



**INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZE DES RHEINS
COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DU RHIN**

PROGRAMME D'ACTION "RHIN"

Rapport sur l'état du Rhin 1995

**Evaluation du programme international de mesure
des matières en suspension**

Echternach, le 10 décembre 1997

**ELABORATION DU RAPPORT: BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE/RIJKSINSTITUUT VOOR
INTEGRAL ZOETWATERBEHEER EN AFVALWATERBEHANDELING**

AUTEURS: M. KELLER (BFG), J. A. ZINDLER ET A. WILTING (RIZA)

Sommaire

1.	Introduction	2
2.	Méthode de travail	4
2.1	Prélèvement	4
2.2	Evaluations mathématiques	4
3.	Résultats de mesure	6
3.1	Situation hydrologique	6
3.2	Concentration de matières en suspension	6
3.3	Paramètres généraux	7
3.4	Métaux lourds et arsenic	9
3.5	Micropolluants organiques	12
4.	Discussion	16
4.1	Comparaison entre les teneurs en métaux lourds et en polluants organiques et les objectifs de référence et répartition en groupes de résultats	16
4.2	calcul des flux	23
4.3	Questions en suspens	28
5.	Résumé et conclusions	29
Annexe 1:	Date des prélèvements des échantillons instantanés	
Annexe 2a:	Hydrogrammes du profil longitudinal du Rhin 1995	
Annexe 2b:	Moyennes annuelles des débits 1990-1995	
Annexe 2c:	Hydrogrammes et concentrations des matières en suspension observés lors du prélèvement	
Annexe 3:	Teneurs en substances nuisibles dans les matières en suspension 1995 - Tableaux	
Annexe 4a:	Matières en suspension et paramètres généraux	
Annexe 4b:	Métaux lourds et arsenic	
Annexe 4c:	Micropolluants organiques	
Annexe 5:	Comparaison entre l'état réel et l'état souhaité 1990-1995 des objectifs de référence	

1. INTRODUCTION

Le Programme d'Action Rhin s'est fixé les objectifs suivants pour l'an 2000:

- Les espèces supérieures jadis présentes (p. ex. le saumon) doivent pouvoir se réimplanter dans le Rhin.
- Les eaux du Rhin doivent pouvoir être utilisées pour la production d'eau potable.
- Les substances polluantes doivent être retirées des sédiments.
- Amélioration de l'écosystème de la mer du Nord.

Dans le cadre du Programme d'Action Rhin (PAR) les experts procèdent à des mesures sur les matières en suspension afin de contrôler et d'accomplir la tâche fixée dans le troisième point susmentionné. Depuis 1990, le niveau de pollution des matières en suspension est mesuré en routine. 1995 est, comme 1990, une année dite 'année de référence', où est mis en oeuvre un programme de mesure des matières en suspension renforcé le long du Rhin. Ce programme de mesure doit permettre:

- d'analyser et d'évaluer les substances polluantes qui sont essentiellement liées aux matières en suspension en raison de leurs propriétés physico-chimiques;
- de suivre l'évolution de la qualité des eaux du Rhin à l'aide de mesures effectuées sur les matières en suspension;
- de comparer la contamination des matières en suspension par les métaux lourds et les micropolluants organiques avec les objectifs de référence mis au point par la CIPR.

Synthèse des principaux résultats de 1990

Le dernier 'rapport sur les matières en suspension' a été publié en 1990. Les principaux résultats de ce rapport peuvent être résumés comme suit:

Par rapport aux années précédentes considérées (1973 - 1986), les teneurs en cadmium, plomb, zinc, cuivre et chrome ont sensiblement diminué en 1990. Pour le mercure et le nickel, on ne disposait pas de données appropriées de comparaison. En 1990, la teneur en chrome était de l'ordre de l'objectif de référence, alors que les teneurs en nickel dépassaient l'objectif de référence d'un facteur 1,5 environ. Les teneurs en plomb, mercure, cadmium et cuivre étaient environ deux à quatre fois supérieures à l'objectif de référence respectif.

Parmi les polluants organiques, des teneurs significatives ont été mesurées en 1990 notamment pour l'hexachlorobenzène (HCB), les polychloro-biphényles (PCB) et les hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA). Les teneurs élevées en HCB sont probablement dues aux sédiments contaminés par l'HCB dans le cours amont du Rhin. Parmi les PCB, les composés fortement chlorés (PCB 138 et PCB 153) accusaient des teneurs relativement fortes. La pollution des matières en suspension par les PCB a légèrement diminué entre 1987 et 1990. Pour ce qui est des autres composés chlorés, comme les drines, le groupe des DDT et les chloronitrobenzènes, presque toutes les teneurs étaient proches de la limite de dosage. Pour les HPA, les teneurs les plus élevées venaient du fluoranthène. La part tenue par le fluoranthène dans la somme des 6 HPA considérés (les 6 HPA de la série Borneff) se situait presque toujours entre 30 et 50 %.

Structure du présent rapport

Le deuxième chapitre de ce rapport donne des informations sur les stations de mesure, le prélèvement et les méthodes d'analyse. Sont également évoquées brièvement les méthodes statistiques de calcul utilisées.

Le troisième chapitre fait état des résultats de mesures. La description porte tout d'abord sur la situation hydrologique en 1995, puis sur les paramètres généraux, les métaux lourds et les micropolluants organiques. Les résultats obtenus en 1995, année de référence, sont présentés par substance considérée. Vient s'y ajouter dans une seconde étape l'évolution des teneurs moyennes ou des percentiles 50 de 1990 à 1995.

Dans le quatrième chapitre, intitulé "Discussion", les teneurs en métaux lourds et en micropolluants organiques mesurées en 1995 sont comparées avec les objectifs de référence fixés par la CIPR. On a ensuite calculé les flux et dressé leur bilan pour quelques substances. Ce chapitre traite également des hypothèses et des questions restées en suspens auxquelles il convient d'accorder une attention particulière.

Le dernier chapitre se compose du résumé et des conclusions de ce rapport sur l'état du Rhin.

2. METHODE DE TRAVAIL

Ce chapitre décrit brièvement la méthode utilisée pour collecter les données d'analyse des matières en suspension 1995. Il comprend non seulement des informations sur les stations de mesure et le prélèvement mais aussi de brèves explications sur les méthodes mathématiques utilisées.

2.1 Prélèvement

Dans le cadre du programme de mesure des MES, des échantillons de matières en suspension sont prélevés en routine dans les stations internationales de mesure. Par rapport à 1990, année de référence, quelques stations de mesure ont été remplacées ou retirées. En 1992, on a mis en service une station de mesure à Lauterbourg pour remplacer celle de Seltz. Les stations de mesure néerlandaises de Vuren et d'Hagestein ont été remplacées par celle de Maassluis située à l'embouchure du Rhin dans la mer du Nord. A partir de 1995, la station de Weil am Rhein (rive droite) est venue remplacer celle de Village-Neuf située sur la rive gauche.

Les matières en suspension ont été prélevées à l'aide d'une centrifugeuse en continu dans toutes les stations de mesure. L'annexe 1 donne une vue d'ensemble des données relatives à la date du prélèvement pour les différentes stations de mesure. La fréquence de mesure varie entre 4 et 26 en 1995. Les stations de mesure, le nombre des échantillons de matières en suspension et les laboratoires participant à l'analyse figurent dans le tableau ci-dessous. Il faut mentionner ici que l'on ne dispose pas de teneurs en polluants pour chaque échantillon. Le nombre d'échantillons présenté ci-dessous est celui atteint dans chaque station de mesure pour la plupart des paramètres.

Station de mesure	PK*	Nombre d'échantillons	Laboratoire
Rekingen	91	4	EAWAG
Weil am Rhein	173	25	GSA
Lauterbourg	349	26	IRH
Coblence	590	25	BfG
Bimmen	865	26	LUA/NRW
Lobith	862	26	RIZA
Kampen	994	6	RIZA
Maassluis	1018	26	RIZA
Moselle (Coblence)	2	13	BfG

* = PK du Rhin en aval du pont de Constance et PK de la Moselle à partir de la confluence de la Moselle et du Rhin

2.2 Evaluations mathématiques

Le document intitulé "Conventions de la CIPR portant sur les programmes de mesures et études spéciales dans les compartiments Eau, Matières en suspension, Sédiments et Organismes" (document P 1/95 de la CIPR) définit les conditions dans lesquelles sont déterminés les indices statistiques pour les différentes substances. Les valeurs des indices utilisés dans le présent rapport ont été repris des "tableaux numériques 1995".

Nombre d'échantillons	N
Minimum	Min
Maximum	Max
Moyenne	\bar{x}
Valeur du percentile 50 (valeur représentative)	perc. 50
Valeur du percentile 90 (valeur représentative)	perc. 90

Valeur moyenne

On nécessite au moins 5 valeurs mesurées pour calculer la moyenne annuelle. Il est également indispensable que 50 % des valeurs mesurées soient supérieures à la limite de dosage. Pour les valeurs mesurées inférieures à la limite de dosage, on prend la moitié de la limite de dosage pour calculer la moyenne.

Calcul des flux

Pour analyser la relation entre le débit et les flux de polluants liés aux matières en suspension, on a déterminé le flux journalier pour chaque prélèvement. Les flux journaliers sont calculés à l'aide de la méthode utilisée pour déterminer les flux annuels. Les flux journaliers ont été déterminés à l'aide de la formule suivante:

$$T_s = C_s \times S \times Q \times F$$

avec

T_s = flux journalier	[kg/jour]
C_s = Teneurs en polluants liés aux MES	[mg/kg]
S = concentration de matières en suspension	[mg/l]
Q = débit à la date à laquelle est effectuée la mesure	[m ³ /s]
F = facteur de conversion $86,4 \cdot 10^{-6}$	[-]

3. RESULTATS DE MESURE

Ce chapitre décrit la situation hydrologique et les résultats de mesure des substances analysées. Sont présentés tout d'abord les résultats obtenus en 1995, année de référence, par substance considérée avec mise en relief des percentiles 50. Vient ensuite l'évolution entre 1990 et 1995 avec explication des moyennes annuelles et du percentile 50.

3.1 Situation hydrologique

L'annexe 2 fait état des données hydrologiques sous forme de graphiques. L'annexe 2a présente une figure avec les hydrogrammes dans les stations de mesure le long du Rhin, l'annexe 2b une figure relative aux débits moyens annuels aux stations de mesure de la CIPR entre 1990 et 1995. L'annexe 2c comporte différents graphiques représentant les hydrogrammes avec la moyenne annuelle et la moyenne pluriannuelle (si disponible) par station de mesure ainsi que la concentration de matières en suspension et les dates de prélèvement. Il convient de signaler ici que, du fait de l'influence des marées, les débits de Maassluis sont calculés à l'aide d'un modèle.

1995

L'année 1995 (avec des prélèvements allant du 26 décembre 1994 au 24 décembre 1995) est une année à débit élevé pour le Rhin. La comparaison du débit annuel moyen de 1995 avec la moyenne pluriannuelle (moyenne sur les 60 dernières années) aux stations de mesure de Lauterbourg, Coblenze et Lobith montre que le débit annuel moyen de 1995 est supérieur de 30, 46 et 23 %. Des crues ont été observées de fin janvier à début février, en juin et en décembre. Sur le haut Rhin et le Rhin supérieur, les débits les plus élevés ont été mesurés en juin. Les crues survenues en janvier et février sur le Rhin moyen et le Rhin inférieur n'apparaissent que tous les 50 ou 100 ans. C'est également à cette période que les débits les plus élevés ont été mesurés dans la Moselle (Coblenze) et l'IJssel (Kampen). Les niveaux d'eau les plus bas ont été observés en novembre et décembre sur le haut Rhin et le Rhin supérieur et en octobre sur le Rhin inférieur. Pour la Moselle, les débits les plus faibles ont été enregistrés en août.

1990 - 1995

En 1990, les débits (tout comme en 1992 et 1993) sont inférieurs à la moyenne pluriannuelle. 1995 par contre (comme 1994) est une année à débit relativement élevé. Ceci peut avoir un impact sur la comparabilité des résultats de mesure, étant donné que la quantité de MES transportées est plus importante lorsque les vitesses d'écoulement sont élevées. En règle générale, la montée des crues n'a pas d'impact très sensible sur la contamination spécifique des matières en suspension. Les teneurs de nombreux paramètres baissent à mesure que la crue s'amplifie. Pour d'autres paramètres, la pollution n'évolue pas ou augmente même légèrement. C'est pourquoi il s'impose systématiquement de prendre en compte l'origine des apports de débit. En phase de crue ascendante, les flux élevés de matières en suspension donnent lieu à des flux polluants élevés dans l'onde de crue. On reviendra plus en détail sur ce point au chapitre 4.2.

3.2 Concentration de matières en suspension

L'annexe 3 regroupe les tableaux avec les valeurs calculées (dispersion, moyenne, percentile 50 et percentile 90) de toutes les stations de mesure. Les figures relatives aux données sur les MES se trouvent en annexe 4a.

1995

Les concentrations de matières en suspension, les moyennes, la dispersion, les percentiles 50 et 90 et le nombre de mesures sont présentés dans la figure 3.1a (annexe 4a).

La concentration de matières en suspension, mesurée en mg/l, augmente sur le profil du Rhin à

partir de Rekingen (percentile 50 = 6,8 mg/l). Elle atteint 7,3 mg/l à Weil am Rhein et passe à 18,6 mg/l à hauteur de Lauterbourg. Elle n'est pas beaucoup plus élevée à Coblenche (19,1 mg/l). A la frontière germano-néerlandaise, le percentile 50 de la concentration est de 25 mg/l, tant à Bimmen sur la rive gauche qu'à Lobith sur la rive droite. Dans l'IJssel à hauteur de Kampen, le percentile 50 baisse, passant à 21 mg/l, alors qu'il atteint 48 mg/l à Maassluis dans la zone soumise aux marées. Dans la Moselle à Coblenche, le percentile 50 de la concentration de MES est égal à 8,2 mg/l, une valeur nettement inférieure à la concentration mesurée dans le Rhin à hauteur de Coblenche.

Les concentrations mesurées accusent toutefois une dispersion assez importante, comme le montre l'écart entre les plus faibles et les plus fortes concentrations mesurées: 96 mg/l à Coblenche Rhin (25 mesures), 105 mg/l à Coblenche Moselle (13 mesures), 126 mg/l à Lobith (24 mesures) et même 187 mg/l à hauteur de Maassluis (26 mesures). Dans certains cas, l'écart entre la concentration moyenne et le percentile 50 est assez important, comme le prouve la concentration moyenne de 70 mg/l à Maassluis et de 35 mg/l à Bimmen et Lobith. Il semble donc qu'il y ait des valeurs de pointe dans la concentration de matières en suspension, notamment en période de fort débit. La concentration de MES est donc inscrite dans l'annexe 2b en plus du débit.

1990 - 1995

La figure 3.1b (annexe 4a) fait état des concentrations moyennes pour les différentes stations de mesure au cours des années considérées.

En 1990, la concentration de matières en suspension n'a pas été partout déterminée. En 1991, on dispose de données pour quatre stations de mesure. La concentration moyenne est alors de 20,7 mg/l à Coblenche, de 29 mg/l à Bimmen, de 32 mg/l à Lobith et de 27 mg/l à Kampen. Dans les années suivantes, aucune tendance particulière n'apparaît. Cependant, la concentration moyenne des MES augmente le long du profil du Rhin. En raison de l'influence des marées, la concentration moyenne la plus élevée est mesurée à Maassluis, alors qu'elle est toujours plus faible à Kampen qu'à la frontière germano-néerlandaise. On constate par ailleurs que les concentrations moyennes de matières en suspension sont relativement élevées au cours des années marquées par les crues.

3.3 Paramètres généraux

L'annexe 3 englobe les tableaux avec les valeurs calculées (dispersion, moyenne, percentile 50 et percentile 90) de toutes les stations de mesure. L'annexe 4a rassemble les figures relatives au COT et au phosphore total.

3.3.1 COT

1995

Les teneurs en COT mesurées en 1995 sont présentées dans la figure 3.2a.

C'est à Rekingen que le percentile 50 de la teneur en carbone organique total (COT, en pourcentage en poids) dans les matières en suspension est le plus faible (2,1 %) en 1995. Ce pourcentage varie en aval. Tout d'abord, la teneur en COT augmente pour atteindre environ 5 % à Weil am Rhein et Lauterbourg. A Coblenche, elle est de 3,4 % et d'environ 4 % à la frontière germano-néerlandaise (4,1 % à Bimmen et 4,5 % à Lobith). A Kampen, le percentile 50 du COT est de 4,8 % et encore de 3,8 % à Maassluis. Dans la Moselle, cette teneur (5,1 %) est plus élevée que dans le Rhin à Coblenche. On observe l'écart le plus important entre les teneurs minimales et maximales mesurées à Lauterbourg (6,5 % sur 26 mesures). La différence entre les percentiles 50 et les teneurs moyennes n'est pas grande et varie entre 0,1 % à Lauterbourg et Bimmen et 0,8 % à Weil am Rhein.

1990 - 1995

Les teneurs moyennes en COT mesurées entre 1990 et 1995 sont présentées dans la figure 3.2b. Entre 1990 et 1992 (incluse), la teneur en COT n'a été déterminée ni à Rekingen ni à Village-Neuf. A Coblenche, les données de 1990 à 1995 font ressortir une légère tendance à la baisse de la teneur moyenne en COT qui passe de 4,6 % en 1990 à 3,7 % en 1995. A Bimmen, la teneur en COT passe de 6,9 % en 1990 à 4,2 % en 1995. Elle s'élève à 6,4 % en 1990 et à 4,8 % en 1995 à Lobith. Toutefois, cette baisse n'est pas tout à fait régulière et est nettement plus prononcée sur le Rhin inférieur à partir de Bimmen. En général, la teneur en COT augmente le long du profil du Rhin. On obtient toujours les pourcentages les plus élevés dans la Moselle à hauteur de Coblenche où ils sont de l'ordre de 11,4 % en 1991 et de 5,7 % en 1995.

En 1991 et 1993, on a également mesuré la teneur en azote total (sous forme de pourcentage) dans les matières en suspension à Rekingen et Village-Neuf. L'azote est présent dans les MES comme élément du matériau organique et n'est donc pas traité séparément.

3.3.2 Phosphore total*1995*

Les résultats obtenus en 1995 sont présentés sous forme de graphique dans la figure 3.3a. La teneur en phosphore total n'a pas été déterminée à Lauterbourg. En 1995, les percentiles 50 varient entre 0,7 g/kg à Rekingen et 2,1 g/kg à Kampen. Les valeurs augmentent régulièrement sur le profil du Rhin. A Coblenche, le percentile 50 de cette teneur est sensiblement plus élevé dans la Moselle (2,4 g/kg) que dans le Rhin (1,6 g/kg). Dans toutes les stations de mesure, les percentiles 50 diffèrent peu des teneurs moyennes. Les écarts les plus importants entre teneurs minimales et teneurs maximales s'élèvent à 2,8 g/kg dans la Moselle (12 mesures) et à 4,4 g/kg à Lobith (26 mesures).

1990 - 1995

Les teneurs moyennes en P total mesurées dans les stations de mesure au cours des différentes années sont présentées dans la figure 3.3b.

Les teneurs moyennes en phosphore total dans les matières en suspension accusent une tendance à la baisse au cours de la période considérée, cet effet étant dû en partie aux matériaux érodés non contaminés charriés lors des deux années marquées par des débits élevés (1994 et 1995). La teneur moyenne à Coblenche passe ainsi de 2,9 g/kg en 1991 à 1,8 g/kg en 1995. A Bimmen, elle passe de 3,2 g/kg en 1990 à 1,7 g/kg en 1994 et 1995. A Lobith, la teneur moyenne en P total, de 3,4 g/kg en 1991, diminue pour atteindre 1,9 g/kg en 1994. Dans la Moselle également, la teneur moyenne en P total baisse d'un facteur 1,6 environ (percentile 50 de 2,8 g/kg en 1990 et de 1,8 g/kg en 1995). Une augmentation constante des teneurs en phosphore total dans les matières en suspension est également constatée le long du Rhin au cours des dernières années.

3.4 Métaux lourds et arsenic

Les métaux lourds sont principalement transportés liés aux matières en suspension. Pour ces métaux, la CIPR a fixé des objectifs de référence dans les MES. Les percentiles 90 des teneurs mesurées (en mg/kg) doivent être vérifiés par rapport à ces objectifs de référence. Cette comparaison est faite dans le chapitre 4. L'annexe 3 fait état des tableaux regroupant les valeurs calculées (dispersion, moyenne, percentile 50 et percentile 90) de toutes les stations de mesure. L'annexe 4b contient les figures relatives aux métaux lourds et à l'arsenic.

