donne une image très similaire avec des contaminations maximales entre Griefheim et Coblenze. En raison de leur teneur moyenne en graisse nettement plus faible, les anguilles néerlandaises présentent des valeurs rapportées au poids frais nettement inférieures à celles des poissons capturés dans le Rhin inférieur allemand. Les concentrations dans les échantillons de gardons confirment cette évolution. Les valeurs rapportées à la graisse et au poids frais accusent des maxima dans le Rhin septentrional (cf. diagrammes de dispersion et fiche de données en annexe).

L'évaluation de toutes les anguilles ne permet pas globalement de constater une modification significative de la contamination. Si l'on considère uniquement les lieux de prélèvement communs aux deux études, on constate globalement une hausse très importante de la contamination (médiane 1995 : 0,35 ; médiane 2000 : 0,39). Pour les gardons analysés, les échantillons très hétérogènes de 1995 ne permettent pas d'analyser la pertinence des variations dans le temps.

Tab. 14: Pertinence des différences dans le temps pour la contamination par l'HCB des anguilles analysées

Tronçon du Rhin	Médianes [mg/kg de poids frais]						Médianes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,06	↘ **	0,01	0,06	↘ **	0,01	0,35	↘ *	0,04	0,35	↘ *	0,04
2	0,18	↘ *	0,15	0,05	↗ *	0,15	0,25	↗ ***	0,72	0,39	↗ **	0,72
3	0,06	↗ **	0,19	0,12	–	0,13	0,35	↗ ***	1,13	0,60	↗ *	0,66
4	0,02	↗ ***	0,12	0,02	↗ ***	0,12	0,21	↗ **	0,44	0,21	↗ **	0,44
5	0,08	–	0,10	0,08	–	0,10	0,39	–	0,38	0,39	–	0,38
6	0,04	–	0,04	0,02	–	0,04	0,21	–	0,21	0,13	–	0,21
1-5	0,06	↗ *	0,10	0,09	–	0,10	0,36	↗ **	0,41	0,40	–	0,41
1-6	0,06	↗ **	0,10	0,08	–	0,10	0,35	↗ **	0,39	0,41	–	0,39

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune différence significative

Les différences dans le temps de la contamination des anguilles ont également été vérifiées au niveau des stations de prélèvement. Le tableau 15 regroupe les résultats des tests de pertinence réalisés. Il montre que les contaminations à proximité de l'ancien rejeteur ponctuel dans le haut Rhin ont nettement baissé depuis 1995. A hauteur de Griefheim, les concentrations mesurées restent constantes mais à un niveau très élevé. Par contre, on constate en aval jusqu'à Bad Honnef (PK 642) dans toutes les stations de prélèvement une augmentation significative de la contamination. Si l'on compare les médianes sur les deux périodes considérées, on constate qu'en l'an 2000 les contaminations plus élevées n'apparaissent qu'à partir du PK 255. Dans le Rhin supérieur septentrional, la contamination moyenne dépasse même le niveau atteint en 1990.

Tab. 15: Contamination moyenne par l'HCB des anguilles analysés dans les stations de prélèvement du Rhin (médianes des échantillons pondérés) et pertinence des différences dans le temps pour la contamination

Tronçon du Rhin	PK Rhin	Lieu	Nombre de données		Médianes [mg/kg de poids frais]			Médianes [mg/kg de graisse]		
			1995	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	3	Konstanz	5	15	0,005	–	0,004	0,022	–	0,020
	91	Rekingen	3	15	0,012	↘ **	0,004	0,042	↘ *	0,030
	139	Schwörstadt	1 M (4)	15	0,099	↘ **	0,014	0,488	↘ **	0,058
	160	Grenzach	4	15	0,247	↘ **	0,045	0,931	↘ *	0,198
2	180	Istein	5	15	0,191	–	0,155	0,786	–	0,881
	210	Grisshheim	2	15	0,286	–	0,155	0,921	–	0,881
	240	Sasbach	5	15	0,201	–	0,135	0,571	–	0,560
	255	Taubergießen	5	15	0,018	–	0,135	0,364	–	0,560
	306	Diersheim	5	15	0,015	–	0,135	0,077	–	0,560
	309	Gamsheim	5	15	0,003	↗ **	0,170	0,010	↗ **	0,720
	321	Greffern	4	15	0,045	–	0,146	0,435	–	0,721
	355	Neuburgweier	3	15	0,108	–	0,146	0,390	↗ *	0,721
3	377	Ile Rott	2	15	0,134	–	0,185	0,400	–	1,125
	394	Berghausen	5	15	0,058	↗ **	0,185	0,351	↗ **	1,125
	432	Mannheim-Sandhofen		15			0,073			0,435
	441	Lampertheimer Altrhein	10		0,035			0,192		
	465	Biebesheim	5		0,193			0,803		
	474	Erfelder Altrhein	5		0,172			0,795		
	478	Schusterwörther Altrhein	5		0,166			0,794		
	492	Ginsheimer Altrhein	5		0,194			0,901		
	498	Mainz-Kastel	5		0,177			0,540		
	523	Geisenheim	5		0,093			0,600		
4	590	Koblenz	5	15	0,022	↗ *	0,208	0,419	↗ **	0,685
	642	Bad Honnef	5	15	0,025	↗ **	0,114	0,128	↗ **	0,381
5	705	Leverkusen-Hitdorf	4	15	0,125	–	0,130	0,388	–	0,414
	755	Düsseldorf-Kaiserwerth	5	15	0,166	–	0,109	0,414	–	0,372
	792	Duisburg-Walsum	5	15	0,100	↗ *	0,123	0,383	–	0,442
	848	Emmerich	5	15	0,070	↗ **	0,120	0,214	↗ **	0,376
	862	Rhijn (Lobith)	1 M (5)	25	0,063	–	0,036	0,409	↘ **	0,324
6	914	Waal (Thiel)	1 M	1 M	0,110		0,057	0,412		0,350
	940	Lek (Culemborg)	1 M	1 M	0,067		0,046	0,404		0,371
	976	Nieuwe Merwede	1 M	1 M	0,066		0,058	0,379		0,333
	995	Hollandsch Diep	1 M	1 M	0,057		0,040	0,289		0,269
	1010	Ketelmeer	1 M	1 M	0,023		0,029	0,101		0,146
	1030	Haringvliet	1 M	1 M	0,024		0,018	0,125		0,119
	1055	Ijsselmeer	1 M	1 M	0,004		0,003	0,015		0,018
		Markermeer	1 M	1 M	0,003		0,002	0,026		0,016
	Wolderwijd	1 M		0,002			0,015			

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune différence significative

Pentachlorobenzène

Le centre de contamination des anguilles est nettement localisable dans le Rhin supérieur méridional. Les individus capturés à Gamsheim (PK 309) notamment accusent sans exception des concentrations plus élevées que les anguilles pêchées dans le reste du Rhin (cf. diagramme de dispersion). Alors que l'on constate à hauteur de Gamsheim une valeur maximale de 0,37 mg/kg de graisse et de 0,12 mg/kg PF, toutes les autres valeurs mesurées sont en deçà de 0,15 mg/kg de graisse.

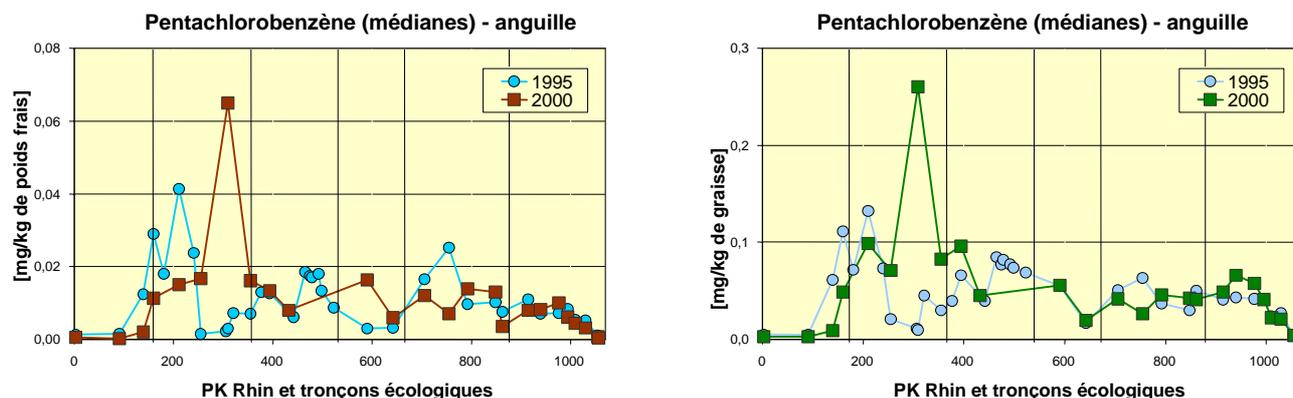


Fig. 09: Médianes des concentrations de pentachlorobenzène sur le cours du Rhin

Si l'on compare les deux périodes considérées, on constate une baisse pour les anguilles dans le haut Rhin et une hausse significative dans le Rhin supérieur méridional. Celle-ci est due en premier lieu aux contaminations très élevées à hauteur de Gamsheim (PK 309).

