



INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM S
COMMISSION INTERNATIONALE POUR

Agence de l'eau

21965-2 RM



HIN



Teneurs en polluants dans les poissons du Rhin 1995

**Synthèse et rédaction: Chemische Landesuntersuchungsanstalt Freiburg
Mme le Dr. Karin Kypke**

1. Introduction

L'analyse quinquennale des poissons du Rhin pris comme bioindicateurs du niveau de pollution du fleuve sur une période relativement longue, contribue, au même titre que l'analyse des compartiments "Eau", Matières en suspension" et "Sédiments", à déterminer la qualité des eaux du Rhin. Les poissons du Rhin étant commercialisés, ils doivent par ailleurs répondre aux dispositions du droit alimentaire.

Après établissement en 1985 de l'inventaire des résultats d'analyses sur la contamination des poissons du Rhin par les composés organochlorés persistants et les métaux lourds, un premier programme international d'analyses des poissons du Rhin a été mis en oeuvre en 1990 avec des règles précises relatives aux stations de prélèvement, au nombre d'échantillons, aux poissons sélectionnés et à l'étendue des analyses.

Ce programme a été poursuivi en 1995 dans le but de dresser un inventaire actuel, de tirer rétrospectivement des enseignements sur l'évolution dans le temps de la contamination des poissons du Rhin et, enfin, d'obtenir des données exploitables à des fins statistiques en vue de comparaisons avec les futurs programmes de mesure (suivi des tendances).

Les experts ont sélectionné pour leurs analyses des espèces piscicoles distinctes, tant par leur alimentation que par leur habitat. Il a été convenu d'analyser les gardons comme représentants des poissons herbivores, la perche, le brochet ou le sandre pour la catégorie des prédateurs et enfin l'anguille et le barbeau, espèces benthiques.

2. Réalisation de l'étude sur la contamination des poissons du Rhin en 1995

2.1 Prélèvement

Les poissons du Rhin ont été prélevés en 1995 dans les stations de prélèvement listées dans le tableau 1. Les administrations responsables du prélèvement sont citées sous le point 2.4.

2.3 Paramètres

Les substances prioritaires à mesurer ont été sélectionnées d'après les critères suivants:

- la substance accuse une forte capacité bioaccumulatrice;
- les méthodes d'analyse disponibles sont fiables, même à un très faible niveau de concentration (traces);
- la substance a déjà été détectée lors d'analyses antérieures.

Substance	Substance
Métaux lourds	T6trachlorobenzènes
plomb*	1,2,4,5-tétrachlorobenzène
cadmium*	1,2,3,4-tétrachlorobenzène
mercure*	1,2,3,5-tétrachlorobenzène
	pentachlorobenzène
	hexachlorobenzène*
	pentachloroanisole
	octachlorostyrène
	hexachloro-1,3-butadiène
Micropolluants organiques	
Pesticides	Polychloro-biphényles (PCB)
p,p'-DDT*	PCB 28*
o,p'-DDT*	PC8 52*
p,p'-DDE	PCB 101*
o,p'-DDE	PCB 138*
p,p'-DDD	PCB 153*
o,p'-DDD	PCB 180*
(DDT total = somme des 6 isomères)	
Hexachlorocyclohexanes	
α-HCH*	
β-HCH*	
γ-HCH*	
hydrocarbures peu volatils	
trichlorobenzènes*	
1,3,5-trichlorobenzène	
1,2,4-trichlorobenzène	
1,2,3-trichlorobenzène	

* Substance/groupe de substances prioritaire

2.2 Espèce et nombre des poissons analysés

321 échantillons de poissons ont été analysés au total (1990: 324 échantillons de poissons). Pour l'évaluation des résultats, ces échantillons ont été subdivisés en 5 groupes: anguille (133 échantillons), gardon/rotengle(66 échantillons), perchelbrochet/sandre (55 échantillons), barbeau (21 échantillons), autres espèces piscicoles (46 échantillons).

Le nombre d'échantillons de toutes les espèces piscicoles analysées ainsi que les évaluations statistiques des tailles et/ou longueurs des poissons figurent dans le tableau 2. La longueur minimale souhaitée n'a été respectée à 100% que pour les gardons/rotengles. Les longueurs des autres espèces piscicoles prescrites étaient de 11 à 38 % inférieures aux longueurs souhaitées. Malgré une taille prescrite comprise entre 50 et 70 cm, les anguilles analysées aux Pays-Bas n'atteignaient que 30 à 40 cm, ce qui correspond aux critères de longueur appliqués dans le programme national d'analyse réalisé depuis de longues années. Alors que chez l'anguille, le barbeau et le sandre, le pourcentage des échantillons dont la taille est inférieure à la taille souhaitée est supérieur à 50 %, le nombre de perches et de gardons présentant une longueur supérieure à la longueur souhaitée est plus élevé.

Le nombre d'échantillons par station de prélèvement varie entre 2 échantillons aux Pays-Bas entre les PK 862 et 1055 et 20 échantillons au PK 440,5 (Hesse).