3.4.1 Mercure

1995

Les teneurs en mercure sont présentées dans la figure 3.4a.

A Rekingen, la teneur en mercure dans les matières en suspension n'a été déterminée qu'une fois en 1995. Les percentiles 50 les plus faibles sont observés à Coblenche, avec une teneur de 0,15 mg/kg pour la Moselle et de 0,18 mg/kg pour le Rhin. A Weil am Rhein, la valeur est de 0,25 mg/kg et de 0,34 mg/kg à Lauterbourg. Les valeurs augmentent à partir de la frontière germano-néerlandaise et sont de 0,44 mg/kg à Bimmen, de 0,53 mg/kg à Lobith, de 0,65 mg/kg à Kampen et de 0,86 mg/kg à hauteur de Maassluis.

Les teneurs moyennes sont équivalentes ou légèrement supérieures aux percentiles 50, à l'exception de Kampen, où la teneur moyenne de 1,3 mg/kg est deux fois supérieure au percentile 50. Le total des données se limitant à 6 mesures, la moyenne est ici fortement influencée par une unique valeur individuelle élevée.

1990 - 1995

Les teneurs moyennes sont présentées dans la figure 3.4b.

Les moyennes sur le haut Rhin et le Rhin supérieur accusent une tendance générale à la baisse, chutant à peu près de moitié au cours des années considérées. La baisse est particulièrement prononcée à Coblenche, où la teneur moyenne passe de 0,84 mg/kg en 1990 à 0,21 mg/kg en 1995. Dans la Moselle également, la teneur en mercure diminue fortement, chutant de 0,87 mg/kg à 0,15 mg/kg. Une baisse sensible de la contamination des matières en suspension par le mercure est également observée depuis 1991 dans les stations de mesure situées sur le Rhin inférieur.

3.4.2 Cadmium

1995

La figure 3.5 a fait état des teneurs en cadmium mesurées en 1995. A partir de Rekingen (0,1 mg/kg), les teneurs augmentent pour atteindre 0,57 mg/kg à Weil am Rhein et 0,6 mg/kg à Lauterbourg. Cette progression se poursuit avec 0,82 mg/kg à Coblenche et 0,98 mg/kg à Bimmen. A Lobith, sur la rive droite du Rhin, la teneur en cadmium est de 1,5 mg/kg; elle augmente ensuite pour atteindre 1,8 mg/kg à hauteur de Kampen. Le percentile 50 le plus élevé est constaté à Maassluis avec 2,7 mg/kg. A Coblenche, la teneur en cadmium est plus élevée dans la Moselle que dans le Rhin, avec un percentile 50 de 1,3 mg/kg.

Dans la plupart des cas, la différence entre le percentile 50 et la teneur moyenne est très faible (0 à 0,1 mg/kg). Les valeurs individuelles les plus élevées (supérieures à 3,0 mg/kg) ont été mesurées dans les matières en suspension à hauteur de Kampen et de Maassluis.

1990 - 1995

La figure 3.5b fait état de l'évolution des teneurs moyennes.

Depuis 1990 et 1991, toutes les stations de mesure, à l'exception de Lauterbourg, font état de baisses des teneurs moyennes dans les matières en suspension allant jusqu'à 50 pour cent. On mesure cependant les teneurs moyennes les plus élevées depuis 1993 à hauteur de Maassluis. Les valeurs obtenues à Coblenze/Moselle sont toujours légèrement supérieures à celles de la station de Coblenze/Rhin.

3.4.3 Plomb

1995

Le graphique des données déterminées pour le plomb en 1995 est présenté en figure 3.6a.

En 1995, année de référence, aucun percentile 50 n'a dépassé 90 mg/kg dans le Rhin. La teneur mesurée à Rekingen (18 mg/kg) double et atteint 36 mg/kg à Weil am Rhein. A Lauterbourg, elle passe à 67 mg/kg alors que l'on obtient 55 mg/kg à Coblenze. A Bimmen et Kampen, le percentile 50 est de l'ordre de 75 mg/kg. Il s'élève à 81 mg/kg à Lobith. La teneur mesurée à Maassluis est un peu plus forte avec 86 mg/kg. A Coblenze, la teneur en plomb est nettement supérieure dans la Moselle (118 mg/kg) à celle mesurée dans le Rhin.

L'écart entre les percentiles 50 et les teneurs moyennes n'est que de 0 à 3 mg/kg, à l'exception de la station de mesure de Kampen. On constate les valeurs individuelles les plus fortes (supérieures à 130 mg/kg) dans les matières en suspension des stations de mesure du Rhin inférieur et sur la Moselle.

1990 - 1995

Les teneurs moyennes en plomb sont présentées dans la figure 3.6b.

Pour le plomb également, les teneurs moyennes dans les matières en suspension accusent en partie une baisse sensible depuis 1990 et 1991. A Maassluis cependant, aucune tendance n'est observée depuis le début de la campagne de mesure de 1993. Les teneurs moyennes les plus fortes sont mesurées dans les matières en suspension de la Moselle. La valeur moyenne annuelle élevée obtenue à Lauterbourg (ou Seltz) en 1990 est fortement influencée par une valeur individuelle élevée sur un total se limitant à 5 mesures.

3.4.4 Zinc

1995

Les résultats obtenus en 1995 pour le zinc sont présentés dans la figure 3.7a.

Entre Rekingen et Kampen, le percentile 50 de la teneur en zinc augmente, passant de 125 mg/kg à 416 mg/kg. Les teneurs restent constantes entre Weil am Rhein (percentile 50 de 190 mg/kg) et Lauterbourg (187 mg/kg). A Coblenze, la teneur en zinc continue à augmenter, atteignant un percentile 50 de 264 mg/kg; cette progression se poursuit jusqu'à la frontière germano-néerlandaise avec 360 mg/kg à Bimmen et 397 mg/kg à Lobith. A Maassluis, la valeur est à peu près équivalente, avec 387 mg/kg. A Coblenze, les teneurs en zinc mesurées dans la Moselle sont nettement supérieures à celles du Rhin: le percentile 50 atteint une valeur de 581 mg/kg, ce qui représente plus du double de la teneur mesurée dans le Rhin à hauteur de Coblenze.

Dans deux stations de prélèvement (Coblenze Rhin et Coblenze Moselle), les teneurs moyennes sont inférieures aux percentiles 50. Dans les autres stations de mesure, cette différence va de 5 mg/kg (Maassluis) à 54 mg/kg (Kampen). Des valeurs individuelles particulièrement élevées (plus de 600 mg/kg) ont été mesurées dans les matières en suspension des stations de mesure du Rhin inférieur et sur la Moselle.

1990 - 1995

Les teneurs moyennes en zinc sont présentées dans la figure 3.7b. Alors que les teneurs moyennes en zinc atteignent un niveau analogue de l'ordre de 200 à 300 mg/kg dans les stations de mesure du haut Rhin, du Rhin supérieur et du Rhin moyen au cours de la période considérée, on note en tendance une légère baisse de pollution (de 500 à 350 mg/kg) depuis 1991 dans les stations de mesure du Rhin inférieur. Les valeurs moyennes annuelles les plus élevées sont là encore déterminées dans les matières en suspension de la Moselle. La forte teneur moyenne mesurée à Weil am Rhein (ou Village-Neuf) en 1990 ne repose que sur 5 mesures et est sensiblement influencée par une mesure individuelle élevée.

3.4.5 Cuivre

1995

On trouvera à la figure 3.8a la représentation graphique des teneurs en cuivre. Le percentile 50 de la teneur en cuivre s'élève à 25 mg/kg à Rekingen. Il double ensuite et atteint 48 mg/kg à Weil am Rhein. Cette progression se poursuit à Lauterbourg avec une valeur de 51 mg/kg et de 65 mg/kg à Coblenze. Les teneurs en cuivre se maintiennent à ce niveau dans les stations de mesure du Rhin inférieur jusqu'à Maassluis, ainsi que sur la Moselle. A Coblenze, le percentile 50 de la Moselle est inférieur à celui du Rhin, avec une valeur de 60 mg/kg et une teneur moyenne de 62 mg/kg.

L'écart entre les teneurs moyennes et les percentiles 50 n'est que de 2 mg/kg dans la plupart des stations de mesure.

1990 - 1995

La figure 3.8b donne une vue d'ensemble des teneurs moyennes annuelles en cuivre. Depuis 1990 et 1991, on note un recul des teneurs moyennes à un niveau de l'ordre de 60 à 70 mg/kg dans les stations de mesure du Rhin inférieur et sur la Moselle. A Rekingen, Weil am Rhein et Coblenze, aucune tendance ne ressort clairement de la période d'étude. La forte moyenne annuelle obtenue à Weil am Rhein (ou Village-Neuf) en 1990 ne repose que sur 5 mesures et est sensiblement influencée par une mesure individuelle élevée.

3.4.6 Nickel

1995

La figure 3.9 a fait état des données obtenues en 1995 pour le nickel. Le percentile 50 de la teneur en nickel est relativement constant dans les stations de mesure le long du Rhin. A Rekingen, il s'élève à 40 mg/kg. Les teneurs les plus basses (37 mg/kg) sont obtenues à Weil am Rhein et Maassluis. A Lauterbourg, on obtient un percentile 50 de 44 mg/kg alors que la teneur s'élève à 51 mg/kg à Coblenze. A hauteur de la frontière germano-néerlandaise, on constate des teneurs en nickel pratiquement identiques rive droite et rive gauche du Rhin (Bimmen 47 mg/kg et Lobith 46 mg/kg). A Kampen, elle est de 42 mg/kg. La Moselle accuse une teneur en nickel supérieure à celle du Rhin avec un percentile 50 de 65 mg/kg.

L'écart entre les percentiles 50 et les teneurs moyennes est minimal (0 ou 1 mg/kg), ce qui laisse supposer la présence d'une pollution relativement constante et de faible niveau.

1990 - 1995

Les teneurs moyennes sont présentées dans la figure 3.9b. Etant donné le faible niveau de contamination constaté dans les matières en suspension dès 1990, la moyenne annuelle des teneurs en nickel n'accuse pas de baisse notable au cours de la période considérée. Les moyennes annuelles les plus fortes ont été détectées dans les matières en suspension de la Moselle (tout comme pour le plomb et le zinc).

3.4.7 Chrome

1995

On trouvera à la figure 3.10a la représentation graphique des teneurs en chrome. A partir de Rekingen, où le percentile 50 de la teneur en chrome n'est que de 35 mg/kg, on note une augmentation sur le profil du Rhin avec une valeur de 60 mg/kg à Weil am Rhein, de 73 mg/kg à Lauterbourg et de 56 mg/kg à Coblenz. A la frontière germano-néerlandaise, la teneur en chrome est de 66 mg/kg à Bimmen sur la rive gauche et de 77 mg/kg à Lobith sur la rive droite. A hauteur de Maassluis, elle monte à 83 mg/kg. A Kampen, le percentile 50 de la teneur en chrome s'élève à 68 mg/kg. Dans la Moselle, il est de l'ordre de 63 mg/kg.

1990 - 1995

Les teneurs moyennes annuelles en chrome sont présentées dans la figure 3.10b. On note une tendance à la baisse des moyennes annuelles dans les stations de mesure de Bimmen, de Lobith et de Kampen, les teneurs de l'ordre de 100 mg/kg mesurées en 1990 et 1991 chutant à moins de 80 mg/kg jusqu'en 1995. Une tendance aussi précise n'est pas constatée dans les autres stations de mesure.

3.4.8 Arsenic

1995

Les données sur l'arsenic sont présentées dans la figure 3.11a. En 1995, la pollution des matières en suspension par l'arsenic n'a pas été déterminée à Rekingen et Kampen. On note un percentile 50 de 12 mg/kg à Weil am Rhein et de 14 mg/kg à Lauterbourg. Les teneurs moyennes d'arsenic et les percentiles 50 sont pratiquement identiques dans toutes les stations de mesure. C'est dans la Moselle que l'écart entre la teneur maximale et la teneur minimale est le plus faible (3 mg/kg sur 13 mesures) et à Lauterbourg qu'il est le plus important (23 mg/kg sur 26 mesures).

1990 - 1995

Les teneurs annuelles moyennes en arsenic sont présentées dans la figure 3.11b. Entre 1990 et 1994, les teneurs moyennes en arsenic sont d'un niveau aussi faible qu'en 1995.

3.5 Micropolluants organiques

Parmi les nombreux micropolluants organiques, le présent chapitre examine l'hexachlorobenzène, 7 PCB, 6 HPA, 4 composés organoétains et quelques autres substances. Ces substances ont été choisies en raison de leurs teneurs nettement mesurables dans les matières en suspension et du fait qu'elles figurent dans le programme de mesure de la plupart des stations de mesure. On trouvera en annexe 3 les tableaux des valeurs calculées (p.ex. dispersion, moyenne, percentile 50 et percentile 90) de toutes les stations de mesure. L'annexe 4c rassemble les figures sur les micropolluants organiques. En 1990, les teneurs en micropolluants organiques dans les matières en suspension ont été déterminées dans 4 stations de mesures: à Seltz (5 mesures), Coblenz (Rhin, 25 mesures et Moselle, 13 mesures), Bimmen (10 mesures) et Lobith (11 mesures).

3.5.1 Hexachlorobenzène (HCB)

1995

Les teneurs en HCB détectées en 1995 sont rassemblées dans la figure 3.12a. La teneur en hexachlorobenzène augmente à partir de Rekingen, où le percentile 50 s'élève à 2 µg/kg, et de Weil am Rhein, où il est de 3 µg/kg. A Lauterbourg, elle atteint déjà 20 µg/kg et se

stabilise pratiquement au même niveau à Coblenz avec 18 $\mu\text{g}/\text{kg}$. La teneur en HCB la plus élevée est obtenue à Bimmen avec 22 $\mu\text{g}/\text{kg}$. A Lobith, sur la rive droite du Rhin, et à Kampen, elle amorce une légère baisse avec respectivement 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ et 14 $\mu\text{g}/\text{kg}$, alors qu'on constate à Maassluis une baisse beaucoup plus significative avec une valeur de 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$. La contamination des matières en suspension par l'HCB est quasiment nulle dans la Moselle avec une teneur se cantonnant à 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

L'écart entre le percentile 50 et la teneur moyenne est le plus important à Lauterbourg (différence de 26 $\mu\text{g}/\text{kg}$) et à Coblenz (9 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Dans les autres stations de mesure, cet écart ne dépasse pas 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Les valeurs individuelles les plus élevées sont mesurées dans le Rhin supérieur et le Rhin moyen (jusqu'à 156 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Lauterbourg). Les valeurs élevées constatées à Lauterbourg sont dues à la proximité des sédiments contaminés à hauteur des barrages du Rhin supérieur.

1990-1995

Les teneurs moyennes en HCB sont rassemblées dans la figure 3.12b.

C'est à Lauterbourg en 1993 qu'a été obtenue de loin la plus forte teneur moyenne (113 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

Entre 1992 et 1995, les moyennes annuelles évoluent peu dans cette station de mesure. En revanche, on note une légère diminution à Coblenz depuis 1991 (où les teneurs passent d'env.

40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en 1991 à env. 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$). A Bimmen et Lobith, aucune tendance particulière n'est à signaler. Les teneurs moyennes de la Moselle varient de 1 à 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ au cours de cette période et sont donc sensiblement plus basses que celles mesurées dans les matières en suspension du Rhin.

3.5.2 Polychloro-biphényles (PCB)

1995

Les figures 3.13a à 3.19a incluse présentent, sous forme de graphiques, les données de 1995 sur les PCB.

Les teneurs en PCB 28 et en PCB 52 restent très faibles jusqu'à Coblenz avec un percentile 50 de l'ordre de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Il augmente à Bimmen, Lobith et Kampen, atteignant des valeurs de 5 à 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

A partir de Lauterbourg, les teneurs en PCB 101, PCB 118 et PCB 138, congénères fortement chlorés, sont déjà supérieures à celles de Rekingen et de Weil am Rhein. Le percentile 50 du PCB 101 augmente, passant de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Lauterbourg et Coblenz à 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Lobith et Kampen, 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Maassluis, et atteignant 9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Bimmen. La teneur en PCB 118 entame également une hausse à partir de Rekingen et Weil am Rhein, passant de 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à 5 ou 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dans les autres stations de mesure. La teneur en PCB 138 est toujours légèrement supérieure à celle en PCB 118. La teneur en PCB 138 est de 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Rekingen et de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Weil am Rhein. Il augmente ensuite, atteignant 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Lauterbourg et 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Coblenz. La teneur varie dans les autres stations de mesure entre 9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Maassluis) et 11 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Bimmen et Kampen).

La teneur en PCB 153 est de l'ordre de 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dans le Rhin supérieur. Elle passe à 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Coblenz et à 14 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Bimmen. A Lobith et Maassluis, on ne constate plus que 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ et 11 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Kampen. La teneur en PCB 153 est supérieure dans la Moselle (15 $\mu\text{g}/\text{kg}$) à celle détectée dans le Rhin. Partant d'un percentile 50 de 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Rekingen, le PCB 180 entame une lente progression, atteignant 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Coblenz. A Bimmen, Lobith et Maassluis, la teneur est de l'ordre de 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Un maximum est détecté dans la Moselle avec une teneur mesurée de 8 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

On remarque à l'examen de la dispersion que celle-ci est la plus large à Bimmen (18 ou 19 mesures) pour tous les PCB à l'exception du PCB 118, avec un écart de 20 à 62 $\mu\text{g}/\text{kg}$. L'écart entre la teneur moyenne et le percentile 50 est toujours égal à 0 ou à 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$, à l'exception de la station de mesure de Bimmen où il s'élève au maximum à 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (PCB 101).

1990-1995

Les figures 3.13b à 3.19b incluse présentent ces données sous forme de graphiques.

La station de Rekingen n'a pas mesuré de PCB entre 1990 et 1994 et en a mesuré trop peu en 1995 pour qu'on puisse déterminer une teneur moyenne. Dans l'ensemble, les teneurs moyennes

obtenues de 1990 à 1995 accusent une tendance à la baisse, les teneurs moyennes maximales étant constatées en 1990 et 1991. Cette réduction est la plus nette pour le PCB 180, le PCB 153 et le PCB 138.

Les teneurs en PCB fortement chlorés (PCB 138, 153 et 180) sont sensiblement plus élevées en 1990 dans la Moselle (percentile 50 de 36, 30 et 22 $\mu\text{g}/\text{kg}$) que dans le Rhin (marge de 8,5 à 15, de 8,5 à 10 et de 5 à 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Les teneurs moyennes ont cependant connu les plus fortes baisses dans la Moselle, ce qui explique pourquoi en 1995 la différence avec les teneurs dans le Rhin n'est pratiquement plus perceptible ou a même complètement disparu.

3.5.3 HPA

Le programme de mesure des matières en suspension du Rhin englobe les 6 HPA de la série Borneff. Il s'agit du fluoranthène, du benzo(b)fluoranthène, du benzo(k)fluoranthène, du benzo(a)pyrène, du benzo(ghi)pérylène et de l'indéno(1,2,3-cd)pyrène.

1995

Les figures 3.20a à 3.25a incluse présentent sous forme graphique les données de ces six HPA en 1995.

Sur les six HPA analysés, le fluoranthène est celui dont les teneurs sont les plus élevées dans les matières en suspension. Le percentile 50 de la teneur en fluoranthène est de l'ordre de 0,6 mg/kg à Rekingen et de 0,3 mg/kg à Weil am Rhein. Il amorçe ensuite une progression sensible jusqu'à Kampen, pour atteindre 1,0 mg/kg. Le percentile 50 des autres HPA varie entre un minimum de \pm 0,1 mg/kg et un maximum de 0,3 mg/kg pour le benzo(k)fluoranthène, de 0,4 mg/kg pour le benzo(ghi)pérylène et l'indéno(1,2,3-cd)pyrène, de 0,5 mg/kg pour le benzo(a)pyrène et de 0,6 mg/kg pour le benzo(b)fluoranthène. Pour toutes les substances analysées, les percentiles 50 des teneurs en HPA sont environ deux fois plus élevés dans la Moselle que dans le Rhin.

L'écart entre la teneur moyenne et le percentile 50 est faible et varie entre 0 et 0,1 mg/kg pour tous les HPA. La valeur maximale de fluoranthène est constatée à Bimmen et s'explique par une seule teneur très élevée de 2,5 mg/kg.

1990-1995

Ces moyennes annuelles sont rassemblées dans les figures 3.20b à 3.25b incluse.

Au cours de cette période, les teneurs moyennes ont légèrement diminué dans l'ensemble, le fluoranthène accusant la baisse la plus sensible dans les moyennes annuelles. Les moyennes calculées en 1990 sont toujours nettement supérieures à celles des années suivantes dans les stations de mesure de Lauterbourg (ou Seltz) et Coblençe (Rhin et Moselle). Ceci peut provenir du nombre relativement faible de mesures en 1990 (entre 5 et 11). En 1991, les moyennes les plus élevées de tous les HPA ont été mesurées à Lobith.