En prenant la graisse pour référence, on observe des valeurs élevées pour les gardons dans le tronçon hollandais du Rhin (cf. diagrammes de dispersion). Sur le reste du cours du fleuve, les concentrations sont inférieures aux limites de dosage (pour env. 70 % des échantillons) ou proches de celles-ci.

Tab. 16: Pertinence des différences dans le temps pour la contamination des anguilles analysées par le pentachlorobenzène

Tronçon du Rhin	Médianes [mg/kg de poids frais]						Médianes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,007	↘ **	0,001	0,007	↘ **	0,001	0,020	↘ **	0,006	0,020	↘ **	0,006
2	0,006	↗ **	0,018	0,007	↗ ***	0,018	0,020	↗ ***	0,098	0,034	↗ ***	0,098
3	0,013	–	0,013	0,014	–	0,012	0,066	↗ **	0,096	0,072	↗ –	0,076
4	0,003	–	0,006	0,003	–	0,006	0,022	–	0,023	0,022	–	0,023
5	0,010	–	0,009	0,010	–	0,009	0,046	–	0,040	0,046	–	0,040
6	0,006	–	0,005	0,005	–	0,005	0,034	–	0,032	0,027	–	0,032
1-5	0,009	–	0,009	0,010	–	0,009	0,038	–	0,044	0,050	–	0,044
1-6	0,008	–	0,009	0,009	–	0,009	0,038	–	0,044	0,050	–	0,044

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune différence significative

Pentachloroanisol

Les teneurs en pentachloroanisol ne sont supérieures aux limites de dosage locales (0,001 à 0,01 mg/kg de graisse) que dans 20 % des échantillons. Les concentrations mesurables sont également faibles. Elles ne dépassent 0,01 mg/kg de graisse que dans quatre échantillons. Le centre de contamination se trouve dans le Rhin supérieur méridional (cf. diagramme de dispersion en annexe). La valeur maximale de 0,02 mg/kg de graisse est également mesurée à Gamsheim.

Dans les gardons, les concentrations rapportées à la graisse sont nettement supérieures à celles constatées dans les échantillons d'anguilles. Rapportées à la partie consommable du poisson (PF), les teneurs dans les gardons sont en général plus faibles. Les concentrations les plus fortes sont mesurées dans deux échantillons moyens non typiques constitués de brèmes bordelières (relativement grasses) au PK 255.

Les tests de pertinence réalisés pour déterminer les différences dans le temps font globalement ressortir une baisse de la contamination.

Tab. 17: Pertinence des différences dans le temps pour la contamination des anguilles analysées par le pentachloroanisol

Tronçon du Rhin	Médianes [mg/kg de poids frais]						Médianes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,001	–	0,001	0,001	–	0,001	0,003	–	0,003	0,003	–	0,003
2	0,001	–	0,001	0,001	–	0,001	0,003	–	0,005	0,003	↗ *	0,005
3	0,001	–	0,000	0,001	↘ ***	0,000	0,000	–	0,000	0,000	↘ ***	0,000
4	0,001	–	0,001	0,001	–	0,001	0,008	↘ **	0,003	0,008	↘ **	0,003
5	0,002	↘ ***	0,001	0,002	↘ ***	0,001	0,007	↘ ***	0,003	0,007	↘ **	0,003
6	0,001	↘ **	0,000	0,001	↘ **	0,000	0,004	↘ *	0,002	0,004	↘ *	0,002
1-5	0,001	↘ *	0,001	0,001	↘ **	0,001	0,005	↘ ***	0,003	0,005	↘ ***	0,003
1-6	0,001	↘ **	0,001	0,001	↘ ***	0,001	0,005	↘ ***	0,003	0,005	↘ ***	0,003

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune importance significative

Hexachlorobutadiène

D'après les analyses disponibles, la contamination des anguilles par l'hexachlorobutadiène ne revêt qu'une importance mineure jusqu'au Rhin moyen. Y font exception les échantillons de Gamsheim qui présentent en général des valeurs plus élevées. Les anguilles du Rhin inférieur accusent des concentrations relativement élevées avec des valeurs maximales à Düsseldorf (PK 755) et Lobith (PK 862). Par contre, on note à nouveau une baisse de la contamination sur le delta du Rhin.

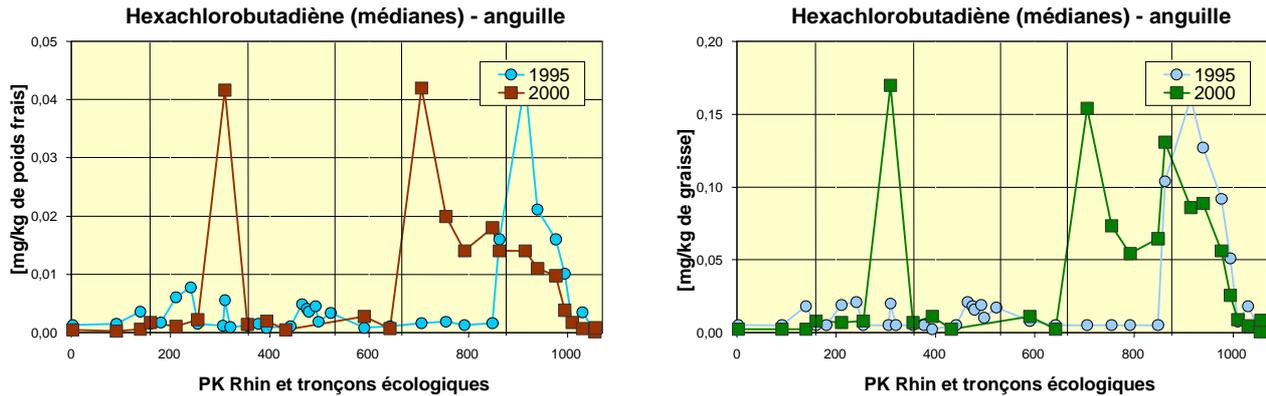


Fig. 10: Médianes des concentrations d'hexachlorobutadiène sur le cours du Rhin

Si l'on compare les échantillons d'anguilles sur les deux périodes considérées, on note une hausse significative des concentrations dans le Rhin inférieur.

Les analyses des gardons font ressortir des valeurs surélevées dans le Rhin inférieur et le delta du Rhin ; globalement, la contamination est à un faible niveau. La valeur la plus élevée avec 0,63 mg/kg de graisse (PK 105) est mesurée dans les échantillons d'anguilles, alors que la concentration maximale trouvée dans un échantillon de gardon est de 0,28 mg/kg de graisse (mais de 0,002 mg/kg PF).

Tab. 18: Pertinence des différences dans le temps pour la contamination des anguilles analysées par l'hexachlorobutadiène

Tronçon du Rhin	Médianes [mg/kg de poids frais]						Médianes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,002	⬇ ***	0,001	0,002	⬇ ***	0,001	0,005	⬇ ***	0,003	0,005	⬇ ***	0,003
2	0,003	–	0,002	0,002	–	0,002	0,010	–	0,009	0,005	↗ *	0,009
3	0,001	–	0,002	0,003	⬇ ***	0,001	0,003	↗ **	0,011	0,014	⬇ ***	0,003
4	0,001	–	0,001	0,001	–	0,001	0,005	–	0,008	0,005	–	0,008
5	0,002	↗ ***	0,017	0,002	↗ ***	0,017	0,005	↗ ***	0,089	0,005	↗ ***	0,089
6	0,007	–	0,003	0,003	–	0,003	0,034	–	0,017	0,018	–	0,017
1-5	0,002	↗ *	0,003	0,002	–	0,002	0,005	↗ **	0,011	0,005	–	0,009
1-6	0,002	–	0,003	0,002	–	0,002	0,005	↗ *	0,011	0,000	–	0,009

⬇: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune différence significative

$\alpha+\beta$ hexachlorocyclohexane

Sur le Rhin jusqu'à Griesheim (PK 210), les valeurs mesurées sont proches de la limite de dosage de 0,005 mg/kg de graisse. A partir de Taubergießen (PK 255), les concentrations augmentent avec quelques poissons très contaminés (maximum : 0,74 mg/kg de graisse à hauteur de Gamsheim). Les contaminations moyennes les plus élevées sont observées dans le Rhin moyen et le Rhin inférieur. En comparant les deux périodes considérées, on note une augmentation significative de la contamination dans les anguilles issues du Rhin moyen. Par contre, les concentrations sont sensiblement plus faibles dans le Rhin supérieur septentrional et dans le delta du Rhin.