Aux Pays-Bas, un échantillon moyen compose d'anguilles (25 poissons individuels) et de gardons (15 poissons individuels) a été analysé par station de prélèvement; il n'était pas prévu d'analyser d'autres espèces piscicoles.

Dans les autres Etats riverains du Rhin, quelques échantillons moyens ont été analysés de façon isolée, mais l'essentiel des données provient de l'analyse de poissons individuels. Pour l'ensemble du Rhin, le rapport est de 281 poissons individuels et 40 échantillons moyens (7:1).

Les données de base des 321 poissons analysés figurent en annexe.

Il a été recommandé d'analyser en plus les matières actives suivantes:

Substance
PCB 118
PCB 156
xylène musqué
bromocyclène
ugilec 141
triphénylétain*
tributylétain*

Le xylène musqué et le bromocyclène, matières actives nouvellement intégrées au programme par rapport à 1990, ont été analysées par la plupart des laboratoires (xylène musqué: 246 données sur 321 poissons; bromocyclène: 243 données).

Le PCB 118 (258 données) et le PCB 156 (236 données) ont également été mesurés dans la plus grande partie des poissons.

Ugilec 141 n'a été analysé dans aucun échantillon, étant donné que cette substance n'est significative que pour le Rhin inférieur et pour la Moselle et la Sarre, affluents du Rhin.

Aucune donnée sur le triphénylétain et le tributylétain n'a pu être évaluée, étant donné qu'une méthode d'analyse appropriée fait toujours défaut. Une seule analyse avec un résultat sur la teneur en étain a été réalisée sur un brochet et un gardon au PK 309.

2.4 Institutions publiques

Laboratoires et administrations ayant participé au programme de mesures (Rhin).

Etat ou Land riverain du Rhin	Institutions publiques
Suisse	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (prélèvement)
Bade-Wurtemberg (D) (y compris les échantillons de poissons prélevés sur la rive suisse)	Chemische Landesuntersuchungsanstalt Freiburg (analyse, organisation, évaluation) Chemische Landesuntersuchungsanstalt Karlsruhe (analyse et prélèvement) Landwirtschaftsamt Stockach (Monsieur Glönkler) (prélèvement) Landwirtschaftsamt Waldshut (Monsieur Weisser) (prélèvement) Landwirtschaftsamt Offenburg (Monsieur Pilger) (prélèvement)
France	Université Louis Pasteur Strasbourg, Laboratoire d'Hydrologie, Illkirch-Graffenstaden (analyse) Conseil supérieur de la Pêche (prélèvement)
Rhénanie-Palatinat (D)	Chemisches Untersuchungsamt Speyer (analyse) Bezirksregierung Rheinhessen-Pfalz et Coblenz (prélèvement)
Hesse (D)	Hessische Landwirtschaftliche Versuchsanstalten Darmstadt et Kassel-Herleshausen (analyse) Bezirksregierung Rhein-Hessen (prélèvement)
Rhénanie-du-Nord-Westphalie (D)	Institut für Umwelthygiene und Umweltmedizin Gelsenkirchen (analyse) pour la Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten, Landesamt für Agrarordnung NRW (Monsieur le Prof. Dr. Lehmann/Steinberg) (prélèvement)
Pays-Bas	Rijksinstituut voor Visserijonderzoek, IJmuiden (analyse, prélèvement)

2.5 Analyse

Les méthodes d'analyse appliquées dans les 8 laboratoires et les limites de dosage (LD) estimées pour les paramètres analysés figurent dans le tableau 3.

L'analyse des échantillons a porté sur la chair du poisson, c'est-à-dire la part consommable du poisson sans la peau, les arêtes et les viscères. Pour un échantillon instantané, on a donc pris la chair d'un poisson individuel, pour un échantillon moyen le mélange homogène de la chair de plusieurs poissons, le nombre d'individus par échantillon moyen pouvant varier de 2 à 25.

Les laboratoires ont exprimé les teneurs en résidus en mg/kg de graisse et, dans le cas des métaux lourds, en mg/kg de poids frais. Toutes les teneurs en matières actives organiques ont été converties en mg/kg de poids frais (correspondant à la part comestible du poisson) sur la base de la teneur en graisse; lorsque les valeurs mesurées étaient inférieures à la limite de dosage, on a utilisé pour la conversion la moitié de la limite de dosage.

Eu égard au programme de mesure 1995, un essai interlaboratoire, auquel ont participé tous les instituts d'analyse cités au point 2.4, a été organisé et réalisé par la "Chemische Landesuntersuchungsanstalt Freiburg". Cet essai interlaboratoire a été réalisé dans le cadre de l'assurance de qualité des résultats.

Dans le cadre de l'essai interlaboratoire de 1994, les laboratoires devaient analyser 27 composés organochlorés et 1 composé nitromusqué dans de la graisse d'anguille "naturellement contaminée" ainsi que 3 métaux lourds dans du filet de sandre séché et pulvérisé et indiquer pour chacune de ces substances 3 valeurs individuellement déterminées.