3.5.4 Composés organoétains

Ce groupe de substances n'a pas été pris en compte dans le précédent rapport sur l'état sur Rhin. Les composés de dibutylétain, tributylétain, triphénylétain et le tétrabutylétain sont intégrés dans le programme international de mesure des matières en suspension depuis 1994. Les teneurs de ces substances ont été déterminées en 1995 dans les stations de mesure de Rekingen (4 mesures), de Weil am Rhein (25 mesures), de Coblençe (Rhin, 20 mesures, uniquement les composés de tributylétain et le tétrabutylétain) et de Bimmen (22 mesures). Il n'a pas été réalisé de graphiques avec les données de ces substances en raison du nombre trop faible de mesures effectuées.

1995

Le percentile 50 du groupe des composés de dibutylétain est de 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn à Rekingen. Il augmente ensuite pour passer à 23,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Weil am Rhein. Dans cette station de mesure, la dispersion est égale à 134,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, ce qui est dû à une unique valeur très élevée de 139 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (mesurée

le 21 juin). A cette date (de même que le 1er juin), des teneurs très élevées ont également été constatées à Weil am Rhein pour les autres composés organoétains. Ces teneurs ont eu un impact prononcé sur la moyenne et la dispersion. A Bimmen, le percentile 50 de la teneur en composés de dibutylétain est égal à 3,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn. En raison du peu de mesures effectuées à Rekingen, des valeurs très élevées mesurées à Weil am Rhein et du fait que cette teneur n'a pas été déterminée dans les autres stations de mesure, on ne peut avancer d'explications fondées sur l'évolution de ces composés sur le profil du Rhin.

Le percentile 50 de la teneur en composés de tributylétain augmente, passant de 4,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Rekingen à 6,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Weil am Rhein et atteignant 7,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn à Coblenz et 9,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Bimmen. La moyenne est en revanche de 14,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn à Weil am Rhein, valeur influencée par la forte teneur mesurée le 21 juin (83 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

A Rekingen, le percentile 50 de tétrabutylétain est égal à 2,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn. Il est inférieur à la limite de dosage de 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Weil am Rhein, malgré la prise en compte d'une valeur maximale de 21,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn. Il n'a été obtenu aucune teneur supérieure aux limites de dosage à Coblenz (1,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn) et à Bimmen (0,73 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn).

- A Rekingen, le percentile 50 des composés de triphénylétain est inférieur à la limite de dosage de 0,5 μg Sn/kg Sn. Dans la station de Weil am Rhein, le percentile 50 augmente, passant à 2,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$. La teneur moyenne est ici de 8,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$, cette valeur étant due en partie à une unique teneur élevée de 80,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$. A Bimmen, le percentile 50 est égal à 2,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn. Les teneurs en composés organoétains n'ont pas encore été mesurées de 1990 à 1993 inclu. Il est donc impossible d'évaluer leur évolution dans le temps.

3.5.5 Autres micropolluants organiques

Le présent paragraphe porte sur les substances organiques nuisibles présentes en très faibles concentrations et qui ne sont mesurées, pour la plupart, que dans quelques stations de mesure. Dans de nombreux cas, le peu de données disponibles empêche toute indication fondée sur l'évolution des concentrations dans le temps ou sur le profil longitudinal du Rhin.

- Groupe de DDT:

quelques substances de ce groupe, le 4,4'-DDT par exemple, sont encore mesurées avec des teneurs supérieures à la limite de dosage. En 1995, des teneurs d'un percentile 50 inférieur à 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ont été mesurées à Rekingen et Weil am Rhein. A Coblenz, on obtient jusqu'à 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$. La teneur redescend ensuite après Coblenz et est < 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Kampen et < 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Maassluis. Elle est sensiblement supérieure dans la Moselle avec 12 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Les percentiles 50 du 4,4'-DDD varient dans le Rhin entre < 1 (Rekingen, Weil am Rhein et Lauterbourg) et < 5 (Lobith). Dans la Moselle, la teneur en 4,4'-DDD est égale à 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Les teneurs en 4,4'-DDE sont d'un même ordre de grandeur.

- γ -hexachlorocyclohexane (lindane):

l' γ -hexachlorocyclohexane est transporté principalement dans la phase aqueuse. Dans toutes les stations de mesure, cette substance n'est présente dans les matières en suspension que dans des concentrations inférieures à la limite de dosage ou proches de celle-ci, qui est de 1 ou 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Ceci vaut également pour les teneurs mesurées des composés isomères (α -HCH, β -HCH ou δ -HCH), qui sont toujours dans cet ordre de grandeur.

- Drines:

les composés entrant dans ce groupe de substances, à savoir l'aldrine, la dieldrine, l'endrine et l'isodrine, ont été mesurés en 1995 dans des teneurs proches de la limite de dosage (env. 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$) ou inférieures à celle-ci.

4. DISCUSSION

Le présent chapitre s'ouvre sur une comparaison entre les percentiles 90 des teneurs en métaux lourds et en polluants organiques sélectionnés et les objectifs de référence fixés par la CIPR. Il examine ensuite, pour un certain nombre de substances et pour deux stations de prélèvement, comment est déterminée la part des prélèvements individuels dans le flux annuel. La troisième partie du chapitre traite quelques questions restées en suspens et expose plusieurs hypothèses.

4.1 Comparaison entre les teneurs en métaux lourds et en polluants organiques et les objectifs de référence et répartition en groupes de résultats

La CIPR a élaboré des objectifs de référence pour les teneurs en métaux lourds dans les matières en suspension. Le présent paragraphe soumet à vérification les percentiles 90 de 1995 au moyen des objectifs de référence. Il faut disposer d'au moins 13 mesures pour déterminer le percentile 90. Rekingen a toujours effectué 4 mesures et Kampen 6 mesures. Ces deux stations de prélèvement n'ont donc pas été retenues dans le cadre de la comparaison. Pour 1995, les percentiles 90 et 50 figurent sous forme synoptique en annexe 3.

L'annexe 5 présente un tableau synoptique sur la vérification des teneurs en métaux lourds et en polluants organiques par rapport aux objectifs de référence, autrement dit la comparaison état réel/état souhaité. Le travail a consisté à comparer le percentile 90 (ou le double du percentile 50 lorsqu'on disposait de moins de 13 et de plus de 5 mesures) avec l'objectif de référence. On distingue trois groupes de résultats. Le premier se compose des substances dont le percentile 90 ou le double du percentile 50 est supérieur ou égal au double de l'objectif de référence. Les substances rassemblées dans ce groupe dépassent nettement l'objectif de référence. Entrent dans le second groupe les substances dont le percentile 90 ou le double du percentile 50 est inférieur au double de l'objectif de référence tout en étant supérieur ou égal à la moitié de l'objectif de référence. Ces substances sont donc proches de l'objectif de référence. Le troisième groupe de résultats englobe les substances dont le percentile 90 ou le double du percentile 50 est inférieur à la moitié de l'objectif de référence. Ces substances sont donc sensiblement inférieures à l'objectif de référence et satisfont donc au but visé.

Dans le présent paragraphe, un graphique a été établi pour chaque métal lourd comparé à l'objectif de référence de 1990 à 1995. Y figurent l'objectif de référence, symbolisé par une ligne continue, ainsi que la moitié et le double de l'objectif de référence, représentés par une ligne discontinue. Il est ainsi aisé de reconnaître pour chaque paramètre, mesuré dans une station donnée et à une période donnée, à quel groupe de résultats il a été attribué.

Des objectifs de référence dans la phase aqueuse ont été définis pour les polluants organiques. Certains d'entre-eux (chap. 4.1.9 à 4.1.13) sont partiellement ou intégralement adsorbés aux matières en suspension dans les eaux. Pour les comparer aux objectifs de référence, il faut donc convertir, à l'aide de la teneur respective en matières en suspension, les résultats des mesures dans les matières en suspension (en $\mu\text{g}/\text{kg}$ ou mg/kg) en teneurs totales par litre d'eau (en $\mu\text{g}/\text{l}$).

4.1.1 Mercure

La figure 4.1 présente la comparaison entre la teneur en mercure de 1990 à 1995 et l'objectif de référence.

L'objectif de référence est de 0,50 mg/kg pour le mercure. A Weil am Rhein, le percentile 90 s'élève à 0,71 mg/kg en 1995 et est donc proche de l'objectif de référence. C'est également le cas, à Lauterbourg qui affiche un percentile 90 de 0,55 mg/kg. Avec 0,36 mg/kg, Coblenz est la seule station à avoir un percentile 90 inférieur à l'objectif de référence. On constate ensuite une progression avec un percentile 90 s'élevant à 0,80 mg/kg à Bimmen et à 0,99 mg/kg à Lobith. Dans la Moselle en revanche, la teneur en mercure reste nettement inférieure à l'objectif de référence avec un percentile 90 de 0,27 mg/kg. Toutes les stations de prélèvement entrent donc en 1995 dans le 2ème groupe de résultats.

En 1990, le percentile 90 de la teneur en mercure ne se maintient dans le 2ème groupe de résultats qu'à Village-Neuf et à Seltz. Sur le Rhin moyen, le Rhin inférieur et la Moselle, on note encore un dépassement de l'ordre du double ou du triple de l'objectif de référence.

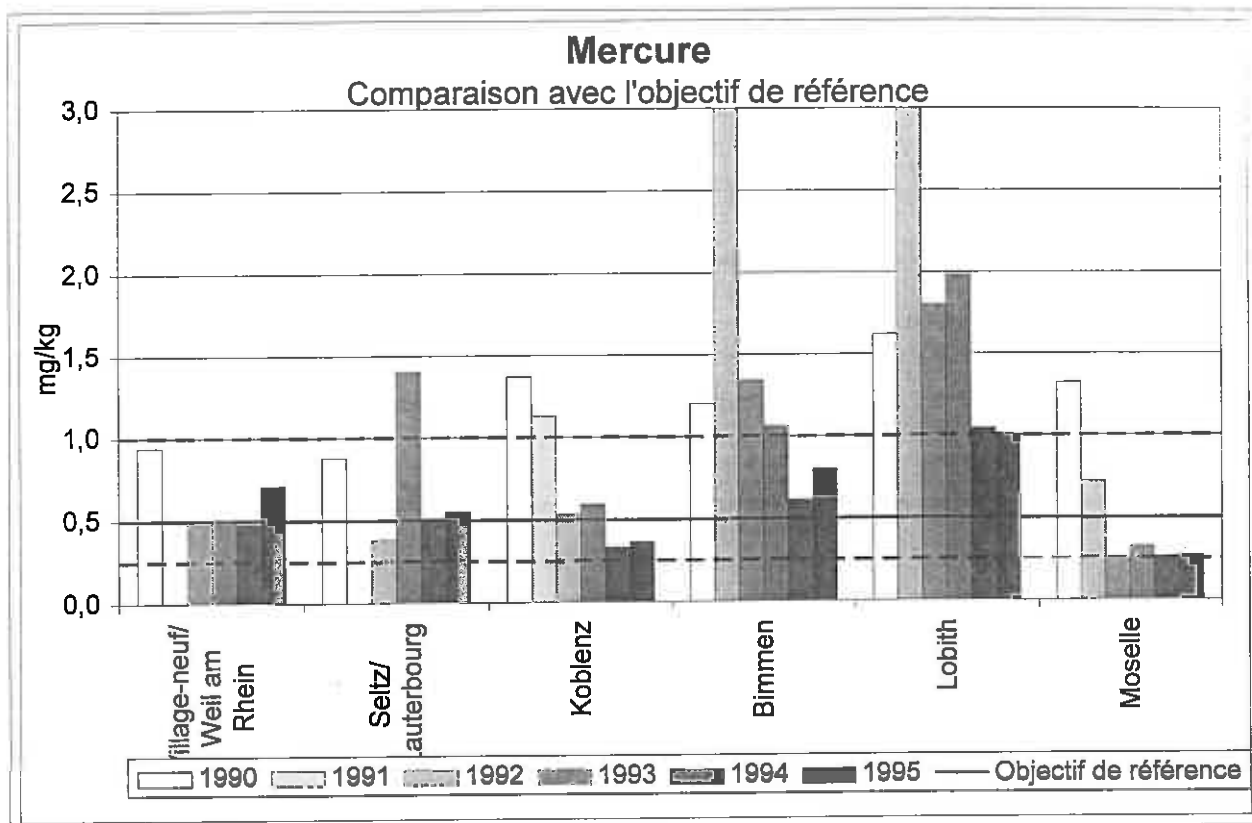


Figure 4.1: percentiles 90 et objectif de référence pour le mercure, 1990-1995

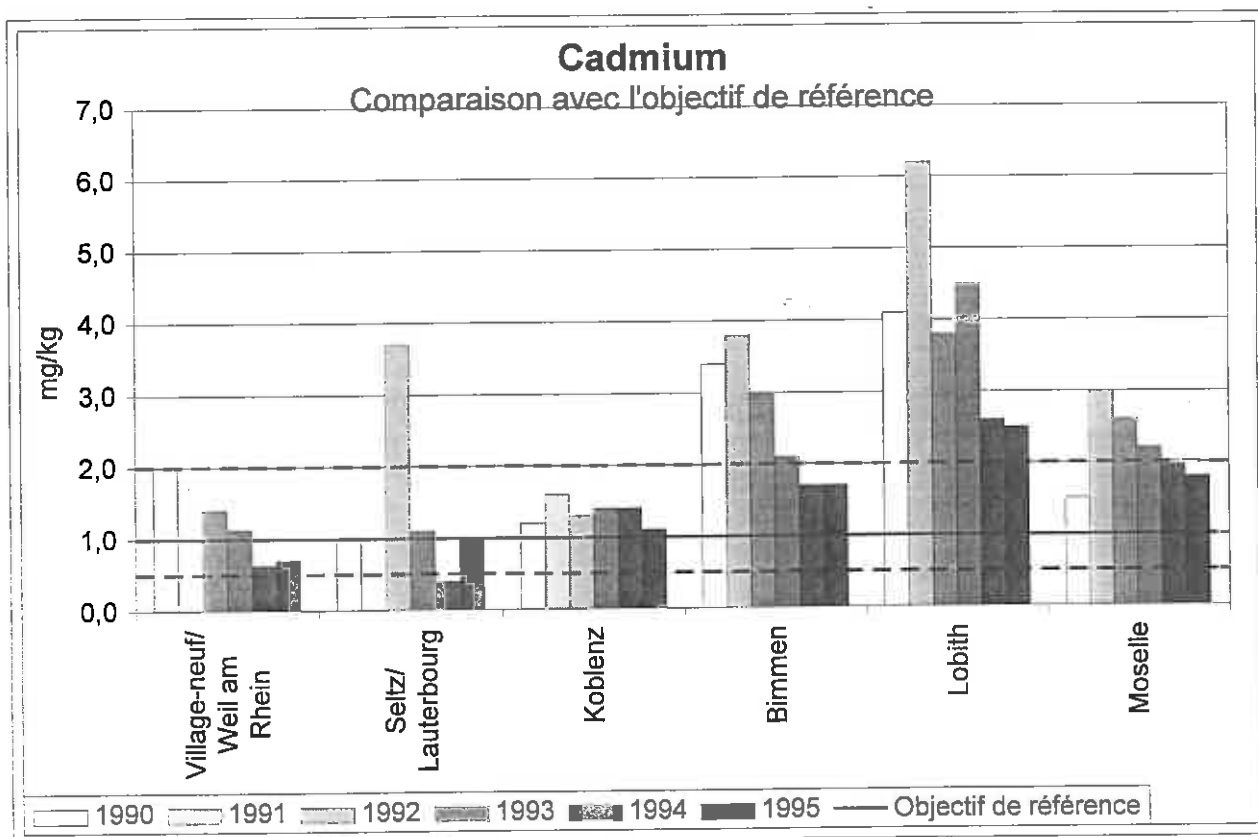


Figure 4.2: percentiles 90 et objectif de référence pour le cadmium, 1990-1995

4.1.2 Cadmium

La figure 4.2 présente la comparaison entre la teneur en cadmium de 1990 à 1995 et l'objectif de référence.

En 1995, la teneur en cadmium est proche de l'objectif de référence de 1 mg/kg à Weil am Rhein, Lauterbourg, Coblenz et Bimmen. Dans le Rhin supérieur, elle est ainsi proche du 3ème groupe de résultats alors qu'elle tend plutôt vers le 1er groupe de résultats à Bimmen avec une valeur de 1,7 mg/kg. A Lobith, le percentile 90 est de 2,5 mg/kg, c'est-à-dire nettement supérieur à l'objectif de référence. Dans la Moselle, la teneur est de 1,8 mg/kg et rentre tout juste dans le 2ème groupe de résultats.

En 1990 également, la teneur en cadmium mesurée à Seltz et Coblenz est proche de l'objectif de référence. Les dépassements les plus nets ont été constatés en 1990 et 1991 à Bimmen et Lobith.

4.1.3 Plomb

La figure 4.3 présente la comparaison entre la teneur en plomb de 1990 à 1995 et l'objectif de référence.

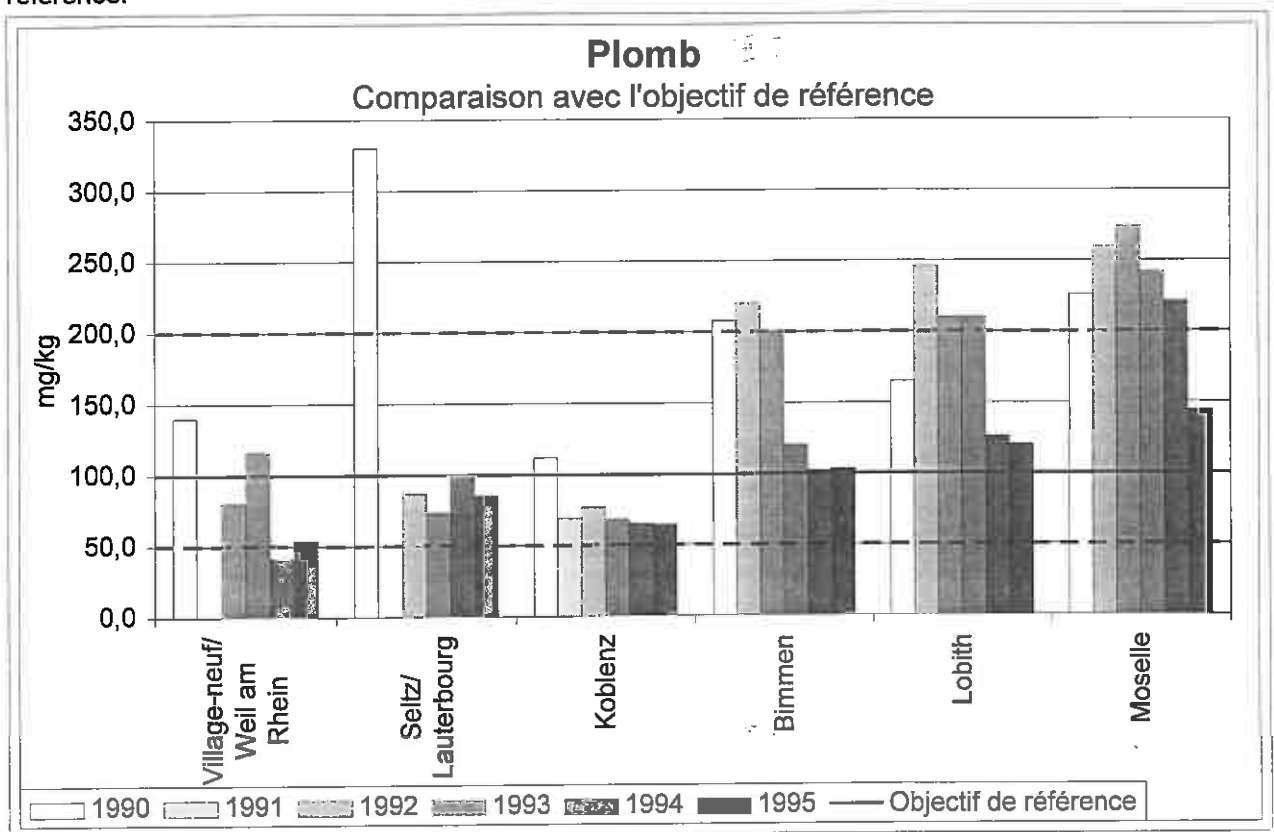


Figure 4.3: percentiles 90 et objectif de référence pour le plomb, 1990-1995

A Weil am Rhein (54 mg/kg), Lauterbourg (85 mg/kg) et Coblenz (64 mg/kg), la teneur en plomb reste inférieure en 1995 à l'objectif de référence (100 mg/kg) et se maintient dans le 2ème groupe de résultats. Aux stations de mesure du Rhin inférieur, Bimmen et Lobith, ainsi que sur la Moselle, les teneurs sont légèrement supérieures tout en restant cependant dans les limites du 2ème groupe de résultats.