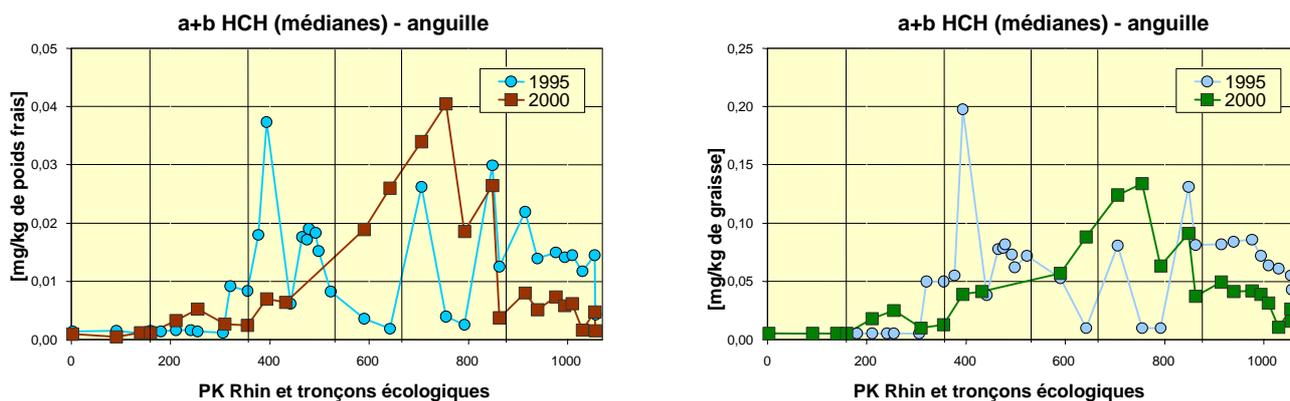


Fig. 11: Médianes des concentrations de $\alpha+\beta$ hexachlorocyclohexane sur le cours du Rhin

Si l'on fait référence à la graisse, les gardons analysés présentent des valeurs sensiblement inférieures à celles des échantillons d'anguilles (cf. fiche de données sur le $\alpha+\beta$ HCH en annexe).

Tab. 19: Pertinence des différences dans le temps pour la contamination des anguilles analysées par l' $\alpha+\beta$ hexachlorocyclohexane

Tronçon du Rhin	Médianes [mg/kg de poids frais]						Médianes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,001	↘ **	0,001	0,001	↘ **	0,001	0,005	–	0,005	0,005	–	0,005
2	0,002	–	0,003	0,002	↗ *	0,003	0,008	–	0,014	0,005	↗ ***	0,014
3	0,037	↘ **	0,007	0,017	↘ ***	0,007	0,198	↘ **	0,039	0,073	↘ ***	0,040
4	0,003	↗ ***	0,019	0,003	↗ ***	0,019	0,010	↗ **	0,063	0,010	↗ **	0,063
5	0,013	–	0,017	0,013	–	0,017	0,081	–	0,062	0,081	–	0,062
6	0,014	↘ **	0,006	0,014	↘ *	0,006	0,068	↘ **	0,035	0,064	↘ **	0,035
1-5	0,004	–	0,004	0,007	–	0,004	0,010	–	0,034	0,041	–	0,034
1-6	0,004	–	0,004	0,008	–	0,005	0,019	–	0,034	0,045	–	0,034

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune différence significative

γ -hexachlorocyclohexane (lindane)

Les concentrations de lindane mesurées en l'an 2000 sont certes supérieures aux limites de dosage dans tous les échantillons d'anguilles, mais elles ne dépassent que dans six cas (dont un échantillon moyen du delta du Rhin) 0,1 mg/kg de graisse.

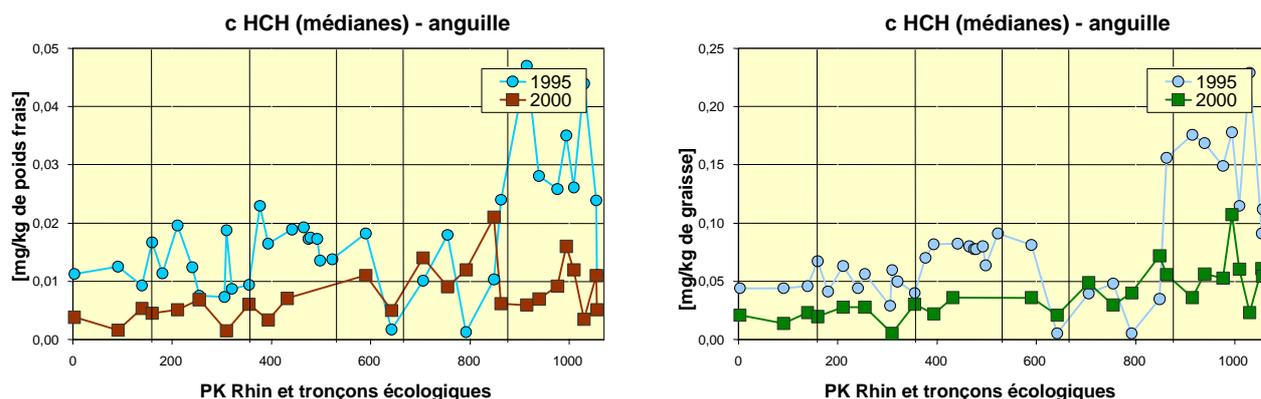


Fig. 12: Médianes des concentrations de γ -hexachlorocyclohexane sur le cours du Rhin

A l'exception du Rhin moyen et du Rhin inférieur, les concentrations mesurées en l'an 2000 sont partout nettement inférieures à celles observées lors de l'étude précédente. On ne note pas de différence significative dans l'espace entre les valeurs mesurées, exception faite de concentrations locales plus élevées à hauteur de Gamsheim (PK 309) et dans l'échantillon moyen du Hollandsch Diep (PK 995). Avec 0,73 mg/kg de graisse, la contamination la plus élevée est observée dans un échantillon d'anguilles de Gamsheim.

Les analyses des échantillons de gardons donnent pour 30 % des échantillons des valeurs inférieures aux limites de dosage. Un seul échantillon présente une concentration supérieure à 0,1 mg/kg de graisse.

Tab. 20: Pertinence des différences dans le temps pour la contamination des anguilles analysées par le γ -hexachlorocyclohexane (lindane)

Tronçon du Rhin	Médianes [mg/kg de poids frais]						Médianes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,012	↘ ***	0,004	0,012	↘ ***	0,004	0,046	↘ ***	0,020	0,046	↘ ***	0,020
2	0,018	↘ **	0,006	0,012	↘ ***	0,006	0,060	↘ ***	0,029	0,043	↘ ***	0,029
3	0,016	↘ ***	0,003	0,017	↘ ***	0,005	0,082	↘ ***	0,022	0,080	↘ ***	0,027
4	0,006	–	0,008	0,006	–	0,008	0,061	–	0,032	0,061	–	0,032
5	0,013	–	0,011	0,013	–	0,011	0,041	–	0,052	0,041	–	0,052
6	0,027	↘ **	0,008	0,026	↘ **	0,008	0,159	↘ **	0,056	0,149	↘ ***	0,056
1-5	0,013	↘ ***	0,006	0,014	↘ ***	0,006	0,048	↘ ***	0,026	0,062	↘ ***	0,028
1-6	0,014	↘ ***	0,006	0,014	↘ ***	0,006	0,059	↘ ***	0,027	0,064	↘ ***	0,030

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune différence significative

Trichlorobenzènes

Les concentrations sont inférieures aux limites de dosage, pour la plupart de 0,005 mg/kg de graisse, dans 55 % des anguilles et presque 90 % des échantillons de gardons. Les valeurs mesurables sont pour la plupart très faibles (cf. fiche de données). Seuls y font exception un échantillon de gardons issu de Gamsheim (PK 309) avec 2,4 mg/kg de graisse de même que les concentrations généralement plus élevées chez les anguilles à cet endroit (valeur maximale : 0,51 mg/kg de graisse).