L'évaluation statistique a montré que certains laboratoires devaient vérifier la méthode analytique qu'ils utilisent pour certaines matières actives.

3. Evaluation des résultats des mesures

Les données ont été traitées à l'aide du progiciel Microsoft Excel 5.0 pour Windows.

Pour les teneurs en micropolluants organiques, on a établi un tableau se référant à la teneur en graisse et un tableau portant sur le poids frais. Le tableau relatif aux métaux lourds ne se réfère qu'au poids frais.

Etant donné que les différences dans les teneurs en résidus constatées dans les espèces piscicoles sont importantes, et pour éviter toute valeur égale à zéro, on a décidé de ne pas uniformiser les décimales dans les tableaux, mais d'ajuster les valeurs en se basant sur le principe "le moins possible de chiffres après la virgule, mais autant que nécessaire".

Dans le cas des valeurs mesurées inférieures à la limite de dosage, on a utilisé la moitié de la limite de dosage pour calculer la valeur moyenne et la valeur médiane. Lorsque plus de 50 % des valeurs mesurées étaient inférieures à la limite de dosage, on a renoncé à toute évaluation statistique et simplement indiqué les limites de dosage.

Pour des raisons techniques (progiciel), les teneurs inférieures à la limite de dosage ont été considérées comme égales à zéro dans les graphiques. Les grandes différences constatées dans les teneurs en résidus chez les espèces piscicoles se répercutent sur l'axe des ordonnées dans les graphiques, de sorte que la graduation présente une plage de mesure différente en fonction de l'espèce piscicole. Etant donné qu'il ne s'agit pas en première ligne de valeurs absolues mais de valeurs relatives, on a donné la préférence à ce type de représentation, pour obtenir une meilleure résolution et plus de clarté, plutôt qu'à une graduation uniforme.

Pour une évaluation plus détaillée des données relatives aux poissons du Rhin, on a calculé pour quelques paramètres importants la valeur moyenne et la valeur médiane sur 6 tronçons du Rhin sélectionnés d'après des critères écologiques (cf. tableau 1).

3.1 Micropolluants organiques

Remarques générales

Il ressort des graphiques que pour évaluer les teneurs en résidus particulièrement élevées, il est d'une importance majeure de se référer également au poids frais et non seulement à la teneur en graisse.

Etant donné que les poissons consomment leurs réserves en graisse au cours de la phase cyclique annuelle de reproduction, la teneur de graisse peut baisser pendant cette période, alors que la teneur en polluants reste plus ou moins constante, de sorte que l'on obtient des concentrations élevées de résidus dans la graisse restante. Si en revanche on rapporte les teneurs au poids frais, l'impact de la teneur en graisse est moindre et les teneurs sont mieux nivelées.

3.1.1 Chlorobenzènes

Dans ce groupe de substances, l'hexachlorobenzène joue toujours un rôle important (HCB). Les représentations graphiques des teneurs en HCB sur le profil longitudinal du Rhin ainsi que les évaluations statistiques sur les tronçons écologiques du Rhin (tableau 4) permettent de faire, pour les 4 groupes d'espèces piscicoles, les interprétations suivantes:

HCB: anguilles

Les teneurs, faibles jusqu'au PK 139, augmentent soudainement à partir du PK 160; c'est là que l'on mesure la teneur la plus élevée en HCB avec 2,72 mg/kg de graisse. Le PK 160 faisant partie du 1^{er} tronçon du Rhin, la valeur moyenne est nettement surélevée par rapport à la valeur médiane.

Les valeurs médiane et moyenne les plus élevées sont mesurées dans le 3^{ème} tronçon du Rhin entre les PK 377 et 523 et sont particulièrement prononcées si l'on se réfère à la graisse ($x = 0,559$, $M = 0,600$ mg/kg de graisse), ce qui ressort également du graphique.

Dans le 5^{ème} tronçon du Rhin, la valeur médiane se rapportant au poids frais est surprenante. Dans ce tronçon fluvial qui relève principalement de la compétence du Land de Rhénanie-du-Nord Westphalie, la teneur moyenne en graisse dans les anguilles est d'env. 27 % et nettement supérieure à celle constatée dans les anguilles présentes dans d'autres tronçons fluviaux. Les anguilles néerlandaises p.ex. n'ont qu'env. 19 % de graisse et accusent la teneur moyenne la plus faible, ce qui pourrait expliquer la valeur moyenne élevée d'HCB par rapport au poids frais.

HCB: gardons

La valeur médiane et/ou moyenne la plus élevée (par rapport au poids frais) a également été déterminée pour le 3^{ème} tronçon du Rhin. Le graphique relatif au poids frais, qui présente une répartition assez homogène sur l'ensemble du Rhin, fait état de 4 teneurs surélevées variant entre 0,031 mg/kg et 0,055 mg/kg de poids frais entre les PK 464'5 et 491 ,5.

HCB: perchebrochevsandre

Les poissons n'ont été analysés que jusque dans le 5ème tronçon du Rhin.

A l'exception d'une valeur médiane légèrement surelevée dans le 3ème tronçon du Rhin, le graphique fait état d'une "valeur biologique aberrante" à hauteur du PK 180, due à un brochet d'un poids de 7,5 kg.