En 1991, l'objectif de référence fixé pour le plomb est encore nettement dépassé dans les trois stations de mesure citées en dernier lieu.

4.1.4 Zinc

La figure 4.4 présente la comparaison entre la teneur en zinc de 1990 à 1995 et l'objectif de référence.

L'objectif de référence fixé pour le zinc est dépassé en 1995 sur l'ensemble du Rhin. A Weil am Rhein, Lauterbourg et Coblenz, les teneurs se maintiennent encore dans le 2ème groupe de résultats.

tats. A Bimmen et Lobith, un net dépassement est constaté. Sur la Moselle, le percentile 90 est même 3,3 fois supérieur à l'objectif de référence.

La situation était encore plus mauvaise en 1990 où l'on avait un dépassement du double de l'objectif de référence sur le Rhin supérieur et le Rhin moyen et d'un facteur de 3,5 à Lobith sur le Rhin inférieur. Le percentile 90 était même 6 fois supérieur à l'objectif de référence dans la Moselle.

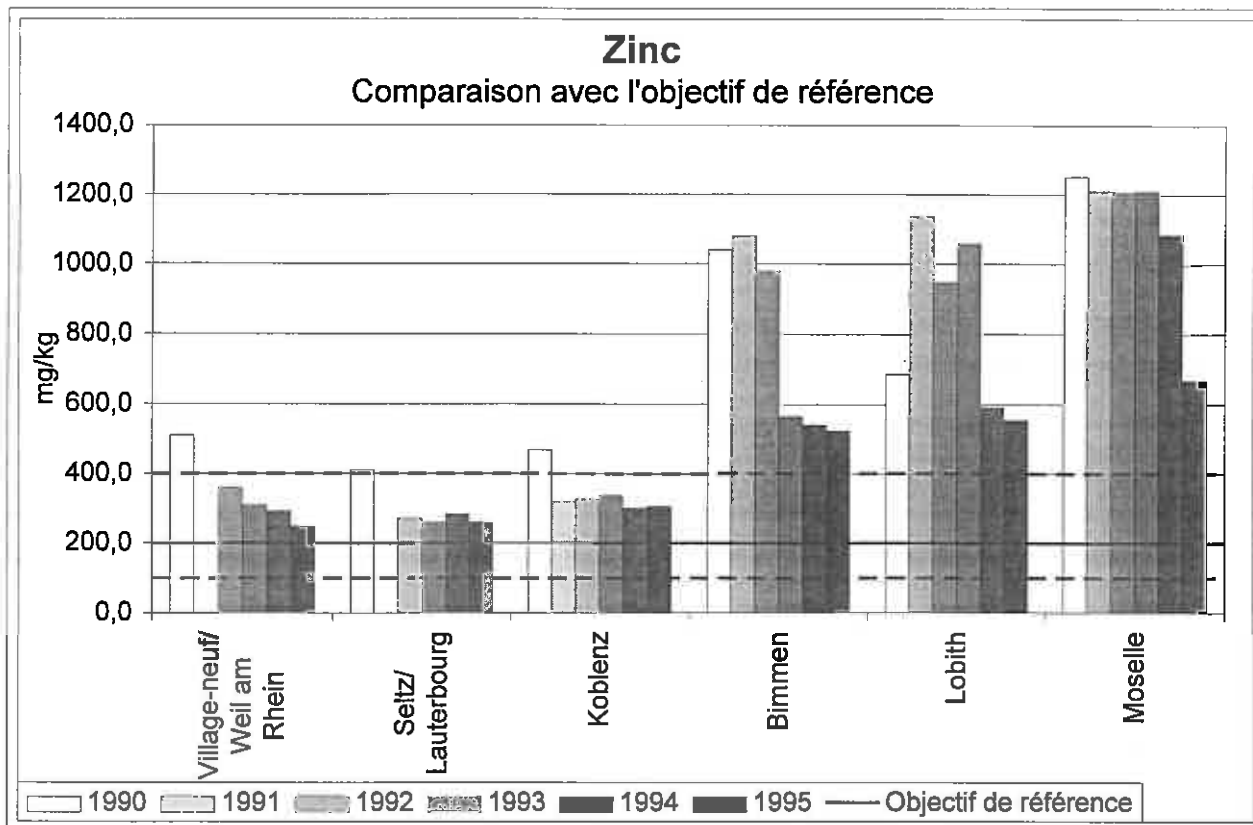


Figure 4.4: percentiles 90 et objectif de référence pour le zinc, 1990-1995

4.1.5 Cuivre

La figure 4.5 présente la comparaison entre la teneur en cuivre de 1990 à 1995 et l'objectif de référence.

- En 1995, les percentiles 90 de la teneur en cuivre sont supérieurs à l'objectif de référence fixé à 50 mg/kg sur l'ensemble du Rhin. Cependant, ils se maintiennent encore dans le deuxième groupe de résultats dans toutes les stations de mesure du Rhin. L'évaluation est moins positive dans la Moselle où la comparaison se fonde sur le double du percentile 50 (120 mg/kg) pour un total de 12 valeurs mesurées uniquement.

En 1990, et en partie également en 1991 et 1992, l'objectif de référence est nettement dépassé dans les stations de mesure du Rhin, alors que sur la Moselle le percentile 90 est proche de l'objectif de référence en 1990.

4.1.6 Nickel

La figure 4.6 présente la comparaison entre la teneur en nickel de 1990 à 1995 et l'objectif de référence.

En 1995, le percentile 90 de la teneur en nickel s'élève à 45 mg/kg à Weil am Rhein et est donc légèrement inférieur à l'objectif de référence (50 mg/kg). Dans toutes les autres stations de mesure du Rhin et à l'embouchure de la Moselle, l'objectif de référence est dépassé de peu. Cependant, les teneurs restent encore dans les limites du 2ème groupe de résultats.

Lors des années passées, l'objectif de référence n'a été nettement dépassé sur le Rhin qu'en deux occasions (1990 à Seltz et 1992 à Village-Neuf, ainsi que de 1991 à 1994 sur la Moselle). La faible fréquence de mesure à l'origine de ces résultats invite toutefois à ne pas surestimer ces derniers.

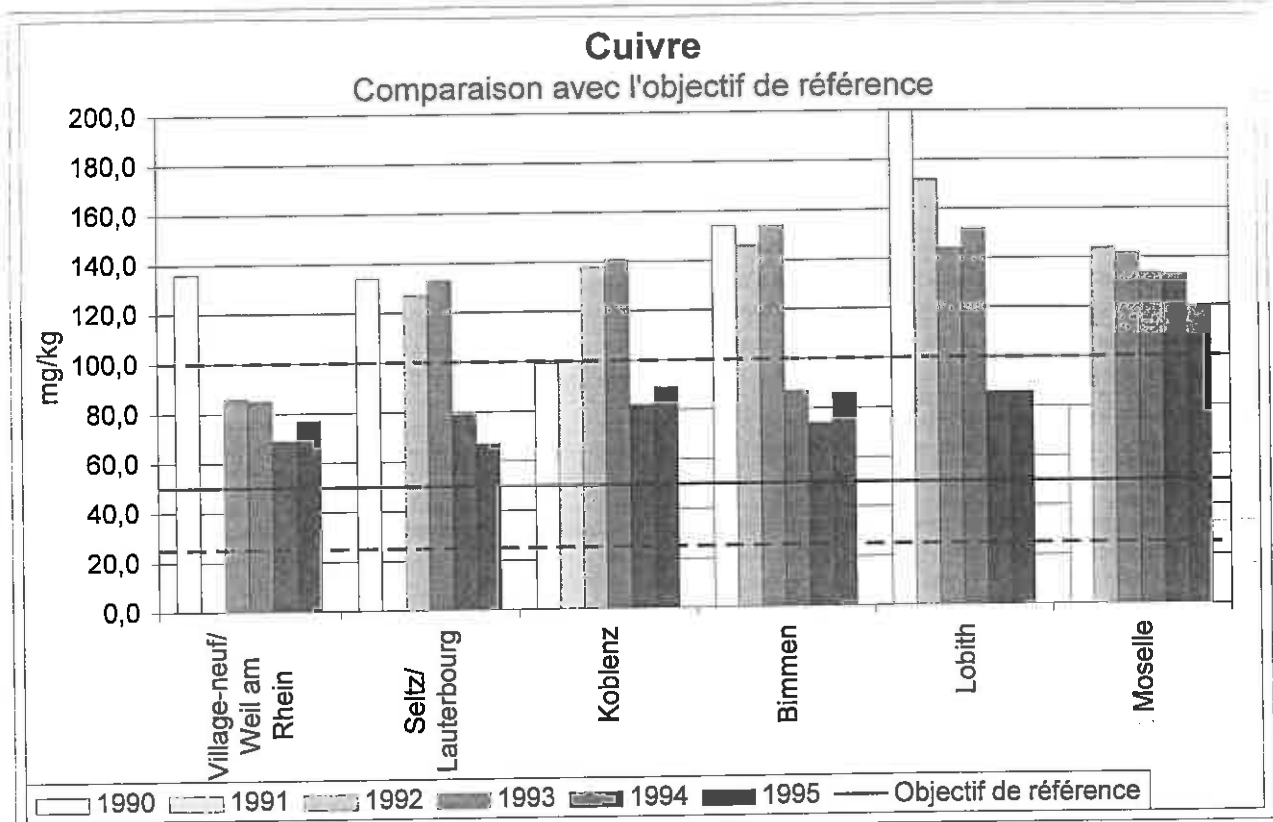


Figure 4.5: percentiles 90 et objectif de référence pour le cuivre, 1990-1995

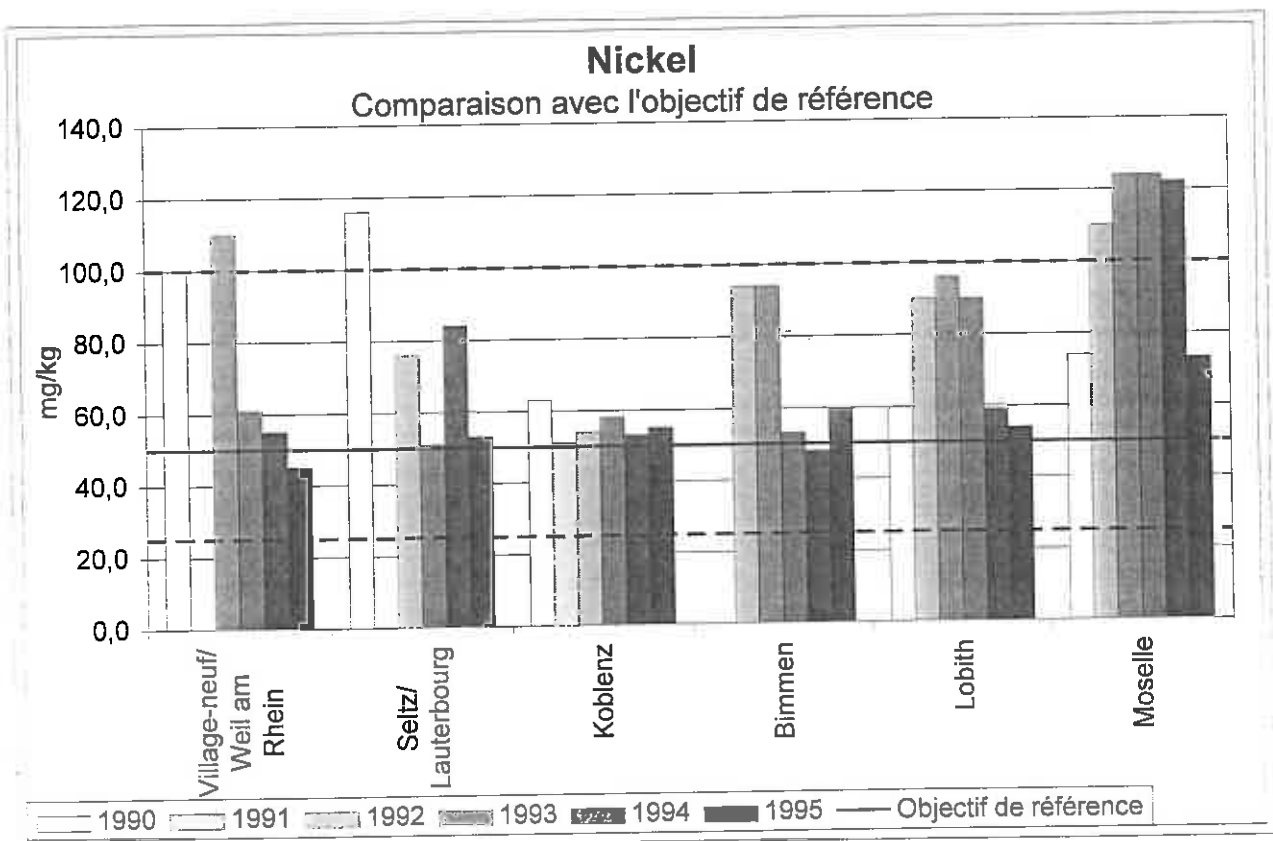


Figure 4.6: percentiles 90 et objectif de référence pour le nickel, 1990-1995

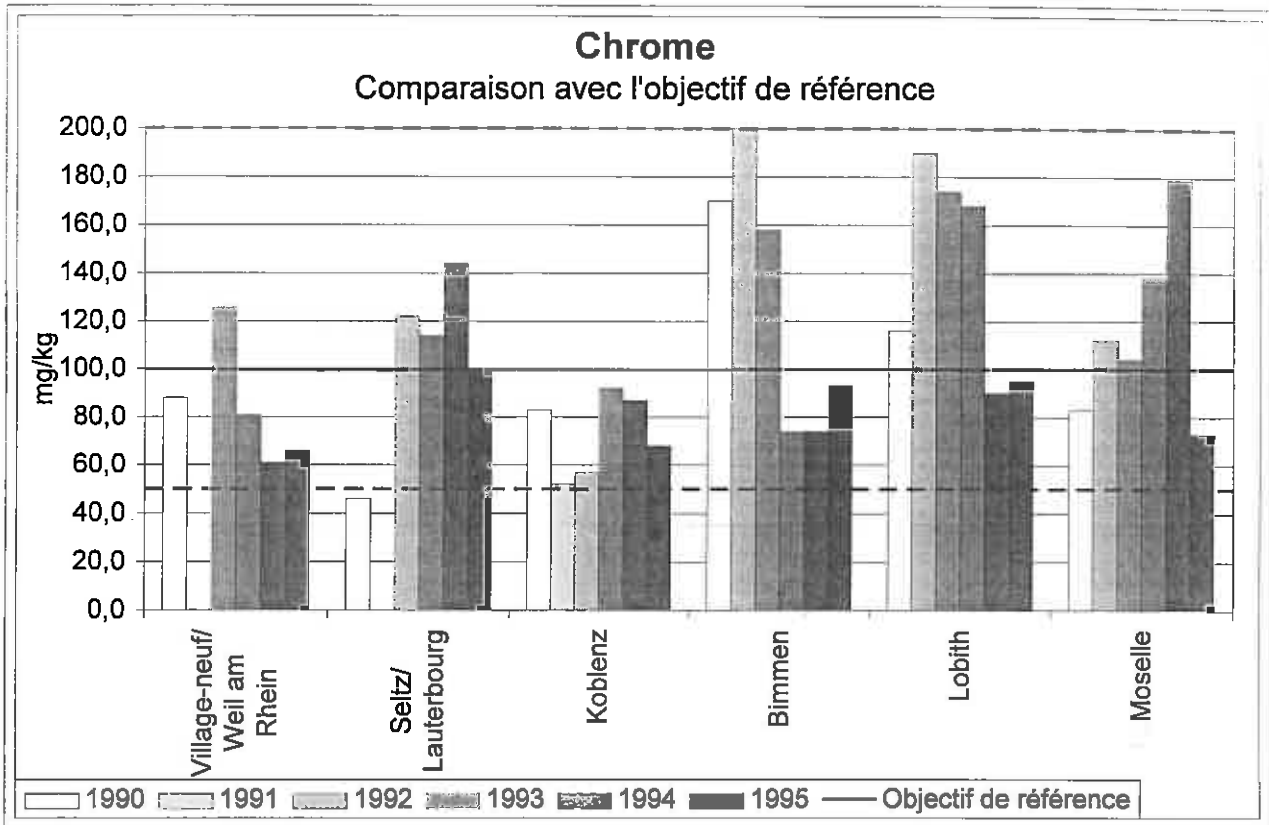


Figure 4.7: percentiles 90 et objectif de référence pour le chrome, 1990-1995

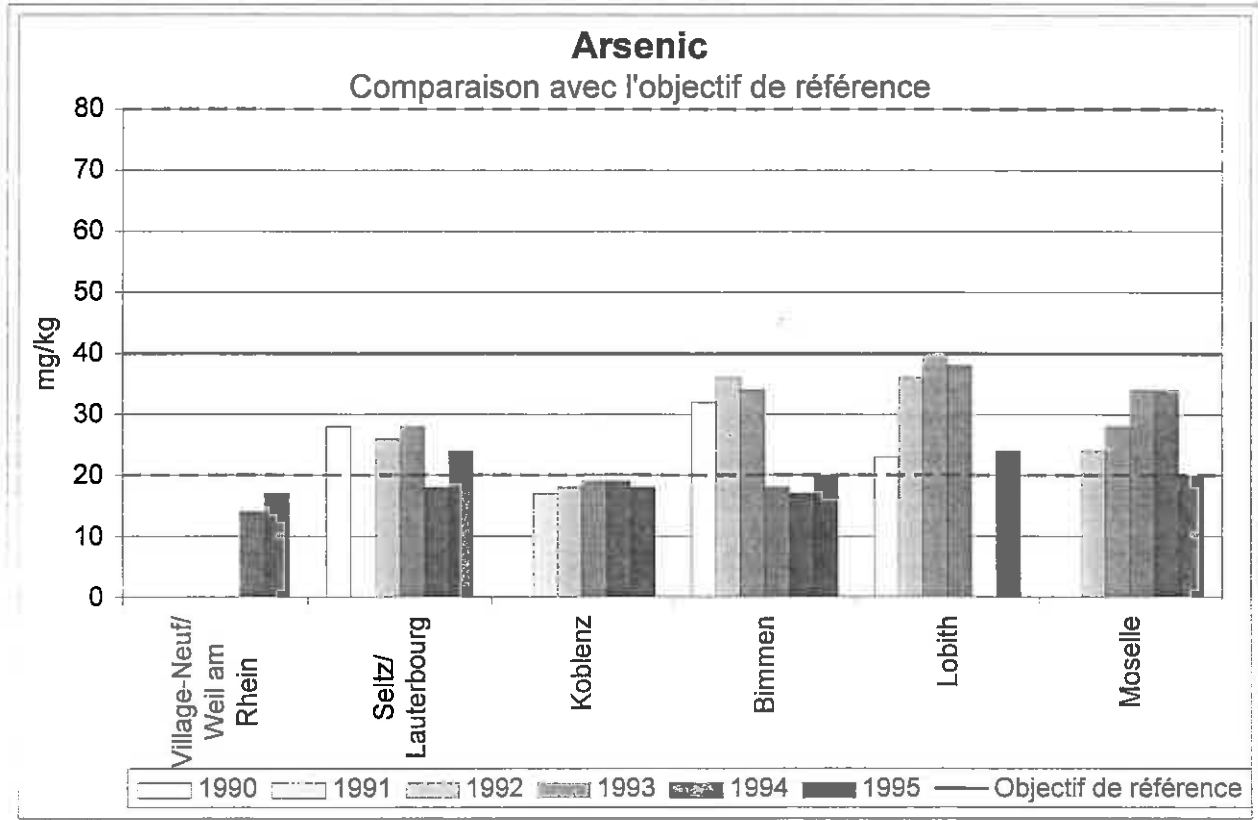


Figure 4.8: percentiles 90 et objectif de référence pour l'arsenic, 1990-1995

4.1.7 Chrome

La figure 4.7 présente la comparaison entre la teneur en chrome de 1990 à 1995 et l'objectif de référence.

En 1995, le percentile 90 de la teneur en chrome n'est égal à l'objectif de référence de 100 mg/kg qu'à Lauterbourg. Dans toutes les autres stations de mesure, les teneurs n'atteignent pas encore le 3ème groupe de résultat visé, bien qu'elles restent inférieures à l'objectif de référence.

De 1990 à 1994, les teneurs en chrome obtenues dans toutes les stations de mesure entrent également dans le 2ème groupe de résultats.