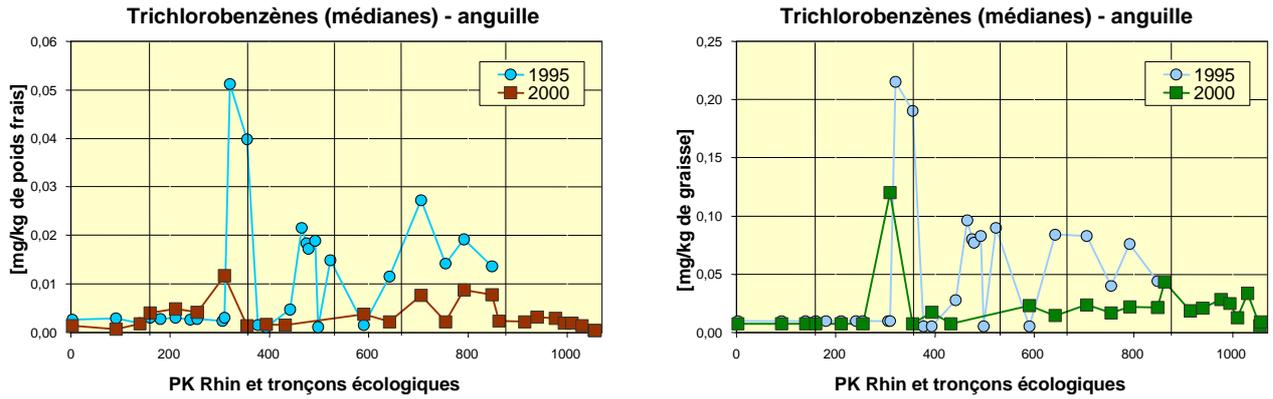


Fig. 13: Médianes des concentrations de trichlorobenzènes sur le cours du Rhin

Tétrachlorobenzènes

Les résultats des analyses sont inférieurs aux limites de dosage, en général de 0,005 mg/kg de graisse, pour env. 40 % chez les anguilles et env. 70 % chez les gardons. Une valeur maximale de 0,09 mg/kg de graisse est mesurée dans un échantillon d'anguilles et un échantillon de gardons. Il n'est pas constaté de différence significative dans le temps ou dans l'espace.

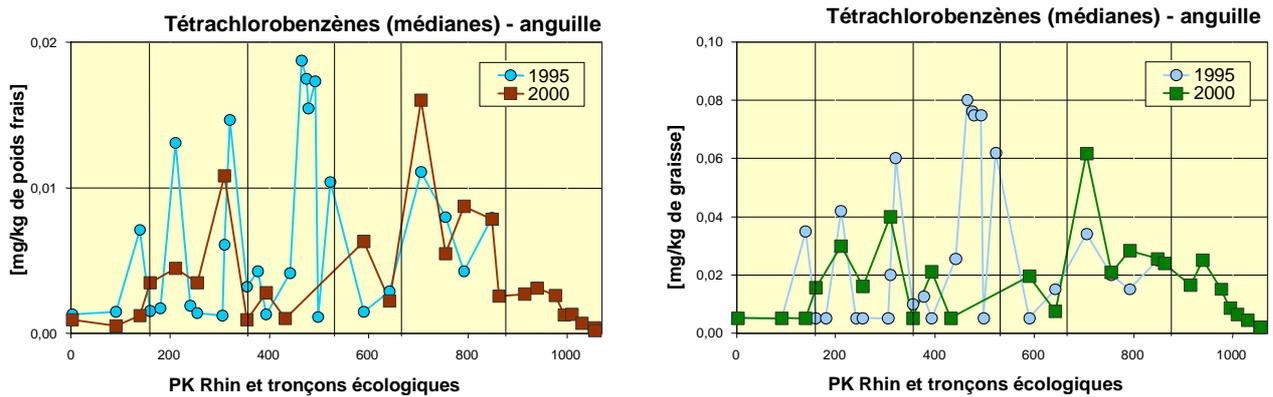


Fig. 14: Médianes des concentrations de tétrachlorobenzènes sur le cours du Rhin

Tab. 21: Pertinence de variations dans le temps pour la contamination des anguilles analysées par les tétrachlorobenzènes

Tronçon du Rhin	Médianes [mg/kg de poids frais]						Médianes [mg/kg de graisse]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,002	↘ **	0,001	0,002	↘ **	0,001	0,005	–	0,005	0,005	–	0,005
2	0,003	–	0,003	0,002	–	0,003	0,010	–	0,025	0,008	–	0,025
3	0,001	↗ *	0,003	0,010	↘ ***	0,002	0,005	↗ **	0,021	0,057	↘ ***	0,009
4	0,002	↗ **	0,003	0,002	↗ **	0,003	0,010	↗ *	0,014	0,010	↗ *	0,014
5	0,007	–	0,008	0,007	–	0,008	0,022	–	0,026	0,022	–	0,026
6												
1-5	0,003	–	0,003	0,004	↘ **	0,003	0,015	–	0,019	0,020	–	0,018
1-6	0,003	–	0,003	0,004	↘ **	0,003	0,015	–	0,019	0,020	–	0,017

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune différence significative

Bromocyclène

En 1995, les teneurs en bromocyclène n'ont été déterminées que jusque dans le Rhin moyen. Les valeurs accusaient une forte dispersion à un niveau globalement faible, de sorte que l'on ne pouvait identifier en 1995 de centre de contamination. Lors de la présente étude, les concentrations observées dans les anguilles sont inférieures dans 80 % des cas aux limites de dosage. Dans le Rhin en amont de Coblenz (PK 590), une seule concentration mesurable est observée au total (cf. diagramme de dispersion en annexe). Dans le Rhin moyen et le Rhin inférieur, les valeurs mesurables sont également très faibles. Les 12 échantillons d'anguilles au total présentant des teneurs supérieures à 0,01 mg/kg de graisse sont issues, à une exception près (valeur maximale de 0,037 mg/kg au PK 355), du Rhin inférieur. Les teneurs en bromocyclène n'ont pas été analysées dans le delta du Rhin.

Trois valeurs mesurables proches de la limite de dosage sont observées au total dans les échantillons de gardons.

Xylène musqué

Cette substance n'a également été analysée en 1995 que jusque dans le Rhin moyen (échantillon le plus en aval prélevé au PK 590). Lors de cette étude, les teneurs étaient déjà à un niveau très faible, à quelques exceptions près. Lors de la présente étude de la faune piscicole du Rhin, les analyses de xylène musqué portent également sur le Rhin inférieur. Dans tous les tronçons comparables, les concentrations sont nettement inférieures aux valeurs de l'étude précédente. Le centre de contamination des échantillons d'anguilles se trouve en l'an 2000 dans le Rhin inférieur avec une concentration moyenne de 0,024 mg/kg de graisse. La concentration maximale de 0,07 mg/kg de graisse est mesurée à hauteur de Gamsheim.

Le xylène musqué n'a pu être mesuré dans plus de 50 % des échantillons de gardons. Toutes les teneurs supérieures à 0,1 mg/kg de graisse sont mesurées dans le Rhin supérieur méridional. Les concentrations de loin les plus élevées sont observées dans les trois échantillons moyens de Kembs (PK 174). On y trouve des concentrations maximales de 0,41 mg/kg de graisse (pour 0,004 mg/kg PF). Comparés aux autres gardons analysés, les poissons capturés sont particulièrement jeunes (un an sans exception).

Composés organoétains

Les composés organoétains triphénylétain (TPT) et tributylétain (TBT) figurent pour la première fois en l'an 2000 dans le programme de mesure. Ces deux substances n'ont pas été analysées dans le delta du Rhin et dans le haut Rhin et seulement dans quelques échantillons du Rhin supérieur.

Le plus souvent, les teneurs en TPT sont plus élevées dans les anguilles que les concentrations de TBT. Dans la plupart des échantillons, les valeurs observées pour les deux substances sont cependant inférieures à la limite de dosage qui est le plus souvent de 0,005 mg/kg PF. Les concentrations mesurables accusent également une dispersion variant essentiellement dans cette marge. Ce n'est qu'à Coblenz (PK 590) que l'on note des teneurs sensiblement plus élevées (médiane : 0,07 mg/kg PF ; maximum : 0,24 mg/kg).

Les mesures de TBT dans les échantillons d'anguilles ne débouchent sur des valeurs supérieures aux limites de dosage qu'à hauteur de trois localités : Berghausen (PK 394), Coblenz (PK 590) et Emmerich (PK 848). Ici aussi, on observe des concentrations nettement supérieures à hauteur du PK 590.