HCB: barbeau

Dans l'ensemble, les barbeaux n'ont pas été capturés au-delà du PK 498.

Un poisson individuel capturé au PK 160 accuse une teneur élevée de 0,111 mg/kg de poids frais, sans que l'on puisse en expliquer les raisons.

Pour les *pentachlorobenzènes*, *tétrachlorobenzènes* et *trichlorobenzènes* (PeCB, TeC6, TCB), on peut tirer des graphiques les enseignements suivants:

Anguilles

Tout comme pour l'HCB, les teneurs de PeCB augmentent brutalement à partir du PK 160. Par ailleurs, les teneurs de PeCB et de TeCB sont surélevées entre les PK 464,5 et 523 (5ème tronçon du Rhin).

Gardons

Il existe une corrélation entre les deux teneurs en HCB les plus élevées (par rapport au poids frais) et les plus fortes teneurs en PeCB et TeCB. On constate des teneurs en TC6 prononcées à hauteur du PK 848.

Perche/sandre/brochet

Un sandre (<taille souhaitée) capturé au PK 321 accuse la teneur la plus élevée en PeC6, TeCB et TCB; on ne peut s'expliquer les raisons de ce phénomène.

Barbeau

A hauteur du PK 321 également, on a capturé un barbeau présentant une forte valeur de TeCB. La valeur de TCB a été jugée analytiquement aberrante (844 mg/kg de graisse) et retirée des calculs.

Aux PK 995 et 1030, 2 échantillons moyens de gardons accusent les teneurs les plus élevées de PCB 52 et de PCB 101 qui aient été mesurées par rapport au poids frais (les teneurs en PCB 28 étant également élevées). Etant donné qu'il s'agit ici de gros échantillons moyens (15 poissons individuels par échantillon), ces valeurs montrent clairement que la pollution par les PCB faiblement chlorés est importante.

PCB fortement chlorés

Une évaluation des valeurs médianes et moyennes a été effectuée pour les tronçons écologiques du Rhin sur la base du PCB 153, choisi comme congénère indicateur du groupe des PCB fortement chlorés (tableau 7).

Pour les anguilles, les valeurs médianes les plus élevées (graisse et poids frais) sont mesurées dans le Sème et le 6ème tronçon du Rhin, alors que les valeurs maximales pour les autres espèces piscicoles sont réparties de manière hétérogène, c'est-à-dire dans le Rhin inférieur pour les gardons, dans le Rhin moyen pour les perches, les sandres et les brochets et dans la partie septentrionale du Rhin supérieur pour les barbeaux (poids frais).

Les deux échantillons moyens de gardons aux PK 995 et 1030, qui accusaient de fortes valeurs de PCB faiblement chlorés, présentent également des teneurs élevées en PCB 153, 138 et 180.

Par ailleurs, les graphiques font état de résultats individuels surprenants: au PK 440,5, un barbeau accuse des teneurs surélevées en PCB 153, 138 et 180 (et une teneur surprenante en DDT total).

Les graphiques relatifs aux PCB 118 et 156 ne permettent pas de tirer d'autres enseignements que ceux obtenus pour les PCB susmentionnés.

3.1.4 Autres micropolluants organiques

Octachlorostyrène

Pour les anguilles, on constate, outre les 3 teneurs individuelles les plus élevées au PK 160, un niveau surélevé à partir du PK 440 jusqu'à l'embouchure du Rhin. On ne peut identifier de tendance claire pour les autres espèces piscicoles.

Pentachloroanisole

Pour les anguilles, on distingue 3 niveaux croissants: du PK 3 au PK 250 (à l'exception d'un échantillon, toutes les teneurs sont inférieures à la limite de dosage), du PK 300 au PK 590, enfin du PK 640 au PK 850. Ensuite, les teneurs baissent à nouveau. Pour les autres espèces piscicoles, l'effet de dispersion prédomine.

Hexachlorobutadiène

Lors du dosage de l'hexachlorobutadiène, une grande partie des valeurs était inférieure à la limite de dosage; ce pourcentage dépassant sensiblement la barrière des 50 % chez les gardons, les perches, les sandres et les brochets, il n'est pas apparu judicieux de procéder à une évaluation statistique.

Quelques teneurs surélevées ont été observées sur des anguilles et des gardons du PK 862 au PK 1030. Des résultats individuels surprenants ont été constatés sur un gardon au PK 91 et un brochet au PK 309.

Bromocyclène

Cette matière active, nouvellement intégrée au programme de mesure, n'a été dosée dans les poissons que jusqu'au PK 600. Les valeurs accusent une forte dispersion, de sorte que l'on ne peut dire où se trouve le centre de pollution. Etant donné que le bromocyclène est un produit vétérinaire, on ne sait pas encore d'où vient l'apport dans le Rhin.

Xylène musqué

Comme d'autres composés nitromusqués, le xylène musqué est notamment contenu dans les essences de parfum ajoutées à un grand nombre de produits cosmétiques. Les teneurs n'ont été dosées que jusqu'au PK 600.