4.1.8 Arsenic

La figure 4.8 présente la comparaison entre la teneur en arsenic de 1990 à 1995 et l'objectif de référence.

Sur l'ensemble du profil du Rhin, les percentiles 90 sont en partie sensiblement inférieurs à l'objectif de référence de 40 mg/kg. Cet objectif de référence a été ajouté en 1992 et correspond au double du bruit de fond naturel. Les percentiles 90 ne varient que dans une marge allant de 17 mg/kg à Weil am Rhein à 24 mg/kg à Lauterbourg et Lobith.

De 1990 à 1994, l'objectif de référence est respecté dans deux des stations de mesure (3ème groupe de résultats). Dans les autres stations, les teneurs sont proches de l'objectif de référence.

4.1.9 HCB

Lorsque l'on convertit les teneurs en HCB mesurées dans les matières en suspension en teneurs totales dans la phase aqueuse, on constate qu'elles sont souvent supérieures à l'objectif de référence fixé à 1 ng/l. La plupart du temps, l'évaluation des résultats débouche sur un classement dans le 1er groupe de résultats. Les teneurs ne sont nettement inférieures à l'objectif de référence qu'à Weil am Rhein et dans la Moselle et sont alors classées dans le 3ème groupe de résultats.

Les teneurs maximales sont obtenues en 1995 à Lauterbourg. Elles sont légèrement plus basses à Coblenche et Bimmen. Elles diminuent encore à Lobith mais dépassent malgré tout nettement l'objectif de référence (voir annexes 3 et 5).

Depuis 1990, on ne note d'amélioration sensible qu'à Weil am Rhein (1er groupe de résultats en 1991). Les autres stations de prélèvement ne laissent entrevoir aucune évolution distincte.

4.1.10 PCB

Les teneurs en différents PCB mesurées dans les matières en suspension peuvent être converties en teneurs dans la phase aqueuse et sont ensuite comparées aux objectifs de référence. Il ressort pour la plupart des PCB que les objectifs de référence sont encore largement dépassés (1er groupe de résultats). On relève une exception positive avec la station de Weil am Rhein où la plupart des PCB restent inférieurs à l'objectif de référence et peuvent être attribués au 3ème groupe de résultats. Seul le PCB 153 entre dans le 2ème groupe de résultats. Vers l'aval, à Lauterbourg et Coblenche, les teneurs sont plus élevées. Les PCB 28 et 52, faiblement chlorés, sont proches de l'objectif de référence et entrent dans le 2ème groupe de résultats. Les teneurs des PCB plus fortement chlorés (excepté le PCB 180) dépassent nettement l'objectif de référence et entrent donc dans le 1er groupe de résultats. Dans les stations de mesure de Bimmen et de Lobith, tous les PCB sont à classer dans le 1er groupe de résultats. Dans la Moselle à hauteur de Coblenche, les résultats sont comparables à ceux obtenus dans le Rhin à Coblenche.

Depuis les 5 dernières années, il n'est constaté aucune évolution significative pour le groupe des PCB dans le cadre de la comparaison avec les objectifs de référence.

4.1.11 HPA

Il n'a pas encore été défini d'objectifs de référence pour les HPA. Aucune comparaison n'est donc possible.

4.1.12 Composés organoétains

Les composés organoétains ne sont analysés que depuis peu. Une comparaison intégrale n'est possible qu'à Weil am Rhein et à Bimmen. On constate dans presque tous les cas que les teneurs converties dans la phase aqueuse entrent dans le 3ème groupe de résultats. Les composés de tributylétain n'entrent dans le 2ème groupe de résultats qu'à Bimmen. A Coblenz, seuls les composés de tributylétain et le tétrabutylétain ont été mesurés; les résultats entrent tous dans le 3ème groupe de résultats.

Les composés organoétains n'étant mesurés que depuis peu, une comparaison avec l'année 1990 s'avère impossible. La situation est cependant inchangée depuis 1994.

4.1.13 Autres composés

Parmi les composés restants, les drines et le groupe des DDT peuvent être convertis en teneurs dans la phase aqueuse et comparés aux objectifs de référence. Il apparaît que les teneurs sont presque toujours nettement inférieures à l'objectif de référence et entrent dans le 3ème groupe de résultats (voir annexe 5).

4.2 Calcul des flux

Les flux journaliers des stations de prélèvement de Coblenz et Lobith ont été calculés pour déterminer la part tenue par les mesures individuelles dans le flux annuel. Ces flux journaliers ont été calculés pour les jours où a été mesurée la contamination des matières en suspension. Les deux stations susmentionnées ont été choisies en raison du grand nombre de mesures disponibles et d'un régime hydrologique aisément comparable. Les calculs se réfèrent à 1995.

On fait ressortir la part tenue par une mesure individuelle dans le flux total (= 100 %) en comparant les flux relatifs journaliers calculés et le débit. On fait également apparaître de cette manière la relation entre un flux journalier et le débit correspondant.

Matières en suspension

L'ampleur du flux des matières en suspension détermine principalement l'ampleur des flux polluants. Les figures 4.9 et 4.10 présentent les flux relatifs de matières en suspension respectivement à Coblenz et Lobith par rapport au débit.

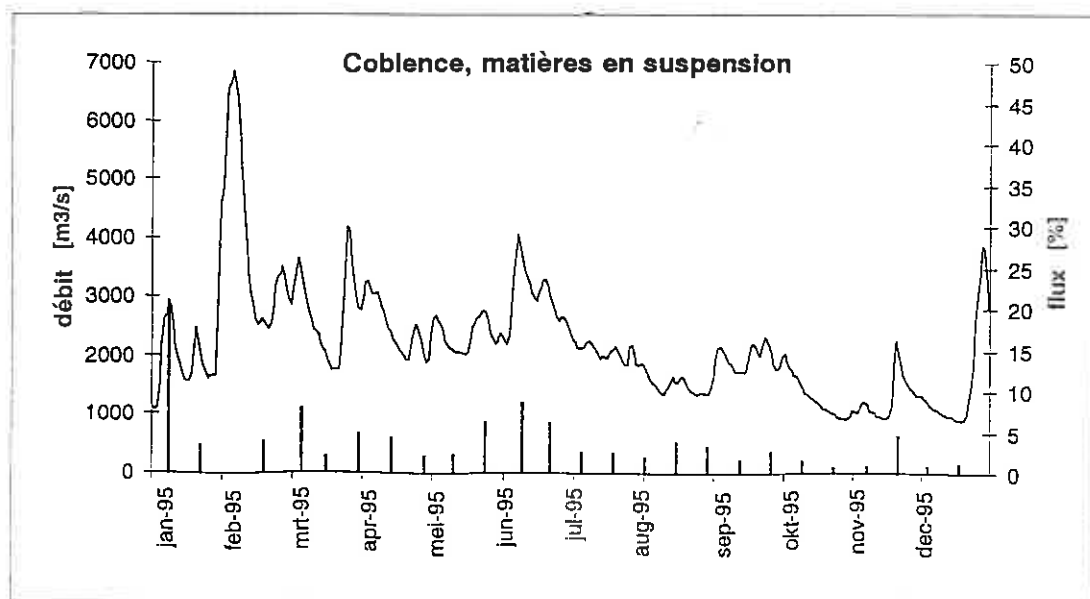


Figure 4.9: débit et part tenue par les prélèvements dans le flux annuel des matières en suspension à Coblenz en 1995

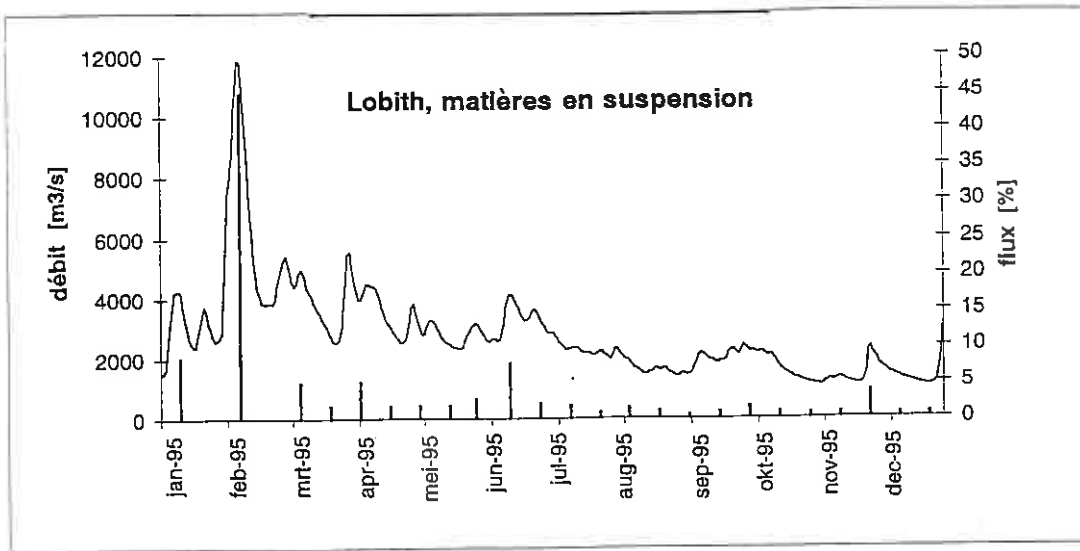


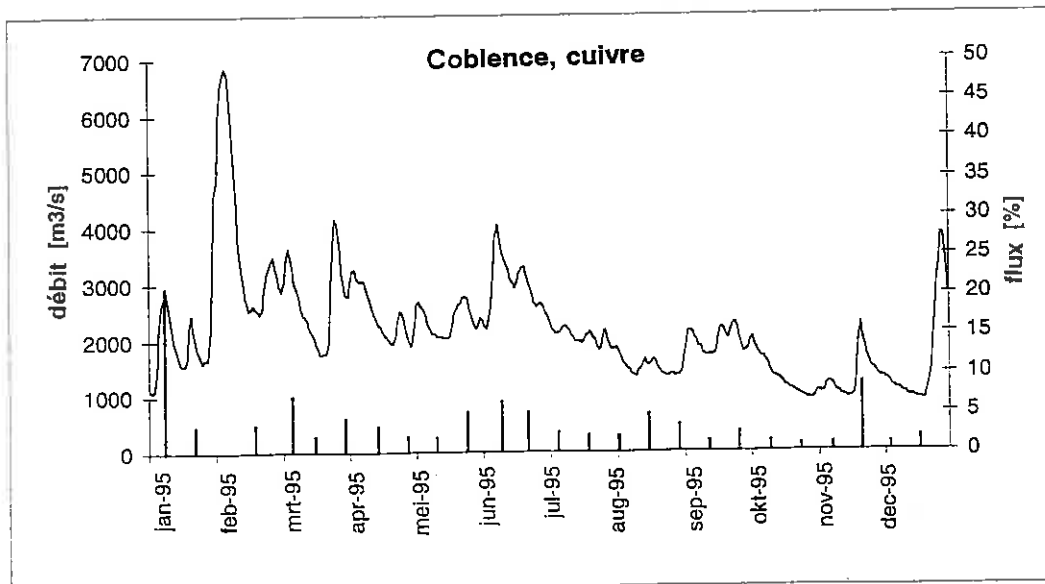
Figure 4.10: débit et part tenue par les prélèvements dans le flux annuel des matières en suspension à Lobith en 1995

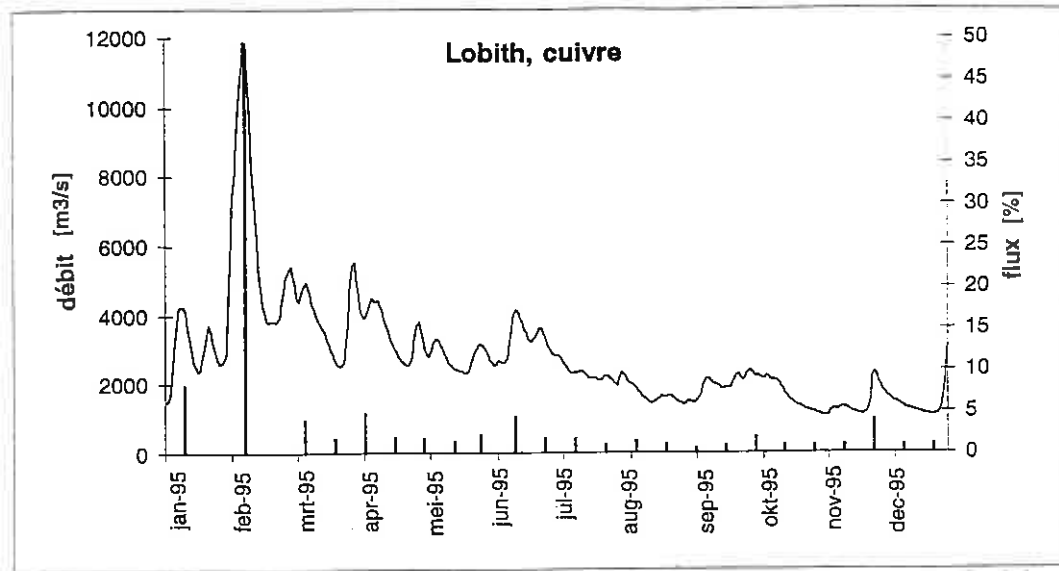
Dans les deux stations examinées, la part tenue par un échantillon dans le flux total est en corrélation positive avec le débit. On constate ainsi que les pointes de débit entraînent des parts sensiblement plus élevées dans le flux. Dans les figures, la pointe de débit survenue début 1995 est reconnaissable au premier coup d'oeil. A Lobith, le prélèvement du 1er février tombe à la date du plus fort débit de l'année. Il en ressort qu'environ la moitié du flux cumulé de tous les jours de prélèvement a été transporté ce jour-ci précisément. A la date du débit maximal, aucun prélèvement n'a eu lieu à Coblençe.

Substances nuisibles

Les flux relatifs d'un certain nombre de polluants liés aux matières en suspension sont présentés pour Coblençe et Lobith dans les figures 4.11. à 4.16 incluse. L'examen a porté sur le cuivre, l'HCB et le fluoranthène. Les autres polluants présentent la même évolution que celle des substances représentées. Pour la plupart des substances, l'échantillon prélevé à la date de la pointe de débit de février 1995 correspond à environ 50 % du flux annuel, et même à 78 % dans le cas du benzo(k)fluoranthène.

Les figures 4.11 et 4.12 présentent le flux de cuivre à Coblençe et à Lobith

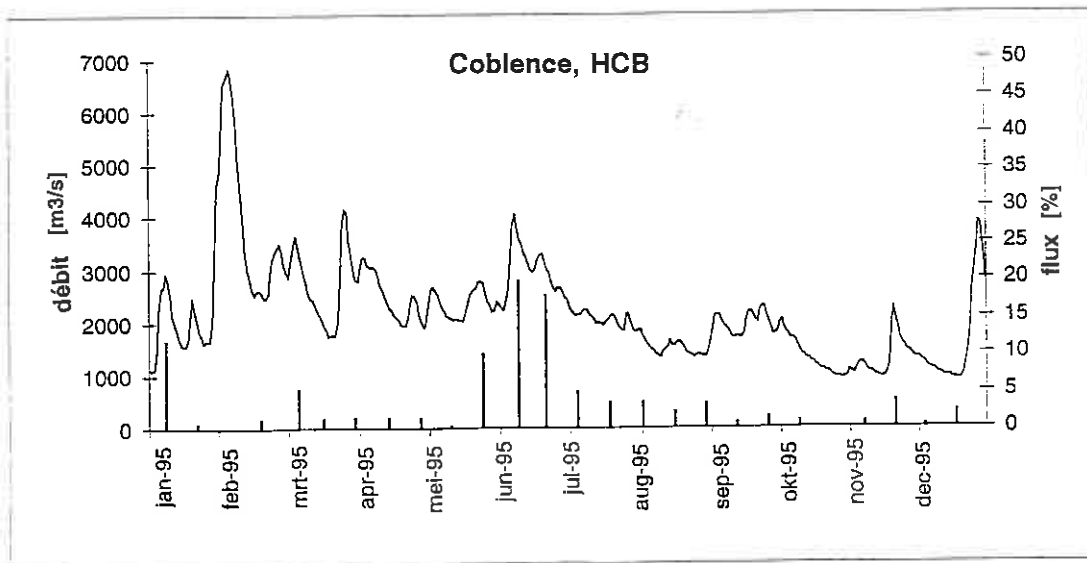


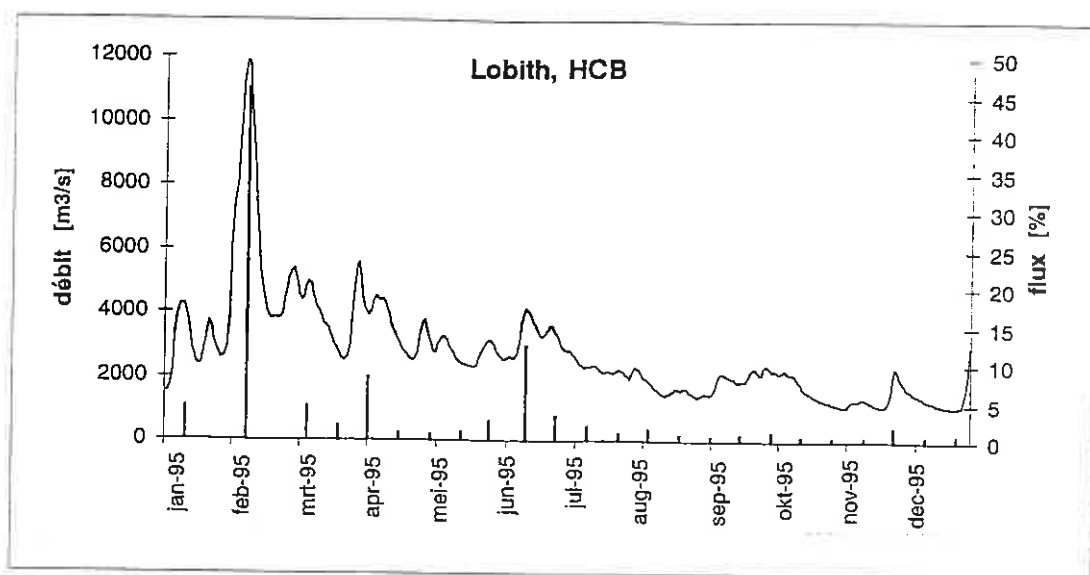


Figures 4.11. et 4.12: débit et part tenue par les prélèvements dans le flux annuel de cuivre à Coblen-
ce et Lobith en 1995

A la différence des micropolluants organiques, on doit tenir compte, pour les métaux lourds, d'une concentration significative due au bruit de fond. C'est pourquoi la part tenue par les échantillons prélevés en période d'étiage est plus importante que pour les autres polluants. Le flux de cuivre suit ainsi de façon relativement fidèle l'évolution de l'hydrogramme.

Avec l'HCB, on reconnaît également clairement que les flux relatifs suivent fidèlement les pointes de débit (figures 4.13 et 4.14).