Les deux composés organoétains sont mesurés assez souvent dans les échantillons de gardons. Ici aussi, les valeurs oscillent autour de la limite de dosage. Les valeurs les plus élevées sont mesurées dans le Rhin supérieur pour le TPT (0,042 mg/kg PF dans un échantillon moyen composé de brèmes bordelières) et dans le Rhin inférieur pour le TBT (maximum de 0,026 mg/kg PF dans deux échantillons moyens).

Métaux lourds

Parmi les métaux lourds considérés, le mercure joue le rôle le plus important en l'an 2000. Les concentrations mesurées dans tous les échantillons sont supérieures aux limites de dosage. La concentration maximale (dans le Rhin moyen) est de 0,65 mg/kg PF (cf. fiche de données en annexe).

En l'an 2000, on observe sur le cours du Rhin dès le PK 91 (Rekingen) une hausse sensible de la contamination moyenne. Elle se poursuit dans le Rhin supérieur méridional. Ensuite, les teneurs baissent à nouveau légèrement. Sur les deux périodes considérées, on note une hausse sensible et très significative en termes statistiques des teneurs en mercure dans les anguilles du haut Rhin. Les valeurs moyennes dans ce tronçon sont nettement supérieures aux résultats obtenus en 1995 (cf. fiche de données). Par contre, la contamination des anguilles dans le Rhin moyen (tronçon 4) est nettement moins prononcée qu'en 1995.

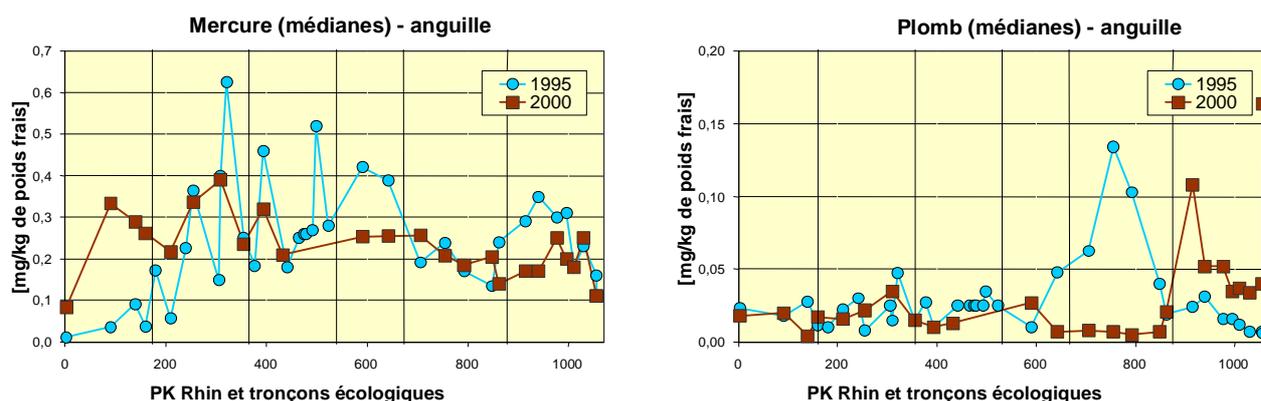


Fig. 15: Médianes des concentrations de mercure et de plomb sur le cours du Rhin

En l'an 2000, la contamination moyenne des échantillons de gardons est plus faible que celle des anguilles dans la plupart des tronçons du Rhin. Si l'on compare ces résultats avec ceux obtenus en 1995, on constate que les médianes des valeurs mesurées dans les tronçons du Rhin 2 à 6 sont au même niveau ou à un niveau légèrement plus bas. On observe une différence sensible dans le haut Rhin où la contamination moyenne des échantillons de gardons est très faible. Il est cependant très probable que ce résultat soit dû à la composition des échantillons. La contamination des échantillons du haut Rhin est déterminée par le biais de trois échantillons moyens de Constance pratiquement non contaminés (PK 3) et seulement un échantillon individuel du PK 91.

Tab. 22: Pertinence des variations dans le temps pour la contamination des anguilles analysées par le mercure et le plomb

Tronçon du Rhin	MERCURE - Médianes [mg/kg de poids frais]						PLOMB - Médianes [mg/kg de poids frais]					
	Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles			Uniquement stations de prélèvement identiques			Toutes les anguilles		
	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000	1995	p	2000
1	0,02	↗ ***	0,24	0,02	↗ ***	0,24	0,022	–	0,018	0,022	–	0,018
2	0,33	–	0,31	0,22	↗ *	0,31	0,015	–	0,018	0,020	–	0,018
3	0,46	–	0,32	0,26	–	0,22	0,010	–	0,010	0,025	↘ ***	0,010
4	0,40	↘ *	0,26	0,40	↘ *	0,26	0,033	↘ **	0,010	0,033	↘ **	0,010
5	0,24	–	0,20	0,24	–	0,20	0,063	↘ ***	0,007	0,063	↘ ***	0,007
6	0,26	–	0,18	0,23	–	0,18	0,014	↗ ***	0,046	0,012	↗ ***	0,046
1-5	0,24	–	0,24	0,23	–	0,23	0,023	↘ ***	0,012	0,025	↘ ***	0,012
1-6	0,24	–	0,23	0,23	–	0,23	0,023	↘ ***	0,013	0,025	↘ ***	0,013

↘: baisse importante, ↗: hausse importante; p = probabilité d'erreur (*: < 5 %, **: < 1 %, ***: < 0,1 %) – : aucune importance significative

En général, les concentrations de plomb mesurées sont sensiblement inférieures aux valeurs de mercure. La comparaison entre les deux périodes considérées montre pour le Rhin moyen et inférieur ainsi que globalement une baisse significative de la contamination. Par contre, on constate une augmentation dans toutes les stations de prélèvement du delta du Rhin. Sur la Markermeer, on mesure la concentration la plus élevée pour les anguilles dans un échantillon moyen composé de 25 individus (0,16 mg/kg PF). La concentration la plus élevée de plomb (0,19 mg/kg PF) dans un échantillon de gardon est mesurée dans le Rhin inférieur néerlandais (PK 862).

Comme en 1995 déjà, la contamination des anguilles et des gardons par le cadmium ne joue qu'un rôle secondaire sur l'ensemble du Rhin. 60 % des échantillons d'anguilles et 70 % des échantillons de gardons accusent des valeurs inférieures aux limites de dosage. Les valeurs mesurables sont également pour l'essentiel proches de la limite de dosage moyenne de 0,005 mg/kg PF. La concentration maximale de cadmium est de 0,05 mg/kg pour les échantillons d'anguilles et de gardons.

4 Appréciation juridique

Le tableau 23 fait état des normes juridiques et des valeurs ADI des Etats riverains du Rhin pour les composés organochlorés et les métaux lourds. Il faut tenir compte du fait que selon le droit allemand sur les denrées alimentaires les quantités maximales fixées pour l'hexachlorobenzène, le DDT total et les isomères d'HCH se basent sur des systèmes de référence différents selon la teneur en graisse des poissons. Pour les poissons accusant une teneur en graisse > 10 %, les valeurs limites se réfèrent à la graisse alors qu'elles se réfèrent au poids frais des parties consommables pour les poissons avec des teneurs en graisse < 10 %.

Tab. 23: Normes juridiques et valeurs ADI

Substance	Normes juridiques					Valeurs ADI ²⁾
	CH	D ¹⁾	F	NL		
				Anguille	Autres	
<u>Polychloro-biphényles</u>						
PCB 28		0,2		0,5	0,1	
PCB 52		0,2		0,2	0,04	
PCB 101		0,2		0,4	0,08	
PCB 118				0,4	0,08	
PCB 138		0,3		0,5	0,1	
PCB 153		0,3		0,5	0,1	
PCB 180		0,2		0,6	0,12	
PCB total	1		2 ⁹⁾			0,35
Hexachlorobenzène		0,5 ⁸⁾ 0,05 ⁷⁾				0,04
<u>Pesticides organochlorés</u>						
DDT total		5,0 ⁸⁾ 0,5 ⁷⁾				0,35
α-HCH		0,2 ⁸⁾ 0,02 ⁷⁾				
β-HCH		0,1 ⁸⁾ 0,01 ⁷⁾				
γ-HCH		0,5 ⁸⁾ 0,05 ⁷⁾				
HCH total						0,07
<u>Métaux lourds</u>						
Plomb		0,5 ³⁾			0,5	0,5
Cadmium		0,1 ³⁾		0,05	0,05	0,075
Mercure	0,5 ⁴⁾	1 ⁵⁾ 0,5 ⁶⁾		1	1	0,05

Sauf stipulation contraire, les valeurs se réfèrent aux quantités maximales autorisées en mg/kg de poids frais.