A trois exceptions près aux PK 160 et 590, les teneurs mesurées dans les anguilles se situent dans une plage très étroite, ce qui est également le cas pour les autres espèces piscicoles.

3.2 MBtaux lourds

Tous les laboratoires ayant indiqué la plupart des teneurs'en métaux lourds avec 3 chiffres après la virgule, ces décimales ont également été conservées dans le tableau.

- Mercure

Pour les espèces piscicoles anguille et perche/brochet/sandre, les valeurs médianes et moyennes les plus élevées ont été mesurées dans le Rhin moyen; pour le gardon par contre, il s'agit, selon le calcul, de la valeur moyenne ou de la valeur médiane dans la partie septentrionale du Rhin supérieur et dans le Rhin deltaïque (tableau 8). Les valeurs maximales ont été détectées sur un brochet au PK 525 avec 1,55 mg/kg de poids frais, une anguille au PK 309 avec 1,34 mg/kg de poids frais et un barbeau au PK 440,5 avec 0,730 mg/kg de poids frais. Les 4 prédateurs (1 perche, 3 brochets)

accusant les plus fortes teneurs en mercure dépassaient tous la taille souhaitée.

Plomb

Une grande partie des valeurs relatives aux teneurs en plomb était inférieure aux limites de dosage (chez les anguilles: 43 %, les gardons: 37 %, les perches/sandres/brochets: 49 %, les barbeaux: 38 %). Est venu s'y ajouter le fait qu'un laboratoire a indiqué des valeurs sans avoir pu en contrôler la qualité.

Il ressort des graphiques que le niveau des teneurs en plomb est relativement élevé pour toutes les espèces piscicoles à partir du PK 700 env. Entre les PK 320 et 700, la plupart des teneurs sont inférieures à la limite de dosage, d'autant plus qu'ici un laboratoire travaille avec une limite de dosage élevée, supérieure d'env. une puissance de dix à la plus faible valeur de plomb mesurée. Il convient donc de tenir compte d'une grande marge de variation analytique dans l'évaluation des teneurs en plomb.

Cadmium

Etant donné que pour les gardons, les perches/sandres/brochets et les barbeaux, plus de 50 % des valeurs étaient inférieures à la limite de dosage, ou a renoncé à évaluer ici les valeurs médianes et moyennes. Pour les anguilles et les gardons, on constate une répartition à peu près normale entre les PK 590 et 1055 avec un maximum aux alentours du PK 800.

Chez les anguilles, la valeur la plus élevée a été mesurée dans un échantillon moyen à Wolderwijd (NL).

4. Évaluation juridique

Les normes juridiques et valeurs ADI en vigueur dans tous les Etats riverains du Rhin pour les composés organochlorés et les métaux lourds figurent dans le tableau 9.

L'évaluation des données des tableaux sur les valeurs individuelles s'est basée sur les quantités maximales et les valeurs de référence, telles que fixées dans la législation allemande sur les denrées alimentaires, qui prescrit de rapporter à la graisse les teneurs de pesticides organochlorés dans les poissons dont la teneur en graisse est supérieure à 10 % et de les rapporter au poids frais quand la teneur en graisse du poisson est inférieure à 10 %. Pour les 6 congénères de PCB ainsi que pour les métaux lourds, on se réfère uniquement au poids frais. Les teneurs dépassant la quantité maximale sont marquées (soulignées).

Les poissons présentant des teneurs supérieures aux quantités maximales réglementaires ou au double de la valeur de référence sont impropres à la vente. Il ne peuvent donc pas être commercialisés en tant que produits alimentaires.

HCB

On a constaté des dépassements de la quantité maximale d'HC8 chez 47 des 133 anguilles analysées au total (35 %), principalement dans deux tronçons du Rhin entre les PK 160 et 255 d'une part et les PK 440,5 et 523 de l'autre.

Chez les autres espèces piscicoles, les dépassements de la quantité maximale se sont limités à quelques cas isolés: 1 rotengle, 1 barbeau, 1 brème.

Isomères de l'HCH

Pour les pesticides organochlorés, le seul dépassement de la quantité maximale encore détecté a été la teneur en P-HCH dans une anguille jaune au PK 394.

PCB

A l'exception d'une carpe sauvage capturée au PK 432, seules les anguilles ont accusé des dépassements des quantités maximales, avec 1 exemplaire pour le PCB 52, 9 pour le PCB 101 (7 %), 31 pour le PCB 138 (23 %), 36 pour le PCB 153 (27 %) et 13 pour le PCB 180 (10 %).

La plupart des dépassements sont apparus entre les PK 705 et 1030.

Mercurure

La quantité maximale fixée pour le mercure a été dépassée dans 2 anguilles, 3 brochets, 1 perche, 4 barbeaux, 1 brème et 1 hotu pêchés à différents PK du Rhin. Dans le cas des brochets et de la perche, les tailles dépassaient la taille souhaitée.