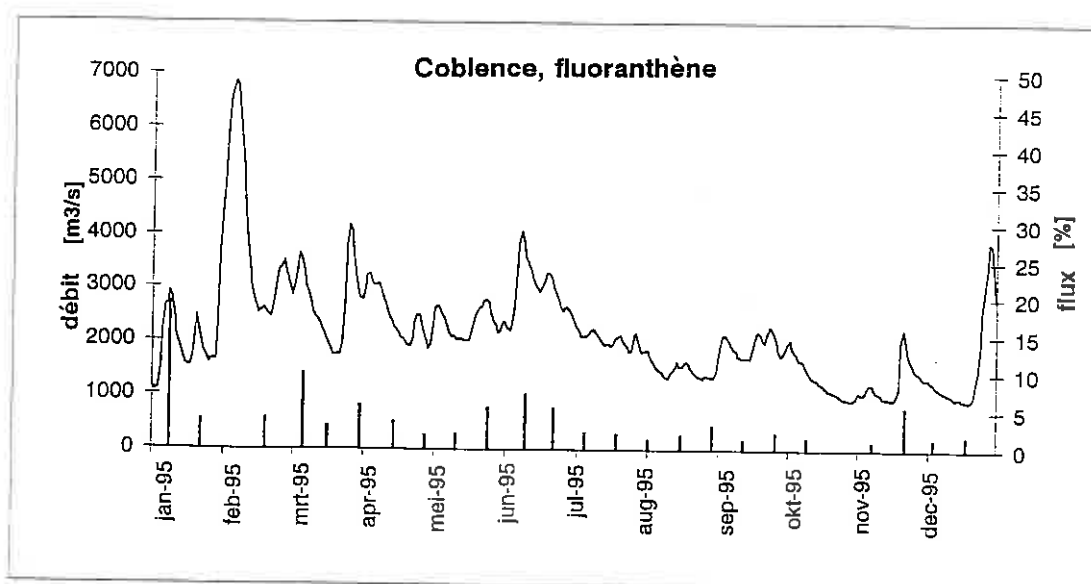


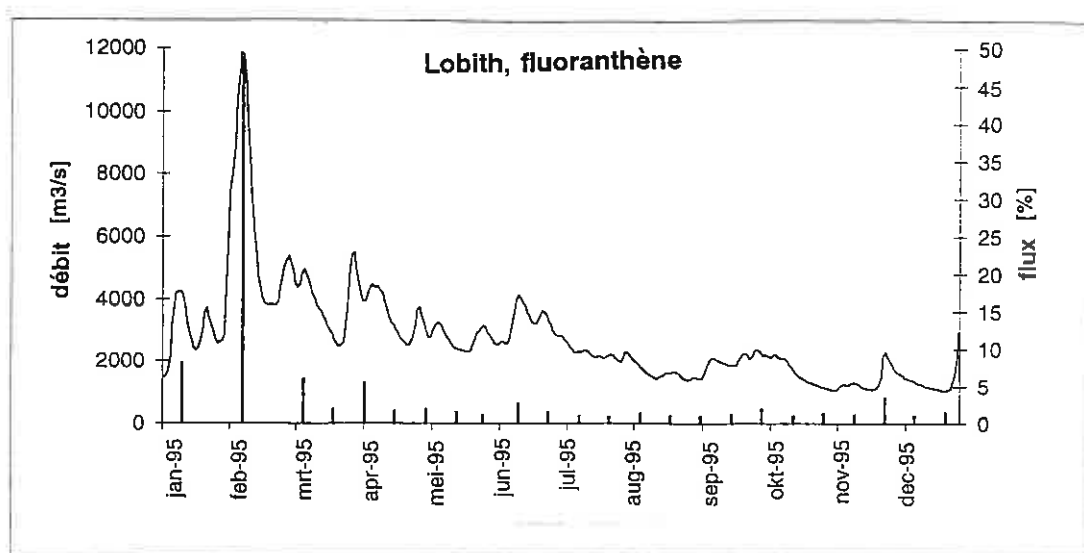


Figures 4.13 et 4.14: débit et part tenue par les prélèvements dans le flux annuel d'HCB à Coblence et Lobith en 1995

L'échantillon prélevé à Lobith la veille du jour de débit maximal contribue pour env. 45 % au flux annuel d'HCB. La pointe d'apport de flux, visible à Lobith, ne survient pas à Coblence étant donné, comme il a déjà été signalé, qu'aucun prélèvement n'a pu avoir lieu à la date du débit maximal. Ceci souligne l'importance d'une haute fréquence de mesure en période de débit élevé si l'on veut être en mesure d'estimer des flux annuels plausibles.

Les figures 4.15 et 4.16 présentent les flux de fluoranthène.





Figures 4.15 et 4.16: débit et part tenue par les prélèvements dans le flux annuel de fluoranthène à Coblenz et Lobith en 1995

On constate à la lecture des figures sur le fluoranthène, qui n'est que partiellement lié aux matières en suspension, la même relation que celle observée pour l'HCB et le cuivre.

Conclusions sur le calcul des flux

On note pour Lobith que le flux journalier d'un unique prélèvement est pratiquement égal au flux cumulé de tous les autres prélèvements effectués sur l'année. Il existe une forte relation entre le flux de polluants et le flux de matières en suspension et donc le débit. C'est pourquoi il est très important d'augmenter la fréquence de mesure en période de débit élevé si l'on souhaite déterminer des flux annuels plausibles. Le fait d'effectuer ou non des prélèvements en période de débit élevé a un impact éminent sur le flux annuel calculé.

4.3 Questions en suspens

Pour différentes raisons, quelques questions relatives à la mise en oeuvre du programme de mesure des matières en suspension et à l'évaluation restent en suspens. La plausibilité et la comparabilité des paramètres statistiques sont p.ex. influencées par le nombre de mesures réalisées. La station de prélèvement de Rekingen a toujours effectué 4 mesures au cours de l'année de référence 1995. Il n'a donc pas été calculé ici de valeurs moyennes ou de percentiles 90. A Kampen également, la fréquence de mesure est si faible (6 mesures annuelles) qu'une valeur mesurée sporadique basse ou élevée influence fortement la moyenne annuelle de la série de mesure. La dispersion (différence entre teneur maximale et teneur minimale) est donc relativement large dans cette station de prélèvement pour quelques métaux lourds (comme le mercure et le cadmium).

Le nombre de mesures a un impact sensible sur la pertinence statistique des résultats. Ceci est particulièrement vrai quand on compare les résultats de différentes années et que l'on tient compte du fait qu'il a été effectué sensiblement moins de mesures au cours des années antérieures à 1995.

Le fait que les prélèvements et les analyses soient effectués par divers laboratoires rend fondamentalement plus difficile la comparaison des données d'analyse des différentes stations de mesure. On obtient par exemple des résultats étonnamment élevés sur les teneurs en PCB dans la station de mesure de Bimmen. Quant aux teneurs relativement élevées de certains métaux lourds (Fe, Pb, Zn, Cd) et d'HPA dans les matières en suspension de la Moselle, elles proviennent vraisemblablement d'un effet granulométrique (prélèvement dans une zone régulée de faible courant dans l'embouchure de la Moselle). Des études récentes ont toutefois montré que les fractions fines (fraction $< 20\mu\text{m}$) des matières en suspension de la station de Coblenz/Rhin différaient peu de celles de la station de Coblenz/Moselle. Dans le cas du fer, l'élément géogène doit également être pris en compte. Par ailleurs, on ne peut écarter l'hypothèse d'un effet de lessivage et d'érosion de terrils de minerais dans le bassin de la Sarre et de la Moselle. Il est en outre manifeste que la Moselle reçoit depuis quelques décennies des apports supplémentaires urbains et industriels provenant des régions fortement industrialisées de la Sarre et de la Lorraine.

Il arrive également que les teneurs semblent diminuer quand les méthodes d'analyses s'améliorent et que l'on abaisse les limites de dosage. Pour évaluer les moyennes, il convient de s'assurer que l'on introduit toujours la moitié de la limite de dosage dans les calculs quand les teneurs sont inférieures à cette limite.

Il convient de signaler par ailleurs que les teneurs en micropolluants organiques ne sont pas standardisées lors du traitement des données. Ceci signifie que ces teneurs ne sont pas converties sur la base d'une teneur en carbone organique de 5 %. Cette conversion avait été effectuée dans le précédent rapport sur l'état du Rhin pour la phase des matières en suspension de 1990, sans qu'on n'ait pu en tirer un quelconque enseignement.

Comme on le constate à la lecture du précédent paragraphe et du chapitre 3, les conditions de débit au moment du prélèvement ont un impact très prononcé sur la comparabilité des résultats. Une part essentielle du flux polluant lié aux matières en suspension est transporté dans l'intervalle de temps où survient la pointe de débit. Les flux peuvent ainsi être importants même lorsque les concentrations dans les matières en suspension sont basses. Lorsque sont comparés les résultats de mesure avec ceux des années précédentes, l'évaluation doit prendre en compte le débit. En regard des éléments d'incertitude susmentionnés, les résultats rassemblés dans le présent rapport visent principalement à donner une image de l'évolution de la qualité des matières en suspension (et des teneurs en substances nuisibles) le long du Rhin et à faire ressortir des tendances.

5. RESUME ET CONCLUSIONS

Ce chapitre rassemble les principaux résultats du programme de mesure des matières en suspension 1995. Les teneurs et concentrations indiquées sont les percentiles 50, sauf indication contraire.

Hydrologie

Comparée aux années 1990 à 1993 et au niveau moyen des eaux sur plusieurs années, l'année 1995 a été caractérisée par des débits élevés et une crue prononcée fin janvier.

Matières en suspension

Les concentrations de matières en suspension augmentent sur le profil du Rhin à partir de Rekingen (6,8 mg/l). La concentration est de 25 mg/l à la frontière germano-néerlandaise et de 48 mg/l à Maassluis. Si l'on se base sur la comparaison pluriannuelle, on constate que les teneurs en matières en suspension les plus élevées ont été mesurées en 1994 et 1995 dans presque toutes les stations de mesure.

Paramètres généraux

- Les teneurs en COT augmentent, passant de 2,1 % à Rekingen à 5 % à hauteur de Lobith. Sur le Rhin moyen, le Rhin inférieur et la Moselle, on note une tendance à la baisse depuis 1991.
- Pour le phosphore total, on constate également une hausse sensible des teneurs qui passent de 0,7 g/kg à Rekingen à 2,0 g/kg à Lobith. Si l'on compare les moyennes annuelles depuis 1990, on note que les valeurs baissent en 1994 et 1995 du Rhin supérieur au Rhin inférieur. Dans les années à débits élevés, ce phénomène est en partie dû à la dilution de matériaux érodés peu contaminés.

Métaux lourds et arsenic

- Pour le Rhin, la teneur en mercure la plus faible a été mesurée à Coblenche avec 0,18 mg/kg. A Weil am Rhein, la teneur en mercure est de 0,25 mg/kg et elle augmente pour atteindre son maximum à Maassluis avec 0,86 mg/kg. Depuis 1990, on constate une tendance à la baisse.
- Les teneurs en cadmium augmentent le long du Rhin: elles sont de 0,1 mg/kg à Rekingen et 0,6 mg/kg à Weil am Rhein et Lauterbourg et atteignent 2,7 mg/kg à Maassluis. Depuis 1990/1991, la pollution par le cadmium tend légèrement à diminuer.
- La teneur en plomb est de 18 mg/kg à Rekingen et de 36 mg/kg à Weil am Rhein. Les teneurs en plomb les plus élevées ont été mesurées à Maassluis (86 mg/kg) et dans la Moselle (118 mg/kg).
- Les teneurs en zinc passent de 125 mg/kg à Rekingen sur le haut Rhin à plus de 400 mg/kg sur le Rhin inférieur. Des teneurs encore plus élevées (581 mg/kg) ont été mesurées dans les matières en suspension de la Moselle. Sur plusieurs années, on ne constate qu'un faible recul.
- La teneur en cuivre est de 25 mg/kg à Rekingen; elle augmente ensuite pour atteindre 65 mg/kg à hauteur de Coblenche et reste à ce niveau dans les matières en suspension du Rhin inférieur.
- A Rekingen, la teneur en nickel est de 40 mg/kg. Elle reste à peu près constante le long du Rhin, exception faite d'une valeur maximale de 51 mg/kg à Coblenche. On ne note pas de baisse depuis 1990.
- La teneur en chrome augmente, passant de 35 mg/kg à Rekingen sur le haut Rhin à 83 mg/kg à Maassluis. Les valeurs restent constantes (60-70 mg/kg) du Rhin supérieur au Rhin inférieur. On ne constate de baisse sensible des teneurs depuis 1990 qu'à Bimmen, Lobith et Kampen.
- La teneur en arsenic est de l'ordre de 12 mg/kg à Weil am Rhein et de 18 mg/kg à Maassluis. Elle accuse donc un niveau faible sur l'ensemble du profil du Rhin. Eu égard à la répartition dans le temps, on ne constate pas d'écart notable depuis 1990.

En comparant les valeurs du percentile 90 des teneurs en métaux lourds avec les objectifs de référence élaborés par la CIPR, on constate que la plupart des métaux entrent dans le 2ème groupe de résultats, c'est-à-dire que les valeurs mesurées sont proches des objectifs de référence. La teneur en cadmium à Lobith, en cuivre dans la Moselle et en zinc à Bimmen, à Lobith et dans la Moselle (1er groupe de résultats) dépassent encore sensiblement les objectifs de référence. La teneur en arsenic est particulièrement satisfaisante, puisque qu'elle fait passer cette substance dans le 3ème groupe de résultats (les valeurs mesurées sont nettement inférieures aux objectifs de référence) dans quelques stations de prélèvement.

Micropolluants organiques

Parmi les nombreux micropolluants organiques, on a mesuré des concentrations notables d'HCB, de PCB, d'HPA et de composés organoétains dans les matières en suspension en 1995.

- La teneur en HCB varie de 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à Rekingen à 22 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à hauteur de Bimmen. A Maassluis, elle retombe à 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Avec 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$, la teneur en HCB dans les matières en suspension de la Moselle est nettement inférieure à celle du Rhin. Les valeurs individuelles les plus élevées ont été mesurées sur le Rhin supérieur et le Rhin moyen (jusqu'à 156 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à hauteur de Lauterbourg) et les moyennes annuelles dépassent sensiblement les percentiles 50 dans cette zone. On ne peut reconnaître de tendance à partir des teneurs depuis 1990.
- Du haut Rhin au Rhin inférieur, les teneurs en PCB augmentent, passant de 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à 9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pour les PCB faiblement chlorés et de 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ à 14 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pour les PCB fortement chlorés. Les valeurs individuelles les plus élevées ont été mesurées à Bimmen (jusqu'à 72 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pour le PCB 153). Les moyennes annuelles ne divergent pratiquement pas des percentiles 50. Dans la Moselle, les concentrations mesurées pour deux PCB (le PCB 153 et le PCB 180) sont légèrement supérieures à celles du Rhin. Pour les PCB fortement chlorés, on constate une tendance à la baisse des teneurs moyennes entre 1990 et 1995, les teneurs les plus élevées ayant été mesurées en 1990 et 1991. C'est dans la Moselle que la baisse des teneurs est la plus forte (50 à 80 %).
- La comparaison des six HPA analysés montre que les teneurs les plus élevées ont été mesurées pour le fluoranthène. La teneur en fluoranthène triple entre le Rhin supérieur et le Rhin inférieur (de 0,3 mg/kg à 1,0 mg/kg). Les moyennes annuelles accusent une baisse sensible par rapport à 1990. Les teneurs mesurées en 1995 pour les autres HPA varient entre 0,1 mg/kg et 0,6 mg/kg. Pour toutes les substances considérées, les teneurs en HPA mesurées dans la Moselle sont deux fois supérieures à celles observées dans le Rhin. Comme pour les PCB, les moyennes annuelles des HPA ne divergent pas sensiblement des percentiles 50.
- Les teneurs en composés organoétains ont été déterminées dans quatre stations de prélèvement. Les teneurs en composés de dibutylétain varient entre 3,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn (à Bimmen) et 23,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn (à Weil am Rhein). Pour les composés de tributylétain, les teneurs passent de 4,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn à 9,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn et, pour le tétrabutylétain, elles varient entre < 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn (limite de dosage) et 2,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn. Les teneurs en composés de triphénylétain se situent entre < 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn et 2,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Sn. Les teneurs de loin les plus élevées ont été mesurées à Weil am Rhein pour les quatre composés organoétains. Ce groupe de substances n'avait pas été mesuré par le passé.
- Parmi les autres composés organiques, p. ex. le groupe des HCH et les drines, les teneurs mesurées sont souvent très faibles et proches de la limite de détection. Pour le groupe des DDT, on observe encore parfois des teneurs maximales d'environ 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Les teneurs en micropolluants organiques affichent une tendance à la baisse pour les PCB et les HPA. Pour l'HCB, il ne ressort aucune tendance précise. Quant aux composés organoétains, ils n'ont pas été mesurés les années antérieures.

En règle générale, les objectifs de référence établis pour les polluants organiques l'ont été dans la phase aqueuse. Dans les cours d'eau, les substances examinées ici sont cependant adsorbées en partie, voire intégralement, aux matières en suspension. Pour la comparaison avec les

objectifs de référence, les résultats obtenus dans les matières en suspension (en $\mu\text{g}/\text{kg}$) sont donc convertis, à l'aide de la teneur respective en matières en suspension, en teneur totale par litre d'eau (en $\mu\text{g}/\text{l}$).

Dans la plupart des stations de mesure, on constate ainsi que les drines, le groupe des DDT et les composés organoétains sont proches des objectifs de référence ou sensiblement inférieurs à ceux-ci. Des dépassements notables des objectifs de référence sont encore constatés pour l'HCB dans les stations de mesure du Rhin à hauteur de Lauterbourg, Coblenze, Bimmen et Lobith, et pour les PCB à Bimmen et Lobith. Ces dépassements se limitent aux PCB fortement chlorés à Lauterbourg, Coblenze et sur la Moselle.

Conclusions

En adaptant la fréquence de mesure, il est possible de comparer les résultats de mesure le long du Rhin et les tendances sur plusieurs années. Il ressort des calculs de flux qu'une part élevée du flux annuel de matières en suspension est transportée en période de crue. Il est donc recommandé d'intensifier le programme de mesure (p. ex. prélèvement journalier) pendant de telles périodes de crue, si l'on souhaite obtenir des enseignements fondés sur les flux annuels de polluants.

Du fait notamment de la relation qui existe entre le débit et les flux de matières en suspension et, par là même, les flux de polluants, les résultats de 1995, année de référence, ne sont pas directement comparables à ceux des années à faible ou moyen débit (1990-1993).

Les teneurs en polluants mesurées dans le cours aval du Rhin sont généralement supérieures à celles du cours amont. Vient s'y ajouter le fait que les concentrations de matières en suspension sont sensiblement plus élevées dans la partie aval. Ceci signifie donc que, le long du Rhin, les flux de polluants augmentent relativement plus vite que les teneurs en polluants dans les matières en suspension.

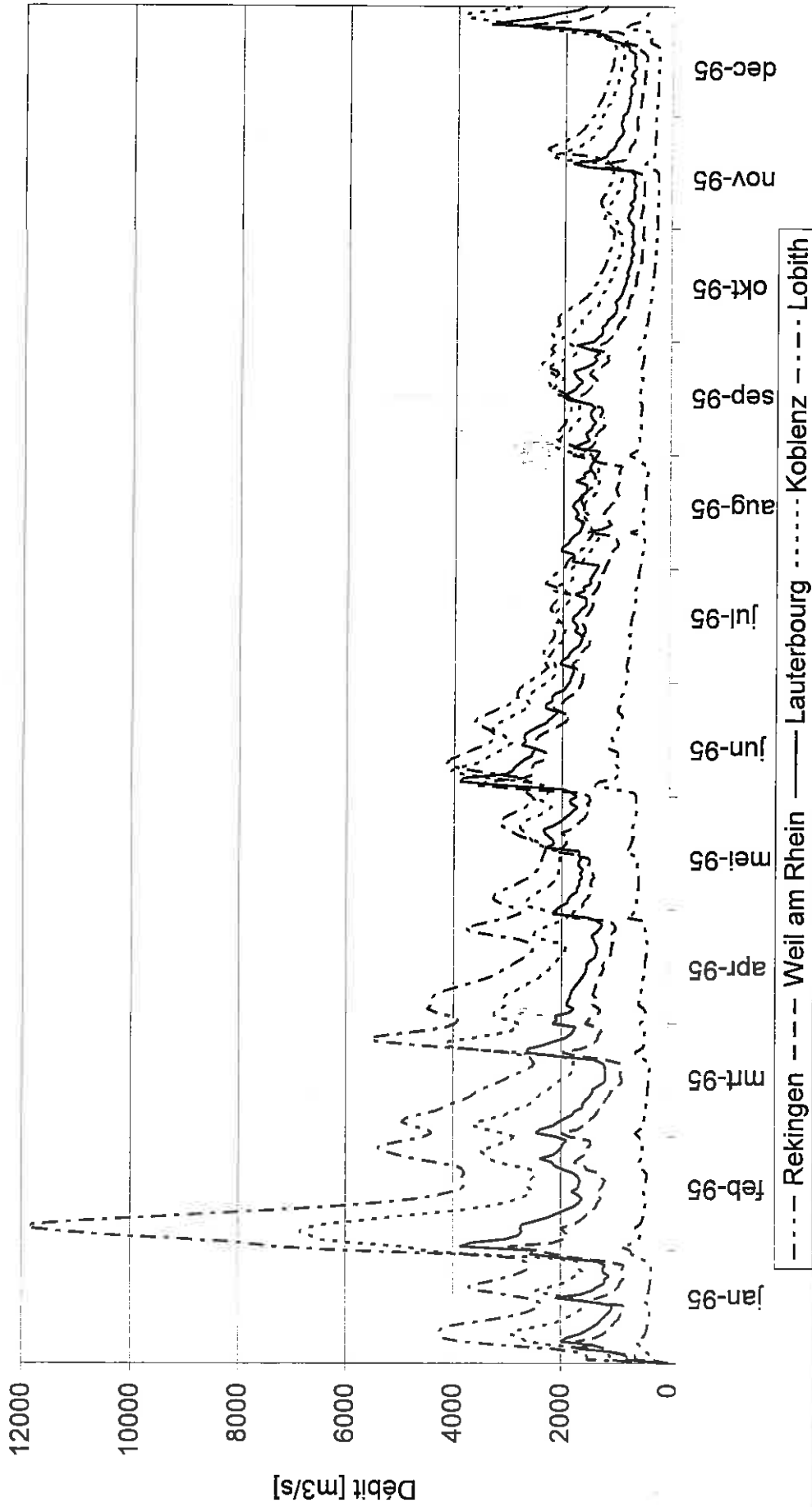
La comparaison des concentrations moyennes annuelles de polluants depuis 1990 permet de faire ressortir une tendance à la baisse pour quelques métaux lourds, les PCB et les HPA; il faut cependant garder à l'esprit que la fiabilité statistique de ces informations ne peut être garantie (chap. 4.3). En revanche, on obtient des données plus fiables en se basant sur le concept de détermination des objectifs de référence de la CIPR.