- 1) Pour les poissons avec une teneur en graisse > 10 %, la quantité de substance déterminée est rapportée à la graisse et pour ceux avec une teneur en graisse < 10 % au poids frais (PF)
- 2) Valeurs ADI avec facteur de sécurité 100 et rapportées à un poids de 70 kg
- 3) Valeurs d'orientation; en cas de dépassement de ces dernières, il convient d'en rechercher les causes afin de réduire les teneurs surelevées. En cas de dépassement du double de la valeur d'orientation, le poisson est en général considéré comme non consommable
- 4) Concentration maximale; en cas de dépassement, la denrée alimentaire fait l'objet d'une déclaration
- 5) Quantité maximale pour les anguilles, les brochets, les perches
- 6) Quantité maximale pour les autres poissons
- 7) Quantité maximale rapportée au poids frais
- 8) Quantité maximale rapportée à la graisse
- 9) Concentration maximale; lorsqu'elle est dépassée, le produit alimentaire est jugé impropre à la consommation humaine

Dans le cadre de l'évaluation ci-dessous, il convient de tenir compte du fait que les anguilles prélevées dans les tronçons du Rhin 1 à 5 (haut Rhin jusqu'au Rhin inférieur) ont été analysées sous forme d'échantillons individuels pour fournir des informations sur les dépassements des normes juridiques. Par contre, le programme de mesure des anguilles dans le delta du Rhin et des gardons sur l'ensemble du fleuve prévoit l'analyse d'échantillons moyens. Il est toutefois possible que le dépassement de valeurs limites juridiques dans certains exemplaires passe inaperçu dans les échantillons moyens.

Polychloro-biphényles

Il existe dans les quatre Etats riverains du Rhin des normes juridiques sur les quantités maximales autorisées de PCB, rapportées au poids frais des parties consommables du poisson. Alors qu'en Suisse et en France on a défini les quantités maximales pour les concentrations globales de PCB, il existe en Allemagne et aux Pays-Bas des valeurs limites pour différents congénères. Aux Pays-Bas, les valeurs limites diffèrent entre les anguilles et les autres espèces piscicoles, la quantité maximale pour les anguilles étant sensiblement supérieure aux valeurs limites allemandes et celle pour les autres poissons nettement inférieure à celles-ci.

Dans le cadre de leur utilisation, les quantités maximales de PCB total ne sont pas dépassées. Par contre, les concentrations de PCB mesurées dans 200 échantillons d'anguilles (dont les 8 échantillons moyens provenant du delta du Rhin) et dans un échantillon moyen de gardons (PK 995, Hollandsch Diep) dépassent la valeur ADI fixée pour le PCB total.

Tab. 24: Nombre des dépassements de quantités maximales allemandes pour les polluants organiques dans les échantillons d'anguilles prélevés dans les tronçons du Rhin 1 à 5 (du haut Rhin au Rhin inférieur)

PK Rhin	Station de prélèvement	n	HCB	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 138	PCB 153	PCB 180	DDT total	α -HCH	β -HCH	γ -HCH
3	Konstanz	15											
91	Rekingen	15						2					
139	Schwörstadt	15					1						
160	Grenzach	15					1			1			
210	Grißheim	15	13										
255	Taubergießen	15	11										
309	Gamsheim	15	14				1	10			1	2	2
355	Neuburgweier	15	12										
394	Berghausen	15	15									1	
432	Mannheim-Sandhofen	15	2				1	1					
590	Koblenz	15	14			2	6	12	4				
642	Bad Honnef	15					2	8					
705	Leverkusen-Hitdorf	15	4		1	4	13	12	3				
755	Düsseldorf-Kaiserwerth	15	2				8	8	1				
792	Duisburg-Walsum	15	3				7	9				1	
848	Emmerich	15	1			1	13	13					
862	Rhijn (Lobith)	25					3						
	Total	265	91	0	1	7	56	75	8	1	1	4	2

L'analyse des différentes fractions de PCB montre qu'une quantité maximale en vigueur n'est dépassée que dans l'un des échantillons de gardons analysés. A hauteur de Hollandsch Diep, la concentration de PCB 138 dans un échantillon moyen composé de 5 gardons est de 30 % supérieure à la valeur limite.

Par contre, on constate dans les échantillons d'anguilles des dépassements nettement plus fréquents des quantités maximales spécifiques. Dans le tableau 24 figurent le nombre et le lieu des dépassements de normes juridiques allemandes pour les anguilles analysées et tous les polluants organiques. Il s'avère que les contaminations par les PCB faiblement chlorés sont relativement moins importantes. Les quantités maximales fixées pour le PCB 28 ne sont jamais dépassées sur l'ensemble du Rhin et seul un échantillon (PK 705, Leverkusen) dépasse la valeur limite fixée pour le PCB 52. La quantité maximale pour le PCB 101 est dépassée dans sept échantillons d'anguilles provenant de trois points de prélèvement sur le Rhin moyen et le Rhin inférieur. Quatre dépassements sont observés au PK 705 (Leverkusen). Il n'existe de norme juridique pour le PCB 118 qu'aux Pays-Bas. Elle n'est toutefois dépassée ni aux Pays-Bas ni sur le reste du cours du Rhin.

Pour les PCB fortement chlorés, les écarts vis-à-vis de la législation sur les denrées alimentaires surviennent surtout sur les anguilles du Rhin moyen et du Rhin inférieur. Dans les stations de prélèvement du haut Rhin et du Rhin supérieur (PK 3 à 432), les dépassements de la quantité maximale fixée pour le PCB 138 restent faibles (un échantillon dans chacune des quatre stations). La valeur limite pour le PCB 153 est dépassée dans ce secteur dans 12 échantillons prélevés dans deux stations (dont 10 échantillons du PK 309).

Sur presque tous les points d'analyse sur le Rhin moyen et le Rhin inférieur, la plupart des anguilles analysées présentent des contaminations dépassant la quantité maximale fixée pour le PCB 138 ou le PCB 153. Trois des 25 anguilles analysées sur le Rhin à hauteur de Lobith donnent des résultats supérieurs à la valeur limite. La taille de toutes les anguilles analysées est sensiblement inférieure à celle qui était prescrite. En amont du delta du Rhin, les quantités maximales fixées en Allemagne pour le PCB 138 sont dépassées dans 56 des 265 échantillons (21 %) et dans 75 échantillons, soit 28 %, pour le PCB 153. Il convient de mentionner que si l'on applique ces normes au delta du Rhin, les échantillons moyens de Nieuwe Merwede et de Haringvliet dépassent également les valeurs limites. Pour le PCB 180, les dépassements de la quantité maximale sont relativement rares ; on les constate dans un total de huit échantillons à hauteur de trois stations sur le Rhin moyen et le Rhin inférieur.

En 1995, on a constaté des dépassements de la quantité maximale fixée pour le PCB 138 dans 23 % des anguilles analysées individuellement. En ce qui concerne leur teneur en PCB 153, 25 % des échantillons individuels dépassent les valeurs maximales. Le pourcentage de ces échantillons positifs est donc resté à peu près le même.

Hexachlorobenzène

Les seuls seuils quantitatifs maximaux qui existent pour la contamination par l'HCB sont allemands. Ceux-ci ne sont atteints dans aucun échantillon de gardon. Par contre, on constate également en l'an 2000 des dépassements sur les anguilles analysées.

Il ressort du tableau 24 que les anguilles capturées entre le PK 210 (Grissheim) et le PK 590 (Coblence) présentent pour la majeure partie des teneurs en HCB supérieures à la quantité

maximale. Au total, le pourcentage des anguilles aux teneurs surélevées dans les échantillons individuels (34 pour cent) est plus faible que lors de l'étude précédente (39 % en 1995).

La valeur ADI fixée pour l'hexachlorobenzène (0,04 mg/kg de poids frais) est dépassée dans 194 échantillons d'anguilles (dont quatre échantillons moyens en provenance du delta du Rhin) et dans un échantillon moyen composé de brèmes bordelières (PK Rhin 255).

DDT total

La concentration de DDT total mesurée dans un échantillon d'anguille au PK Rhin 160 (Grenzach) dépasse la quantité maximale autorisée en vertu de la législation allemande sur les denrées alimentaires. La valeur ADI est dépassée au total dans six échantillons d'anguilles prélevées dans deux stations (PK 160 et PK 590).