5 Comparaison avec les résultats de l'étude sur la contamination des poissons du Rhin réalisée en 1990

Dans le cadre du premier programme international d'étude des poissons du Rhin, réalisé en 1990, les analyses ont porté sur 324 poissons du Rhin avec des règles précises quant à la localisation des points de prélèvement, au nombre d'échantillons, à la sélection des poissons et à l'étendue des analyses. A quelques exceptions près (9 échantillons), tous les poissons ont été analysés en tant qu'échantillons instantanés.

Comme il est particulièrement intéressant de connaître l'évolution dans le temps de la pollution des poissons du Rhin par des substances nuisibles, on s'est efforcé de déterminer une tendance à l'exemple de quelques micropolluants significatifs.

A cette fin, les valeurs médianes et les moyennes de 1990 et de 1995, ordonnées par espèce piscicole et rapportées à la graisse et au poids frais, ont été comparées dans les tableaux 10 à 14 pour les 6 tronçons logiques du Rhin définis. Les nombres variables d'échantillons instantanés, autant entre les tronçons du Rhin qu'entre les deux années considérées, ont posé problème pour la comparaison. Comme les conditions de prélèvement fixées n'ont pu être appliquées comme souhaité ni en 1990 ni en 1995, les prélèvements regroupés sont en outre plutôt hétérogènes quant à la taille des poissons. Les indications de tendance que l'on peut fournir restent donc très approximatives.

5.1 HCB

Malgré la comparabilité limitée des données, on constate globalement une nette tendance à la baisse des teneurs d'HCB dans toutes les espèces piscicoles depuis 1990 (cf. tableau 10 et graphique sur l'anguille et le gardon - comparaison des médianes de 1995 et de 1990).

Pour quelques tronçons du Rhin, il convient de faire les observations restrictives suivantes: dans le 3ème tronçon du Rhin, les anguilles accusent en 1995 des médianes légèrement supérieures à celles de 1990 alors que les moyennes restent inchangées. Dans le 5ème tronçon, le nombre trop faible d'échantillons instantanés obtenus en 1990 (3 au total) empêche toute comparaison.

En raison de la dispersion asymétrique des valeurs, les différences entre médiane et valeurs moyennes sont importantes pour les gardons pêchés dans le 1er tronçon du Rhin en 1990.

5.2 DDT total

Pour toutes les espèces piscicoles, la pollution par le DDT total présente une tendance à la baisse dans les 1er, 2nd, 4ème (sauf pour la perche, le brochet et le sandre) et 6ème tronçons du Rhin (voir tableau 11 et graphique sur l'anguille et le gardon - comparaison des médianes de 1995 et de 1990). Dans le 3ème tronçon du Rhin, il a été communiqué en 1990 moins de données rapportées à la graisse qu'au poids frais pour les gardons et les perches, brochets et sandres. En 1995, on constate en revanche pour toutes les espèces piscicoles une pollution inchangée ou en légère augmentation. Dans le 5ème tronçon du Rhin, le nombre d'échantillons de 1990 est à nouveau trop faible pour autoriser une comparaison.

5.3 PCB 52

Le PCB 52 a été choisi comme composé représentatif des PCB faiblement chlorés, puisque les données y relatives obtenues en 1990 étaient plus fiables que celles du PCB 28. Dans toutes les espèces piscicoles, le PCB 52 accuse une tendance à la baisse dans les deux premiers tronçons du Rhin, ainsi que dans le troisième (chez les anguilles), le quatrième (chez les gardons) et le sixième.

Dans les autres tronçons du Rhin, la très forte dispersion des données ou le nombre trop limité d'échantillons instantanés empêchent toute interprétation précise (voir tableau 12). En raison des différences importantes parfois constatées entre les moyennes et les médianes, ces deux critères d'évaluation ont été comparés pour les anguilles et les gardons sur la base d'un graphique (voir graphiques sur la comparaison médianes/moyennes de 1995 et de 1990).

5.4 PCB 153

Pour le PCB 153 pris comme congénère représentatif des PCB fortement chlorés, les informations concernant l'évolution dans le temps de la pollution par des substances nuisibles varient en fonction de l'espèce piscicole considérée.

Les teneurs ont fortement baissé dans les barbeaux des deux premiers tronçons du Rhin et dans les anguilles et les gardons du 6^{ème} tronçon. On constate également une tendance à la baisse dans les gardons du 1^{er} et du 2^{ème} tronçon du Rhin. La tendance est à la hausse dans les anguilles et les gardons des 3^{ème} et 5^{ème} tronçons du Rhin. On note des tendances divergentes entre médianes et moyennes dans les anguilles des 1^{er}, 2^{ème} et 4^{ème} tronçons du Rhin (voir graphique sur la comparaison entre médianes et moyennes de 1995 et de 1990). On constate depuis 1990 que les teneurs de PCB sont plus faibles dans les perches, brochets et sandres du 2^{ème} tronçon du Rhin, alors que les tendances, basées sur des données d'un nombre variable, sont diverses dans le 3^{ème} tronçon lorsque l'on rapporte les valeurs à la graisse et au poids frais (cf. tableau 13).