Annexe 1: Date des prélèvements des échantillons instantanés

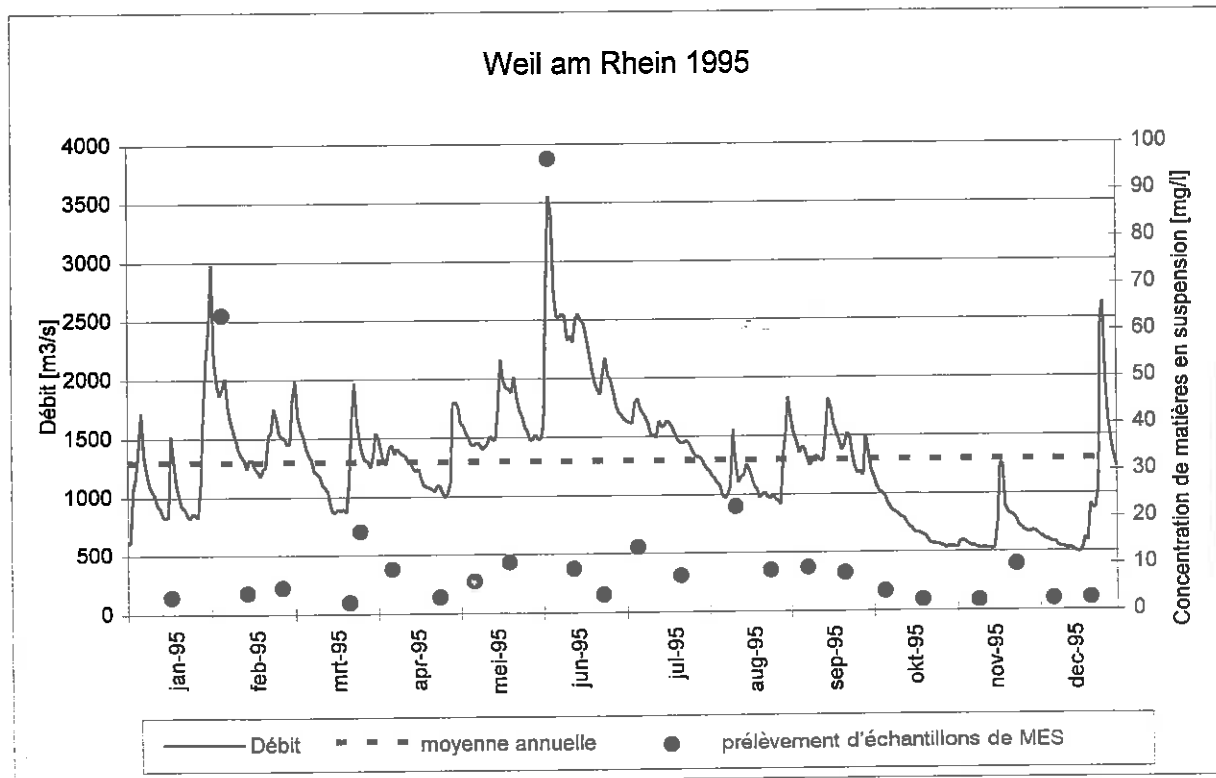
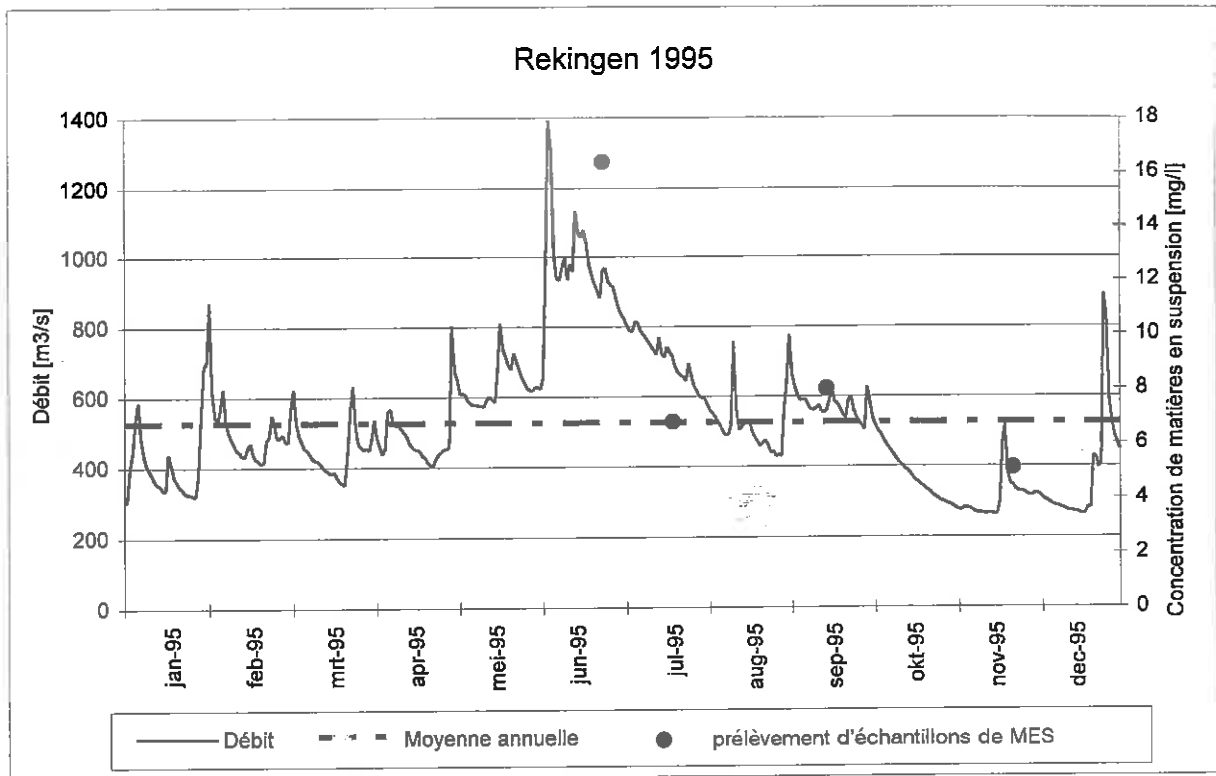
Période n°	Début du prélèvement	Rekingen	Weil am Rhein	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Moselle
1	26.12			05.01	02.01	04.01	04.01	<u>04.01</u>	04.01	
2	09.01		11.01	19.01	16.01	18.01	18.01	18.01	18.01	16.01
3	23.01		30.01	02.02	Crue	01.02	01.02	<u>01.02</u>	01.02	
4	06.02		08.02	16.02	13.02	15.02	15.02	<u>15.02</u>	15.02	13.02
5	20.02		21.02	02.03	02.03	02.03	01.03	<u>01.03</u>	01.03	28.02
6	06.03		18.03	16.03	13.03	15.03	15.03	15.03	15.03	
7	20.03		22.03	30.03	27.03	28.03	29.03	<u>29.03</u>	29.03	27.03
8	03.04		03.04	13.04	11.04	<u>12.04</u>	12.04	<u>12.04</u>	12.04	
9	17.04		21.04	27.04	25.04	<u>26.04</u>	26.04	<u>26.04</u>	26.04	24.04
10	01.05		04.05	11.05	08.05	<u>10.05</u>	10.05	10.05	10.05	
11	15.05		17.05	24.05	22.05	24.05	22.05	<u>22.05</u>	22.05	22.05
12	29.05		01.06	08.06	07.06	08.06	07.06	<u>07.06</u>	07.06	
13	12.06	21.06	10.06	22.06	19.06	21.06	21.06	<u>21.06</u>	21.06	19.06
14	26.06		21.06	06.07	03.07	07.07	05.07	<u>05.07</u>	05.07	
15	10.07	17.07	04.07	20.07	17.07	19.07	19.07	<u>19.07</u>	19.07	17.07
16	24.07		20.07	03.08	31.07	02.08	02.08	<u>02.08</u>	02.08	
17	07.08		10.08	17.08	14.08	16.08	16.08	<u>16.08</u>	16.08	14.08
18	21.08		23.08	31.08	28.08	30.08	30.08	<u>30.08</u>	30.08	
19	04.09	13.09	06.09	14.09	11.09	13.09	13.09	<u>13.09</u>	13.09	11.09
20	18.09		20.09	28.09	25.09	<u>27.09</u>	27.09	<u>27.09</u>	27.09	
21	02.10		05.10	12.10	09.10	11.10	11.10	<u>11.10</u>	11.10	09.10
22	16.10		19.10	26.10	23.10	30.10	25.10	<u>25.10</u>	<u>25.10</u>	
23	30.10		09.11	09.11	07.11	08.11	08.11	<u>08.11</u>	08.11	06.11
24	13.11	21.11	23.11	23.11	21.11	22.11	22.11	<u>22.11</u>	22.11	
25	27.11		07.12	07.12	04.12	06.12	06.12	<u>06.12</u>	06.12	04.12
26	11.12		21.12	28.12	18.12	20.12	20.12	<u>20.12</u>	20.12	

Chiffres soulignés = polluants non analysés

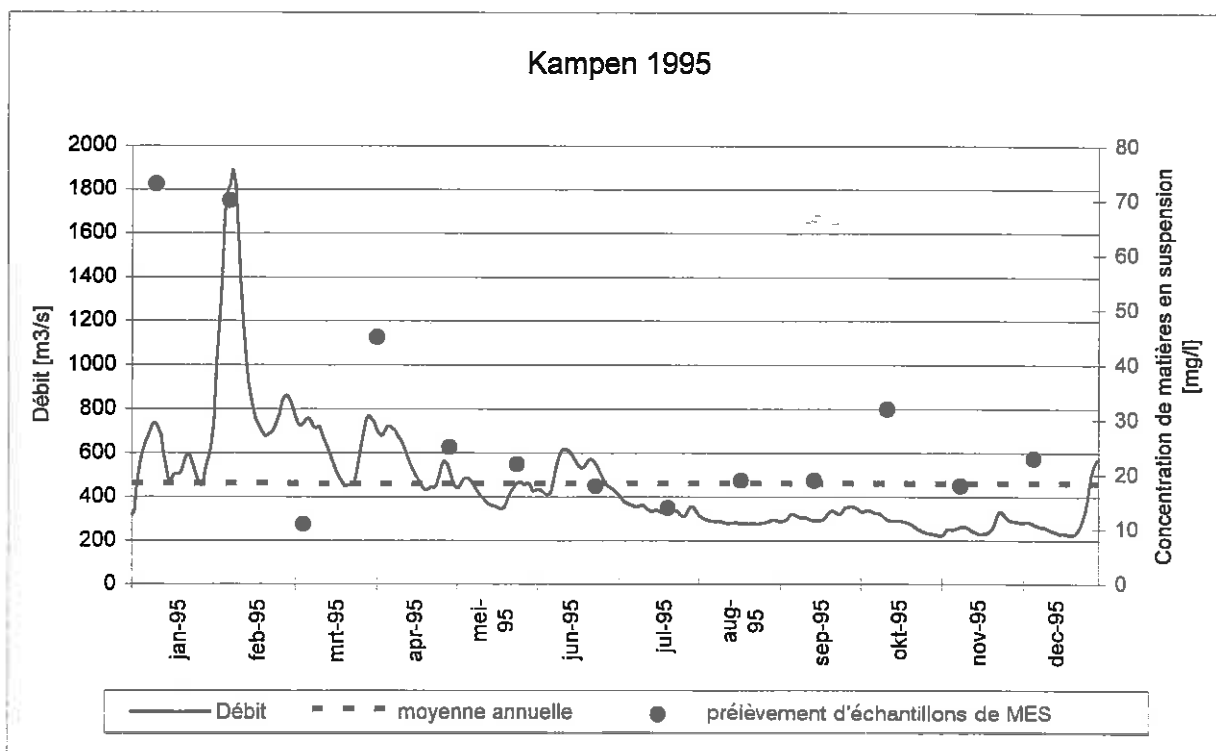
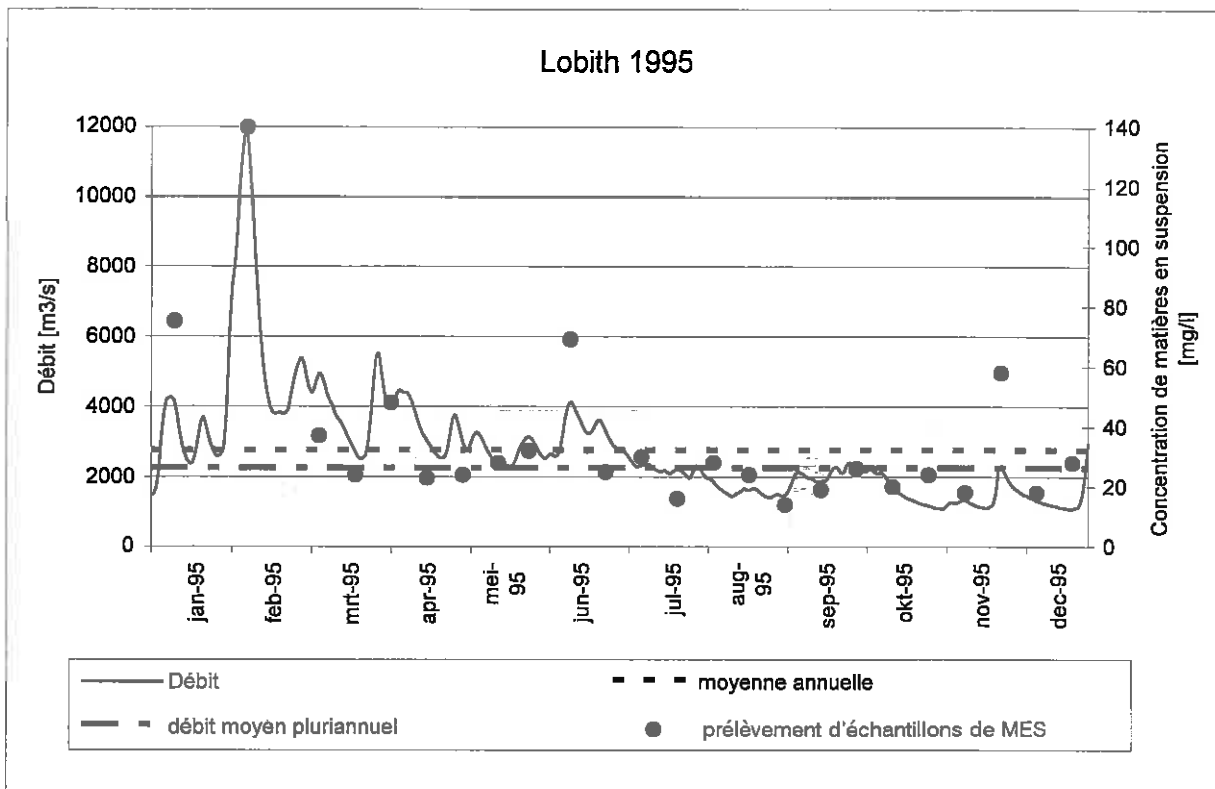
Hydrogrammes du profil longitudinal du Rhin 1995



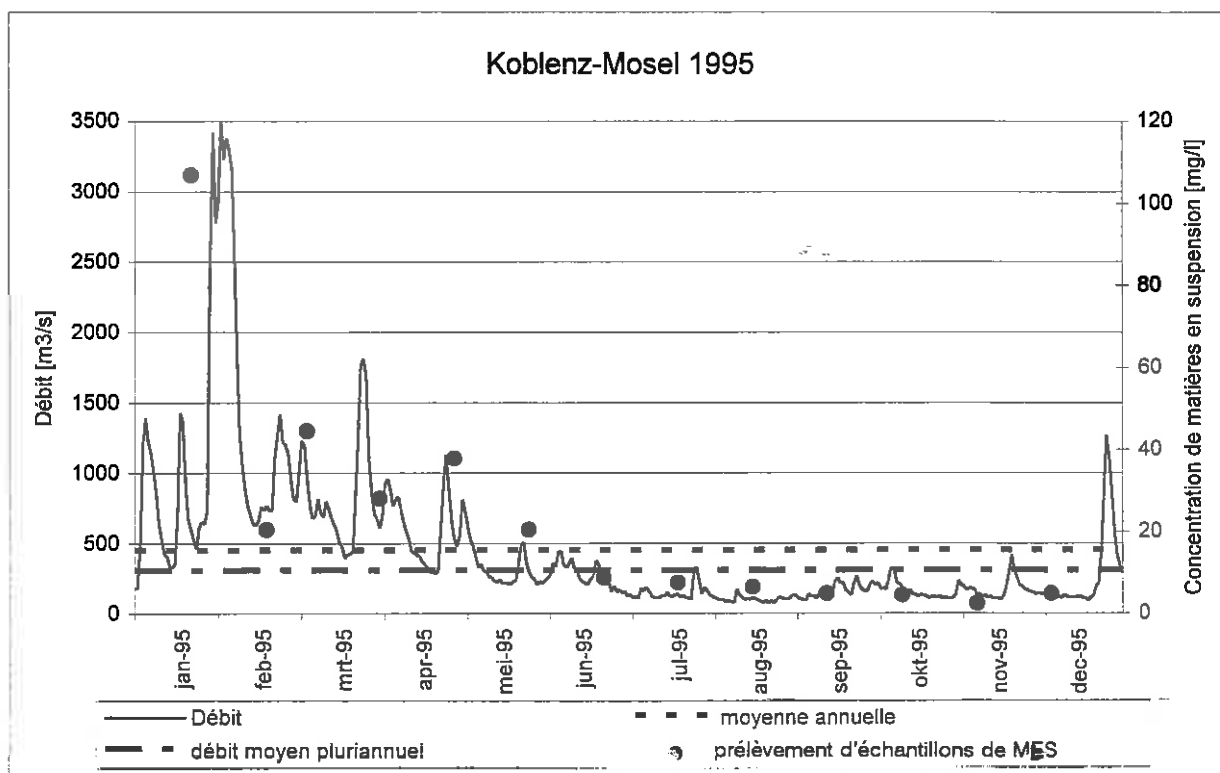
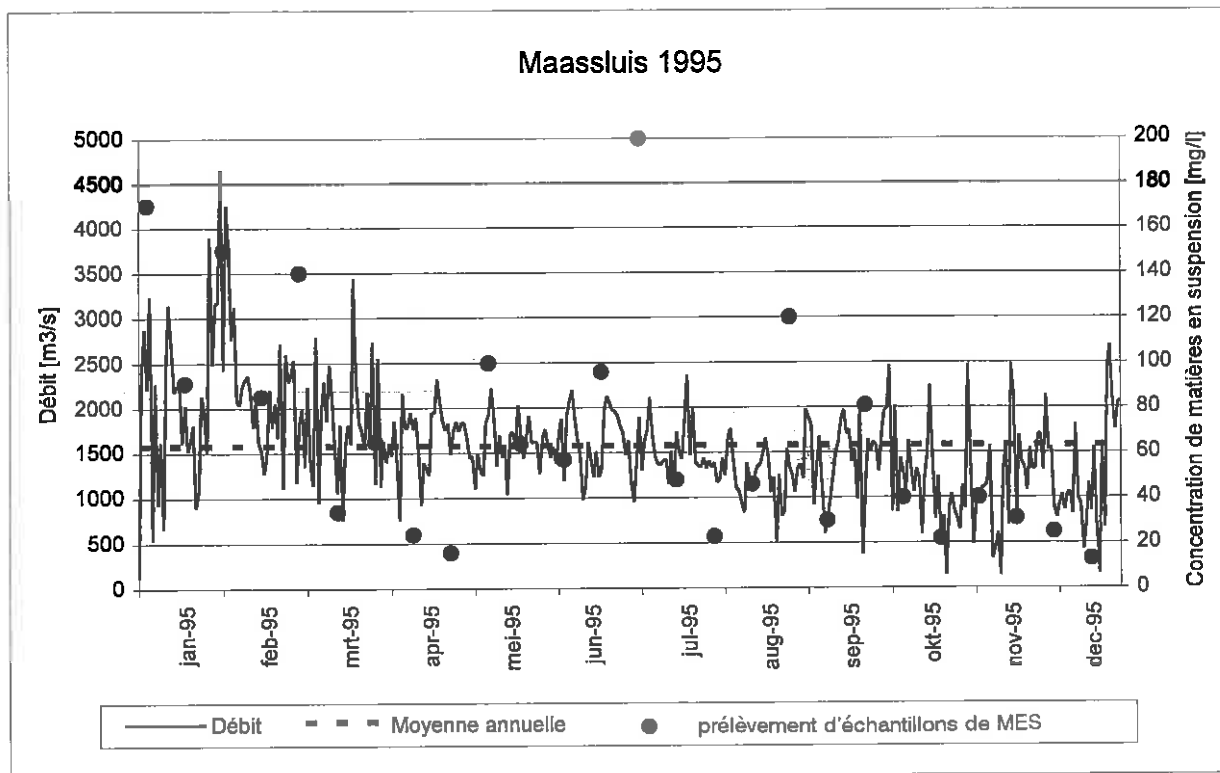
Annexe 2c: Hydrogrammes et concentrations des matières en suspension observés lors du prélèvement