Isomères d'HCH

Il n'existe de normes sur les denrées alimentaires pour la contamination par l'HCH qu'en droit allemand. Les concentrations de α -HCH constatées ne dépassent la valeur autorisée que dans un échantillon (anguille capturée au PK Rhin 309). Les dépassements sont également très rares pour le β -HCH (quatre échantillons d'anguilles prélevés dans trois stations). Les deux concentrations les plus élevées (0,52 et 0,35 mg/kg de graisse) sont mesurées à hauteur de Gamsheim (PK 309). C'est là que l'on observe également les deux seuls dépassements de la quantité maximale pour le γ -HCH. Les dépassements constatés au PK Rhin 309 pour les trois isomères d'HCH se retrouvent dans trois échantillons d'anguilles au total. La valeur ADI pour l'HCH total (0,07 mg/kg de poids frais) est dépassée dans trois échantillons d'anguilles au PK 309 et dans un échantillon au PK 705 et un au PK 848.

Métaux lourds

Aucune contamination par le mercure dépassant les quantités maximales en vigueur n'est constaté sur le Rhin dans son ensemble. La contamination par le plomb mesurée dans tous les échantillons d'anguilles et de gardons est bien inférieure aux normes juridiques. Les quantités maximales ne sont pas dépassées non plus pour le cadmium. Par contre, la valeur limite néerlandaise de 0,05 mg/kg de poids frais est atteinte dans un échantillon d'anguilles et un échantillon de gardons issus du Rhin inférieur allemand.

Les valeurs ADI relatives aux métaux lourds ne sont dépassées que par les concentrations de mercure. Tous les échantillons analysés (à l'exception de quatre échantillons moyens de gardons) sont supérieurs à la valeur limite de 0,05 mg/kg de poids frais.

5 Comparaison avec les données de la banque allemande d'échantillons environnementale

Tous les ans, l'Office fédéral de l'Environnement à Berlin fait recenser des données sur la contamination des brèmes par les polluants sur quatre sites le long du Rhin. Chaque échantillon se compose d'env. 20 à 40 poissons âgés en général de huit à dix ans, capturés à la fin de l'été après la période de frai. Une masse homogène est obtenue par broyage fin, dans des conditions cryogènes, de tous les filets (gauches) de brèmes capturés sur un même lieu de prélèvement. Cette poudre est divisée en portions de 10 g. Les valeurs moyennes des analyses de six échantillons partiels sont évaluées comme résultats de l'analyse. L'Office fédéral de l'Environnement effectuant des prélèvements annuels, l'évolution dans le temps peut être décrite un peu plus précisément que dans le cadre du programme d'étude des poissons du Rhin de la CIPR. Les résultats des analyses peuvent être consultés sur Internet à l'adresse suivante : www.umweltprobenbank.de.

Etant donné que les échantillons moyens sont formés à partir d'un grand nombre d'individus et que les résultats sont déterminés à partir des données analysées de plusieurs échantillons partiels, les données de l'Office fédéral de l'Environnement sont plus fiables que les résultats du programme de la CIPR sur les poissons du Rhin. Les travaux ne portent cependant que sur quelques sites de prélèvement et ne permettent donc de tirer que peu d'enseignements sur l'évolution dans l'espace. On peut donc procéder en principe à une comparaison directe des résultats des deux programmes lorsque les stations de prélèvement sont identiques ou proches.

Dans le tableau en annexe, les données de la banque d'échantillons environnementale sont comparées de manière synoptique aux résultats du programme sur les poissons du Rhin pour les lieux de mesure les plus proches. Cette comparaison est réalisée pour 1995 et 2000. Pour les polluants particulièrement problématiques PCB 153, hexachlorobenzène (HCB) et mercure, les résultats des mesures annuelles sur cette période figurent dans le tableau 25. Les données collectées entre 1995 et 1998 émanent du réseau Internet et sont complétées par des informations de l'Office fédéral de l'Environnement. Les résultats de mesure de l'an 2000, qui ne sont pas encore accessibles à tous, ont été transmis à l'Office fédéral de l'Environnement.

Alors que les résultats de mesure de l'Office fédéral de l'Environnement sur les composés organochlorés se basent sur le poids frais (PF) des muscles de brèmes, les concentrations de métaux lourds sont exprimées en référence au poids sec (PS). Pour le présent rapport, on a converti ces pour obtenir les paramètres de référence graisse et/ou poids frais en se basant sur les teneurs connues en graisse et en eau des échantillons.

Les tableaux en annexe montrent que les résultats des deux programmes de mesure ne sont guère comparables, même si l'on se base sur des lieux de prélèvement rapprochés. En regard du mode de vie et de la teneur en graisse des poissons analysés, les données sur les brèmes de la banque d'échantillons environnementale peuvent au mieux être comparées aux résultats de mesure obtenus pour les gardons. Les caractéristiques biométriques montrent cependant que les données sur les gardons émanent de poissons beaucoup plus jeunes. Par ailleurs, ces données présentent les lacunes susmentionnées. Les résultats des analyses sur les anguilles, considérés plus fiables, portent sur une espèce piscicole qui au niveau de la teneur en graisse et du mode de vie n'a guère de points communs avec les brèmes.

Au lieu de comparer les résultats sur la base de différents sites de prélèvement, il semble plus judicieux de comparer les principales conclusions tirées des deux programmes d'analyse.

Les analyses de la CIPR, tout comme les mesures effectuées pour l'Office fédéral de l'Environnement, montrent que les contaminations par les fractions de PCB fortement chlorées, l'hexachlorobenzène et le mercure sont particulièrement problématiques, alors que les contaminations par les autres polluants considérés sont relativement moins importantes. Les résultats des mesures annuelles effectuées entre 1995 et 2000 pour les substances mentionnées figurent dans le tableau suivant.

Tab. 25: Evolution dans le temps des contaminations par le PCB 153, l'hexachlorobenzène (HCB) et le mercure selon les informations de l'Office fédéral de l'Environnement (Berlin)

Paramètre mesuré	Station de prélèvement	1995	1996	1997	1998	1999	2000
PCB 153 [mg/kg de poids frais]	Weil (PK 174)	0,014	0,025	0,045	0,059		0,058
	Iffezheim (PK 334)	0,028	0,019	0,038	0,058		0,062
	Coblence (PK 590,3)	0,025	0,020	0,026	0,019		0,016
	Bimmen (PK 865)	0,057	0,046	0,049	0,081		0,099
PCB 153 [mg/kg de graisse]	Weil (PK 174)	0,346	0,440	0,585	0,743		0,807
	Iffezheim (PK 334)	0,681	0,534	1,129	1,358		1,220
	Coblence (PK 590,3)	1,383	0,738	0,876	1,161		0,947
	Bimmen (PK 865)	3,361	3,808	3,056	3,658		3,529
HCB [mg/kg de poids frais]	Weil (PK 174)	0,014	0,013	0,015	0,015		0,015
	Iffezheim (PK 334)	0,029	0,011	0,015	0,021		0,050
	Coblence (PK 590,3)	0,012	0,007	0,007	0,005		0,008
	Bimmen (PK 865)	0,005	0,003	0,007	0,006		0,010
HCB [mg/kg de graisse]	Weil (PK 174)	0,333	0,232	0,196	0,191		0,206
	Iffezheim (PK 334)	0,695	0,300	0,436	0,491		0,982
	Coblence (PK 590,3)	0,653	0,245	0,243	0,288		0,471
	Bimmen (PK 865)	0,287	0,251	0,425	0,256		0,371
Mercure [mg/kg de poids sec]	Weil (PK 174)	0,772	0,678	0,673	0,639		0,916
	Iffezheim (PK 334)	1,206	1,429	1,022	0,935		1,024
	Coblence (PK 590,3)	0,878	0,805	0,546	0,367		0,478
	Bimmen (PK 865)	1,391	1,945	1,415	1,099		1,265
Teneur en graisse [%]	Weil (PK 174)	4,1	5,6	7,7	8,0		7,2
	Iffezheim (PK 334)	4,1	3,5	3,4	4,3		5,1
	Coblence (PK 590,3)	1,8	2,7	3,0	1,6		1,7
	Bimmen (PK 865)	1,7	1,2	1,6	2,2		2,8

Les teneurs en graisse moyennes des brèmes analysées étant soumises à des variations sensibles, les données portant sur la partie grasse donnent plus d'informations pour les substances liposolubles que sont le PCB 153 et l'HCB.