5.5 Mercure

A l'exception des gardons du 3^{ème} tronçon et des perches, brochets et sandres des 3^{ème} et 4^{ème} tronçons du Rhin, où l'on note une augmentation des teneurs, les teneurs de mercure sont, à tous les niveaux, soit en baisse, soit au même niveau qu'il y a 5 ans auparavant (cf. tableau 14 et graphiques comparatifs pour l'anguille et le gardon).

6. Comparaison avec les résultats des études sur les poissons provenant de zones relativement peu polluées

Pour estimer le degré de contamination des poissons du Rhin par les micropolluants organochlorés, on compare les valeurs avec les teneurs détectées dans les poissons venant de zones relativement peu polluées, c'est-à-dire issus de la Markermeer et du Woldewijd (NL). En comparant les médianes d'anguilles du Rhin (cf. tableaux des valeurs individuelles sur les poissons du Rhin) avec les médianes (1992 - 1994) d'anguilles issues du Woldewijd (cf. tableau 15), on en arrive aux conclusions suivantes pour les PCB et les pesticides organochlorés (POC):

6.1 PCB

La comparaison des médianes fait ressortir des teneurs sensiblement plus élevées dans les anguilles du Rhin. Exprimée en facteur et rapportée respectivement à la graisse et au poids frais, la contamination des anguilles par différents congénères de PCB se présente comme suit:

PCB 28 (7/6), PCB 52 (19/20), PCB 101 (25/23), PCB 118 (11/12), PCB 138 (18/15), PCB 153 (13/14), PCB 180 (13/12).

En résumé, on peut dire que les anguilles du Rhin accusent des concentrations de PCB 6 à 25 fois supérieures à celles des anguilles issues du Woldewijd.

6.2 Pesticides organochlorés

A l'exemple de deux POC, on obtient pour les anguilles du Rhin les facteurs suivants rapportés à la graisse et au poids frais:

HCB (40/36), DDT total (10/9).

Comparées aux anguilles issues du Woldewijd, les anguilles du Rhin sont 9 à 40 plus contaminées par les POC.

7. Bruits de fond anthropogène et géogène dans les poissons

Pour estimer les teneurs en métaux lourds dans les poissons du Rhin eu égard aux bruits de fond anthropogène et géogène présents dans les poissons, on a fait appel à une étude bibliographique de l'Agence de l'eau Rhin-Meuse où sont rassemblés les bruits de fond correspondants (voir tableau).

L'étude a eu pour objet de déterminer les bruits de fond de différents micropolluants dans les tissus de poissons d'eau douce, à savoir le plomb, le mercure, le cadmium et les polychloro-biphényles. Les bases de données EAUDOC (Office International de l'Eau sur serveur ESA), PASCAL (Centre National de la Recherche Scientifique) et CURRENT CONTENTS ont été principalement utilisées comme documentation de base.

Le terme "bruit de fond" s'est vu appliquer différentes significations qui sont brièvement exposées dans le rapport. La définition finale adoptée regroupe pour des raisons pratiques à la fois l'origine géogène et les sources diffuses de contamination.

Par conséquent, le bruit de fond évoqué dans la bibliographie est spécifique à chaque zone et il est alors difficile de l'appliquer à d'autres zones. Cette application est d'autant plus complexe que les auteurs n'indiquent pas toujours ce qu'il considèrent être le bruit de fond dans les résultats qu'ils soumettent.

Malgré ces difficultés, l'étude susmentionnée propose dans le tableau 16 des valeurs du bruit de fond (marges de variation) pour les espèces et substances suivantes: brochet, sandre, perche, brème, anguille et gardon pour le plomb, le cadmium, le mercure et les PCB (somme). Les valeurs indiquées ont été sélectionnées à partir de critères de qualité et de critères visant à uniformiser la présentation; certaines valeurs ont été recalculées.

Il convient donc de faire un usage prudent de ces valeurs. Elles n'en restent pas moins un outil pratique pour estimer le degré de pollution dans des zones plus ou moins industrialisées de Europe occidentale.

7.1 Mercure

En comparant les teneurs moyennes de mercure constatées dans les différents tronçons du Rhin en 1995 avec le bruit de fond obtenu dans l'étude bibliographique (voir tableaux 8 et 16), on fait pour les différentes espèces piscicoles les constatations suivantes:

anguilles

La valeur moyenne et la médiane du 1er tronçon du Rhin restent encore dans la marge de variation du bruit de fond comprise entre 0,04 et 0,12 mg/kg de poids frais. A partir du second tronçon, les teneurs moyennes sont 2 à 11 fois supérieures au bruit de fond.

perche/broche/sandre

Pour ces espèces piscicoles également, les médianes et les valeurs moyennes du 1er

cette valeur maximale est de l'ordre de 0,01 mg/kg de poids frais. Etant donné que la marge de valeurs du bruit de fond fixé pour les brochets est de l'ordre d'un facteur 2, il est quasiment impossible de tirer de la comparaison un quelconque enseignement.

8. Résumé

Dans le cadre du Programme d'Action 'Rhin 1995', 8 laboratoires situés dans les 4 Etats riverains du Rhin ont analysé dans 321 poissons du Rhin les polluants significatifs pour l'environnement.

Le présent programme d'analyse visait à dresser, sous un angle écologique, un inventaire sur les poissons du Rhin en 1995. Il a en outre été fait appel aux valeurs limites fixées par le droit alimentaire (valeurs maximales et valeurs de références allemandes prises à titre d'exemple) pour évaluer les teneurs en résidus. On trouvera par ailleurs dans le présent rapport, outre l'inventaire 1995, les résultats d'évaluations comparatives. Ces dernières reposent sur la comparaison de cet inventaire 1995 avec l'inventaire de 1990, avec les résultats des analyses de poissons provenant de zones relativement peu polluées (Wolderwijd, NL) et avec les teneurs du bruit de fond anthropogène et géogène dans les poissons (étude bibliographique). L'évolution sur plusieurs années de teneurs polluantes significatives dans les poissons du Rhin est traitée à part dans une annexe spéciale pour chaque tronçon écologique du Rhin.

Les règles précises s'appliquant aux espèces piscicoles (anguille, gardon, perche/brochet/sandre ou barbeau), au nombre de poissons par station de prélèvement, à la taille souhaitée des poissons, aux stations de prélèvement (PK Rhin) et aux matières actives n'ont pas toujours pu être respectés. C'est ainsi que 46 échantillons d'autres espèces piscicoles ont été ajoutés à l'analyse et fait l'objet d'une évaluation statistique séparée. Le nombre d'échantillons prélevés par station varie entre 2 et 20. Le rapport entre échantillons de poissons individuels et échantillons moyens est de 7 à 1. Dans de nombreux cas, les poissons n'atteignent pas les longueurs minimales prescrites ou les dépassent sensiblement, selon l'espèce piscicole considérée. Toutes les matières actives recommandées (PCB 118, PCB 156, xylène musqué, bromocyclène) qui ont été ajoutées à celles de 1990 ont été analysées dans la plupart des échantillons, à l'exception de l'Ugilec 141 et de 2 composés organoétains. Dans le cadre du 'programme obligatoire', les laboratoires ont recensé globalement, dans la plupart des échantillons, non seulement les produits phytosanitaires organochlorés comme le lindane, les isomères d'HCH et le DDT total, mais aussi des

polluants organochlorés tels que les chlorobenzènes, y compris l'hexachlorobenzène, le pentachloroanisole, l'octachlorostyrène, l'hexachlorobutadiène, les polychloro-biphényles ainsi que les métaux lourds plomb, cadmium et mercure.

Les 42 stations de prélèvement au total sur le Rhin ont été évaluées sur la base de 6 tronçons écologiques du Rhin. On a ainsi obtenu des informations différentes selon l'espèce piscicole et de la matière active considérées. Les principales informations sont résumées comme suit:

Hexachlorobenzène (HCB)

Des teneurs élevées en HCB avec des dépassements des quantités maximales de 35% ont été mesurées chez de nombreuses anguilles, notamment dans les 2 tronçons du Rhin situés entre les PK 160 - 255 et les PK 440,5 - 523. Les autres espèces piscicoles ne dépassaient que rarement les quantités maximales prescrites.

Par rapport aux résultats des études de 1990, on constate une baisse sensible des teneurs en HCB dans toutes les espèces piscicoles. Si on prend à titre comparatif les anguilles issues du Wolderwijd (NL), relativement peu pollué, les anguilles du Rhin accusent une contamination 40 fois plus élevée.

Polychloro-biphényles (PCB)

Pour les PCB faiblement chlorés, la valeur médiane la plus élevée a été calculée pour les anguilles du Rhin inférieur, alors qu'elle l'a été pour la partie septentrionale du Rhin supérieur chez les gardons, les perches, les brochets, les sandres et les barbeaux. Seules quelques anguilles ont accusé des dépassements des quantités maximales. Comparé à 1990, on constate chez toutes les espèces piscicoles une tendance à la baisse dans les deux premiers tronçons, dans le troisième (pour les anguilles), dans le quatrième (chez les gardons) ainsi que dans le 6ème tronçon. Par rapport aux anguilles issues du Wolderwijd, les anguilles du Rhin accusent une contamination 20 fois plus élevée.

Exceptée une carpe sauvage, les quantités maximales de PCB fortement chlorés n'ont été dépassées que chez des anguilles (env. 25%), notamment entre les PK 705 et 1030. Alors que pour les anguilles, les valeurs médianes les plus élevées ont été mesurées dans le 5ème et le 6ème tronçon du Rhin, les valeurs maximales pour les autres espèces piscicoles sont réparties de manière hétérogène sur les tronçons du Rhin. Par rapport à 1990, les enseignements que l'on peut tirer sur la contamination des poissons dans les tronçons du Rhin divergent selon l'espèce piscicole. Comparées aux anguilles issues du Wolderwijd, les anguilles du Rhin accusent une contamination plus élevée d'un facteur 11 à 18.