On constate, conformément aux résultats des analyses de la CIPR, des contaminations généralement plus élevées par le PCB 153 à partir d'Iffezheim (PK 334). Les données de la banque d'échantillons environnementale ne font cependant pas ressortir de tendance à la baisse de la contamination, contrairement aux résultats du programme de la CIPR.

Pour la pollution par l'HCB, les données sur les brèmes sont en grande partie conformes aux résultats de l'étude de la CIPR sur les poissons du Rhin. Les brèmes font également ressortir un centre de contamination à hauteur d'Iffezheim (PK 334) situé bien en aval de l'ancien rejeteur ponctuel sur le haut Rhin. On constate également depuis 1996 une hausse continue de la contamination par l'HCB sur le cours moyen du Rhin supérieur (station de mesure Iffezheim). Cette hausse se manifeste également autour de Coblence depuis 1997.

Pour ce qui est des différences sur le cours du Rhin et de l'évolution dans le temps, les résultats des mesures de mercure réalisées dans le cadre des deux programmes d'analyse concordent également. Ceci est notamment le cas pour l'évolution dans le temps sur le haut Rhin ainsi que pour le centre de contamination observé sur le cours moyen du Rhin supérieur. On note également que la hausse de la contamination dans le haut Rhin, que l'on retrouve dans les mesures de l'Office fédéral de l'Environnement, ne se produit qu'après 1998. A l'opposé de l'étude de la CIPR, les données de l'Office fédéral de l'Environnement font ressortir un autre centre de contamination dans le Rhin inférieur (Bimmen, PK 865).

6 Synthèse et évaluation

La CIPR décrit depuis 1985 à un rythme quinquennal la contamination des poissons du Rhin. Ce programme a pour objectif d'identifier et de surveiller dans le temps et dans l'espace l'évolution des teneurs polluantes dans les poissons.

La qualité des enseignements que l'on peut tirer des données recensées est devenue plus stricte au fil du temps. On a donc modifié le programme d'analyse des poissons du Rhin pour l'an 2000 afin d'améliorer la fiabilité statistique des résultats. On a fixé 31 stations de prélèvement entre Constance et l'embouchure du Rhin. Ces stations sont à peu près équidistantes et ne se situent pas à proximité immédiate d'émetteurs locaux. Les six principaux tronçons écologiques du Rhin (haut Rhin, Rhin supérieur méridional, Rhin supérieur septentrional, Rhin moyen, Rhin inférieur et delta du Rhin) sont représentés par plusieurs stations. Le programme englobe l'analyse des contaminations d'anguilles et de gardons par une trentaine de polluants. Les échantillons individuels de poissons analysés par station de prélèvement ont été élargis par rapport aux études précédentes, afin de minimiser le caractère aléatoire des résultats de mesure. Les résultats des analyses reflètent bien cette intention.

Les conditions de prélèvement clairement définies dans ce nouveau programme de mesure ont permis d'améliorer sensiblement la comparabilité dans l'espace des données analysées pour les échantillons d'anguilles. Il est regrettable que certaines stations de prélèvement n'aient pas capturé les poissons prévus. On ne dispose de ce fait d'aucune information sur un tronçon du Rhin d'env. 160 km entre Mannheim et Coblenze. Par ailleurs, les conditions définies dans le programme de mesure n'ont pas été respectées lors de la composition des échantillons de gardons. Enfin, le manque de données important sur les gardons sur le cours du Rhin restreint la possibilité de faire des comparaisons dans le temps et dans l'espace.

L'évaluation des données montre que les contaminations par les polychloro-biphényles (PCB), l'hexachlorobenzène (HCB) et le mercure doivent être jugées problématiques alors que les contaminations par les autres polluants considérés jouent un rôle moindre. Ce constat est conforme au résultat de l'étude réalisée en 1995.

Les concentrations de polychloro-biphényles font ressortir pour les PCB faiblement chlorés un centre de contamination sur le Rhin inférieur et le delta du Rhin. On ne constate pas de différence avec 1995 dans l'espace. On note une baisse de la pollution très significative en termes statistiques pour le Rhin inférieur.

En général, les PCB fortement chlorés accusent des valeurs relativement élevées à partir de Mannheim (PK 432). Jusqu'au Rhin moyen, les analyses de pertinence des variations dans le temps ne donnent pas de résultat homogène. Par contre, on constate une baisse significative de la contamination pour le Rhin inférieur et sur l'ensemble des tronçons. Les PCB fortement chlorés posent problème en termes de législation sur les denrées alimentaires. Dans presque toutes les stations de prélèvement du Rhin moyen et du Rhin inférieur, la majorité des échantillons d'anguilles analysés dépassent les valeurs limites. Les anguilles du delta du Rhin ont été analysées comme échantillons moyens. On ne constate pas ici de dépassement des quantités maximales néerlandaises. Les échantillons de gardons analysés font apparaître un seul dépassement de la quantité maximale (dans un échantillon moyen du delta du Rhin). Le pourcentage total d'échantillons individuels dépassant les normes juridiques est de 21 et 28

pour cent pour les principaux congénères, le PCB 138 et le PCB 153 ; il est donc resté à peu près au même niveau que dans l'étude précédente.

La contamination des échantillons d'anguilles par l'hexachlorobenzène accuse sur le cours du Rhin une augmentation brutale commençant dans le cours aval du haut Rhin ; cette hausse se poursuit jusque dans le Rhin supérieur septentrional. Les teneurs en HCB les plus élevées dans le Rhin sont mesurées dans le Rhin supérieur et le Rhin moyen jusqu'à Coblenz. Ensuite, les valeurs baissent à nouveau sensiblement. Les analyses de pertinence des variations dans le temps, réalisées au niveau des stations de prélèvement, montrent que les contaminations à proximité de l'ancien rejeteur ponctuel dans le haut Rhin ont sensiblement diminué depuis 1995. A l'entrée dans le Rhin supérieur méridional (aux alentours de Gröbheim au PK 210), les concentrations mesurées restent constantes à un niveau très élevé. Par contre, plus en aval et jusqu'à Bad Honnef (PK 642), on note dans toutes les stations de prélèvement une hausse significative de la contamination. Si l'on compare les valeurs moyennes (médianes) sur les deux périodes considérées, on constate qu'en l'an 2000 les contaminations plus importantes apparaissent seulement à partir du PK 255. Dans le Rhin supérieur septentrional, la contamination moyenne est même supérieure à celle de 1990. En l'an 2000, les prélèvements n'ont été réalisés que dans deux stations de prélèvement (avec un total de 30 anguilles).

Entre Gröbheim et Coblenz, la plupart des anguilles analysées font apparaître des dépassements de la quantité maximale fixée par la législation sur les denrées alimentaires pour l'HCB. A l'endroit où avait été constatée la contamination maximale dans le Rhin supérieur septentrional, la contamination de l'anguille la moins polluée dépasse déjà largement la valeur maximale fixée par la législation sur les denrées alimentaires. Le pourcentage total d'anguilles dépassant cette valeur dans les échantillons individuels analysés (34 %) est cependant inférieur à celui des échantillons supérieurs à la valeur limite en 1995 (39 %). Les gardons analysés ne dépassent pas les valeurs fixées par la législation sur les denrées alimentaires.

Sur le cours du Rhin, la contamination des anguilles par le mercure accuse une hausse qui commence sur le haut Rhin et se poursuit dans le Rhin supérieur méridional. Ensuite, la contamination moyenne baisse légèrement. Si l'on compare les deux périodes considérées, on note une hausse sensible et très significative en termes statistiques des teneurs en mercure dans les anguilles du haut Rhin. Les valeurs moyennes observées dans ce tronçon dépassent même sensiblement les résultats de 1990. Par contre, la contamination des anguilles dans le Rhin moyen est nettement inférieure à celle de 1995. Les quantités maximales en vigueur pour le mercure ne sont pas dépassées sur l'ensemble du Rhin.

Les données de la banque allemande d'échantillons environnementale (Berlin) sur les brèmes analysées, prises à titre de comparaison, débouchent sur des interprétations similaires pour les principaux polluants. Ceci est notamment le cas pour la contamination par l'hexachlorobenzène et le mercure.

Il conviendrait d'analyser plus en détail la contamination par le mercure, qui a augmenté dans le haut Rhin, et l'évolution des teneurs en hexachlorobenzène, pour identifier et surveiller l'évolution des polluants à long terme et à grande échelle. Le centre de contamination par l'HCB s'étant élargi vers l'aval au cours des cinq dernières années, on ne devrait pas exclure pour l'instant la présence de nouveaux rejeteurs.