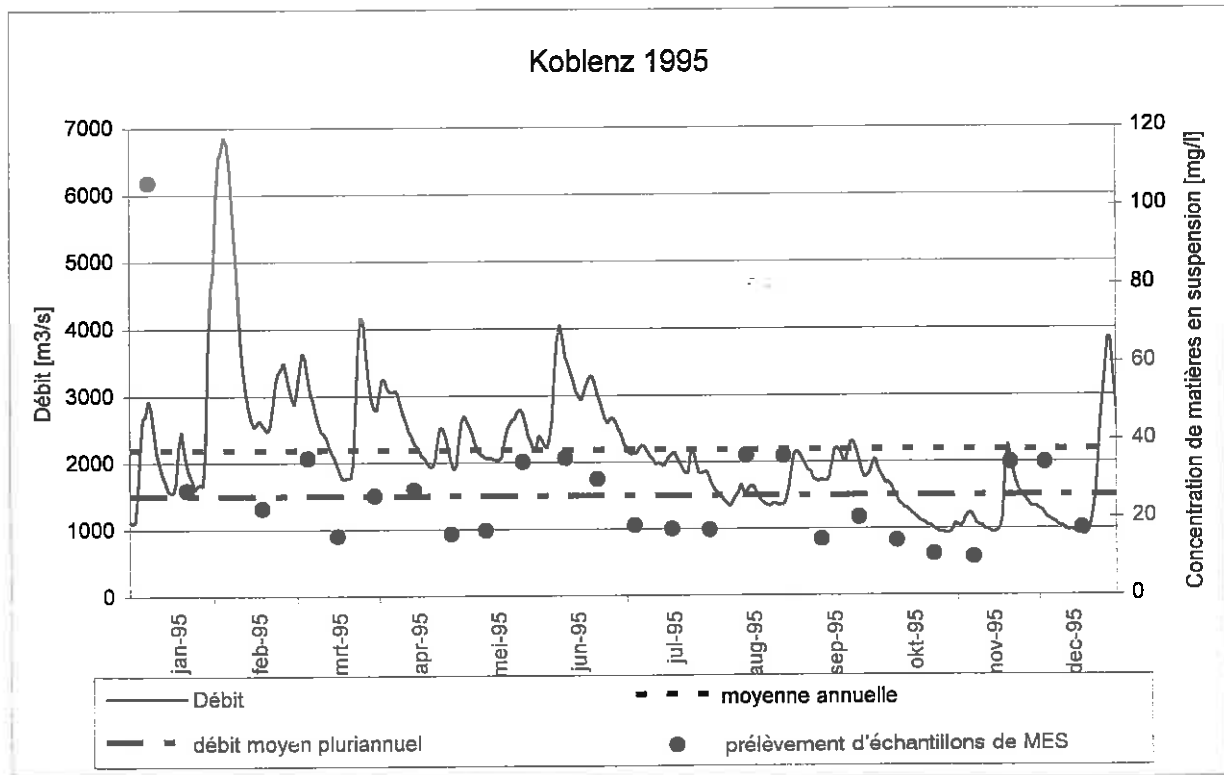
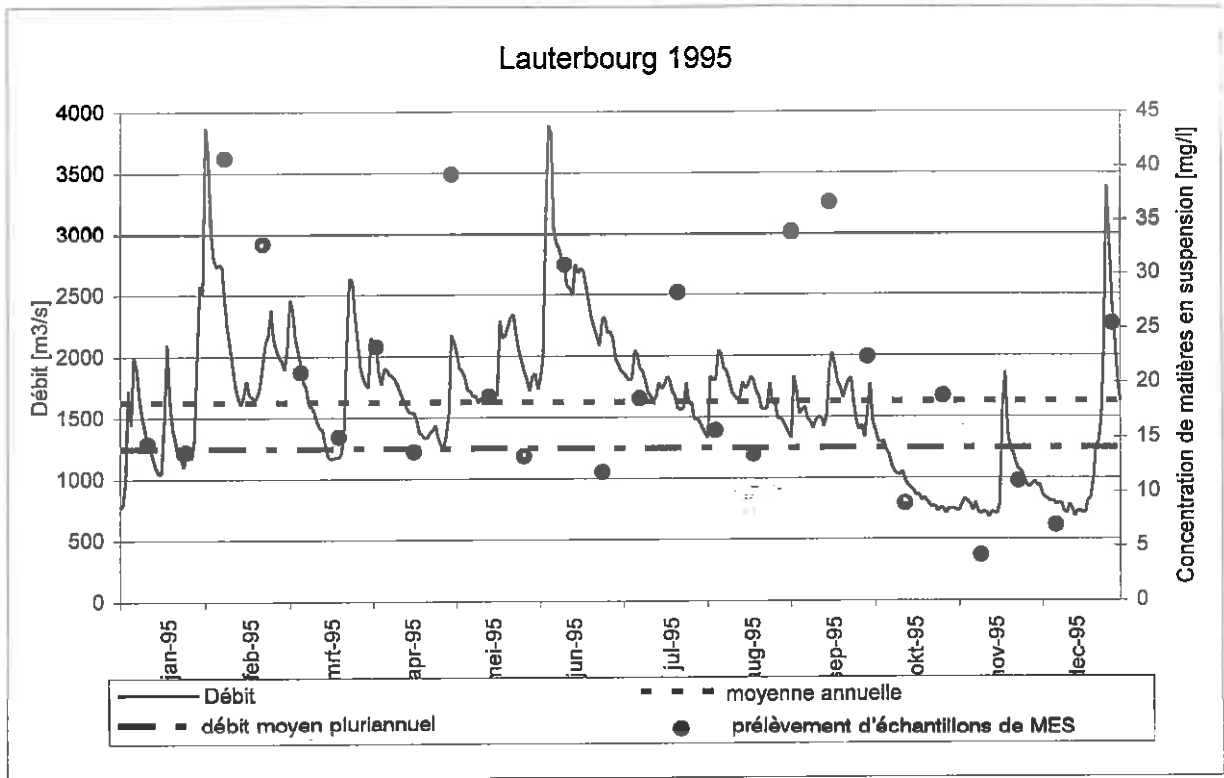
Annexe 2c: Hydrogrammes et concentrations des matières en suspension observés lors du prélèvement



Annexe 2c: Hydrogrammes et concentrations des matières en suspension observés lors du prélèvement



Annexe 2c: Hydrogrammes et concentrations des matières en suspension observés lors du prélèvement



Annexe 3: Teneurs en substances nuisibles dans les matières en suspension 1995

Matières en suspension en mg/l

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	21	24	13	26	13
Min	5,1	2,2	4,1	9,8	15,0	14	11	13	2,5
M		13,3	20,5	25,9	34,8	35	30	70	22,9
50-P.	6,8	7,3	18,6	19,1	25,5	25	21	48	8,2
90-P.		24,2	36,5	35,8	64,4	70	71	149	59,4
Max	16,4	97,0	40,7	106,0	92,8	140	73	200	107,0

Carbone organique (COT) en %

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	20	26	6	25	12
Min	1,6	3,2	2,5	2,5	1,5	3	4	3	3,6
M		5,7	5,0	3,7	4,2	5	5	4	5,7
50-P.	2,1	4,9	4,9	3,4	4,1	5	5	4	5,1
90-P.		9,1	6,7	4,6	5,7	6		5	9,0
Max	3,5	9,3	8,0	6,4	6,5	9	7	5	10,7

Phosphore total (P) en g/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25		25	22	26	6	25	12
Min	0,6	0,3		1,3	0,6	1	2	2	1,5
M		1,1		1,8	1,7	2	3	2	2,4
50-P.	0,7	1,0		1,6	1,8	2	2	2	2,4
90-P.		1,7		2,1	2,2	4		2	3,5
Max	1,1	2,0		3,0	2,8	5	4	4	4,3

Mercure (Hg) en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	1	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	0,12	0,16	0,15	0,10	0,12	0,30	0,44	0,11	0,09
M		0,33	0,34	0,21	0,49	0,63	1,3	0,85	0,18
50-P.		0,25	0,34	0,18	0,44	0,53	0,65	0,86	0,15
90-P.		0,71	0,55	0,36	0,80	0,99		1,1	0,27
Max	0,12	0,87	0,97	0,48	0,99	1,5	3,3	1,3	0,29

Cadmium (Cd) en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	< 0,1	0,43	0,2	0,47	0,48	0,8	1,6	1,9	0,65
M		0,57	0,7	0,82	1,14	1,6	2,2	2,7	1,39
50-P.	0,1	0,57	0,6	0,82	0,98	1,5	1,8	2,7	1,30
90-P.		0,70	1,0	1,10	1,70	2,5		3,2	1,83
Max	0,2	0,76	2,3	1,12	2,60	2,7	4,2	3,7	1,94

Annexe 3: Teneurs en substances nuisibles dans les matières en suspension 1995

Plomb (Pb) en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	14	26	20	41	35	36	65	69	79
M		39	64	55	75	83	88	86	117
50-P.	18	36	67	55	75	81	75	86	118
90-P.		54	85	64	103	120		102	144
Max	25	66	93	66	140	128	145	115	184

Zinc (Zn) en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	120	153	120	206	170	186	388	321	384
M		200	202	262	389	417	470	392	556
50-P.	125	190	187	264	360	397	416	387	581
90-P.		248	259	305	523	554		426	666
Max	150	286	370	319	760	570	654	610	668

Cuivre (Cu) en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	12
Min	20	41	36	52	24	36	52	48	45
M		53	53	71	63	66	67	61	62
50-P.	25	48	51	65	65	64	57	59	60
90-P.		77	67	89	86	86		74	76
Max	45	100	75	129	110	92	102	86	77

Nickel (Ni) en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	20	31	27	46	25	33	37	30	60
M		38	45	51	48	47	44	38	66
50-P.	40	37	44	51	47	46	42	37	65
90-P.		45	53	55	60	54		43	73
Max	45	50	86	56	70	61	51	55	75

Chrome (Cr) en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26	6	25	13
Min	25	45	49	49	35	50	63	67	45
M		59	77	58	69	77	77	84	63
50-P.	35	60	73	56	66	77	68	83	63
90-P.		66	100	68	93	95		95	73
Max	40	72	160	70	120	100	116	104	80

Annexe 3: Teneurs en substances nuisibles dans les matières en suspension 1995

Arsenic (As) en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N		25	26	25	22	26		25	13
Min		6.5	6.4	13	7.6	12		14	17
M		11.7	15.8	16	15.7	18		18	18
50-P.		11.9	14.3	16	16.0	17		18	18
90-P.		16.8	24.0	18	20.3	24		21	20
Max		19.5	29.2	19	26.0	25		22	20

Hexachlorobenzène en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	22	26	6	25	13
Min	1	< 1	8	3	9	8	11	4	< 1
M		6	46	27	26	16	14	7	< 1
50-P.	2	3	20	18	22	15	14	7	1
90-P.		16	130	59	51	26		9	1
Max	2	19	156	81	64	28	15	13	3

PCB 28 en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	18	26	5	25	13
Min	2	< 1	< 1	< 1	2	3	5	6	< 1
M		1	2	3	7	6	8	10	2
50-P.	3	< 1	2	2	5	6	6	10	2
90-P.		2	4	4	10	9		12	2
Max	4	3	5	6	22	10	13	18	2

PCB 52 en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	19	26	5	25	13
Min	6	< 1	< 1	< 1	2	3	4	4	2
M		2	3	2	7	5	5	6	2
50-P.	7	< 1	3	2	6	5	5	6	2
90-P.		3	4	4	12	7		8	3
Max	9	7	5	5	24	10	7	9	3

PCB 101 en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	18	26	5	25	13
Min	3	< 1	2	3	6	4	6	6	4
M		1	5	6	15	7	8	8	6
50-P.	4	1	5	5	9	7	7	8	6
90-P.		3	7	10	40	10		11	7
Max	10	5	10	13	52	13	10	11	7

Annexe 3: Teneurs en substances nuisibles dans les matières en suspension 1995

PCB 118 en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	19	26	5	25	13
Min	1	< 1	3	2	4	3	4	4	3
M		1	7	4	6	6	6	6	5
50-P.	1	1	6	3	5	5	6	6	5
90-P.		3	11	7	10	8		10	6
Max	2	4	19	8	14	9	9	11	7

PCB 138 en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	19	26	5	25	13
Min	3	< 1	2	4	7	7	8	6	8
M		2	7	8	15	11	11	10	11
50-P.	3	2	6	7	11	10	11	9	10
90-P.		3	11	16	30	15		13	14
Max	4	5	17	17	53	18	14	14	16

PCB 153 en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	19	26	5	25	13
Min	2	< 1	1	5	10	7	8	7	10
M		4	4	10	19	11	11	11	16
50-P.	3	3	3	8	14	10	11	10	15
90-P.		6	6	19	45	15		13	22
Max	5	7	11	21	72	18	15	16	24

PCB 180 en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	19	26	5	25	13
Min	1	< 1	2	2	< 1	4	5	4	6
M		2	4	5	9	7	7	6	8
50-P.	1	2	3	4	6	6	7	6	8
90-P.		3	5	8	22	10		8	11
Max	4	5	6	10	42	12	10	9	16

Fluoranthène en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	26	6	21	13
Min	0.40	< 0,1	0.29	0.35	0.31	0.3	0.6	0.3	1.15
M		0.30	0.45	0.67	0.90	1.0	1.0	0.7	1.71
50-P.	0.59	0.30	0.45	0.58	0.73	0.9	1.0	0.7	1.74
90-P.		0.50	0.63	0.95	1.51	1.6		0.9	1.98
Max	0.64	1.30	0.76	1.05	2.50	1.6	1.5	0.9	2.07

Annexe 3: Teneurs en substances nuisibles dans les matières en suspension 1995

Benzo(b)fluoranthène en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	26	6	21	13
Min	0.12	< 0,10	0.14	0.24	0.17	0.2	0.4	0.2	0.69
M		0.29	0.28	0.42	0.48	0.5	0.6	0.4	1.09
50-P.	0.14	0.23	0.27	0.39	0.48	0.5	0.6	0.4	1.09
90-P.		0.52	0.39	0.55	0.69	0.7		0.5	1.27
Max	0.16	1.00	0.50	0.62	0.81	1.1	0.7	0.6	1.29

Benzo(k)fluoranthène en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	26	6	21	13
Min	0.05	0.06	0.10	0.12	0.07	< 0,1	0.2	< 0,1	0.35
M		0.15	0.16	0.20	0.24	0.2	0.3	0.2	0.54
50-P.	0.07	0.12	0.15	0.18	0.23	0.2	0.3	0.2	0.54
90-P.		0.27	0.22	0.28	0.34	0.4		0.2	0.63
Max	0.07	0.55	0.26	0.31	0.38	0.4	0.4	0.3	0.64

Benzo(a)pyrène en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	26	6	21	13
Min	0.12	< 0,1	0.12	0.22	0.13	0.2	0.4	0.2	0.64
M		0.23	0.24	0.40	0.39	0.5	0.5	0.3	1.22
50-P.	0.14	0.20	0.23	0.35	0.41	0.4	0.5	0.3	1.17
90-P.		0.43	0.33	0.57	0.55	0.7		0.4	1.47
Max	0.16	0.73	0.41	0.70	0.60	0.9	0.7	0.5	1.64

Benzo(ghi)pérylène en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	25	6	21	13
Min	0.09	< 0,1	0.12	0.23	0.11	< 0,1	0.2	< 0,1	0.53
M		0.21	0.24	0.37	0.38	0.3	0.4	0.3	0.92
50-P.	0.10	0.20	0.25	0.34	0.42	0.4	0.4	0.3	0.95
90-P.		0.34	0.33	0.48	0.54	0.5		0.4	1.10
Max	0.12	0.80	0.39	0.61	0.56	0.7	0.5	0.4	1.11

Indéno(1,2,3-cd)pyrène en mg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	13	26	6	21	13
Min	< 0,2	< 0,10	0.12	0.21	0.12	< 0,1	0.3	< 0,1	0.54
M		< 0,20	0.21	0.32	0.34	0.4	0.5	0.3	0.82
50-P.	< 0,2	< 0,20	0.19	0.31	0.35	0.4	0.4	0.4	0.84
90-P.		0.27	0.30	0.43	0.48	0.7		0.4	0.95
Max	< 0,2	0.52	0.37	0.44	0.49	0.8	0.8	0.5	1.03

Annexe 3: Teneurs en substances nuisibles dans les matières en suspension 1995

Composés de dibutylétain en µg Sn/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25			22				
Min	6.1	4.5			< 1				
M		33.5			4.2				
50-P.	10.0	23.5			3.7				
90-P.		62.2			6.9				
Max	31.0	139			14.9				

Composés de tributylétain en µg Sn/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25		20	22				
Min	2.3	0.6		2.2	1.6				
M		14.8		6.7	10.2				
50-P.	4.1	6.8		7.2	9.0				
90-P.		46.2		8.5	17.9				
Max	27.0	83		8.6	27.5				

Composés de triphénylétain en µg Sn/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25			22				
Min	< 0,5	< 0,5			< 0,68				
M		8.4			2.8				
50-P.	< 0,5	2.2			2.3				
90-P.		31.1			6.1				
Max	< 0,5	80.9			7.5				

Tétrabutylétain en µg Sn/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25		20	22				
Min	1.0	< 0,5		< 1,2	< 0,73				
M		1.4		< 1,2	< 0,73				
50-P.	2.4	< 0,5		< 1,2	< 0,73				
90-P.		1.8		< 1,2	< 0,73				
Max	7.7	21.8		< 1,2	< 0,73				

2,4'DDT en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	18	16	26	5	25	10
Min	< 1	< 1	< 1	< 1	< 2	< 1	< 1	< 1	< 1
M		< 1	< 1	< 1	< 2	< 1	< 1	< 1	3
50-P.	< 1	< 1	< 1	< 1	< 2	< 1	< 1	< 1	2
90-P.		< 1	< 1	2	< 2	< 1		< 1	
Max	< 1	1	< 1	2	< 2	3	< 1	< 1	5

Annexe 3: Teneurs en substances nuisibles dans les matières en suspension 1995

4,4'DDT en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	18	12	26	5	25	9
Min	< 1	< 1	< 1	2	< 2	< 1	< 1	< 1	7
M		< 1	1.8	6	3.2	3	2	2	12
50-P.	< 1	< 1	1.2	6	< 2	3	< 2	< 1	12
90-P.		< 1	4.1	8		5		3	
Max	< 1	2	6.3	9	18	6	4	7	17

2,4'DDD en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	24	26		13	26	5	25	
Min	< 1	< 1	< 1		< 2	< 1	< 1	< 1	
M		< 1	< 1		< 2	1	< 1	< 1	
50-P.	< 1	< 1	< 1		< 2	< 1	< 1	< 1	
90-P.		< 1	< 1		3.9	3		< 1	
Max	< 1	1	1.1		4.1	4	< 1	2	

4,4'DDD en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	16	26	6	25	13
Min	< 1	< 1	< 1	1	< 5	< 1	2	< 1	3
M		< 1	< 1	3	< 5	2	3	2	6
50-P.	< 1	< 1	< 1	3	< 5	2	2	2	6
90-P.		< 1	2.1	5	< 5	3		3	11
Max	< 1	3.1	2.9	8	< 5	4	7	4	12

2,4'DDE en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	16	26	5	25	13
Min	< 1	< 1	< 1	1	< 2	< 1	< 1	< 1	1
M		< 1	< 1	2	< 2	< 1	< 1	< 1	2
50-P.	< 1	< 1	< 1	1	< 2	< 1	< 1	< 1	2
90-P.		< 1	< 1	4	< 2	< 1		< 1	3
Max	< 1	1	< 1	4	< 2	< 1	< 1	< 1	3

4,4'DDE en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	23	13	26	5	25	13
Min	< 1	< 1	< 1	2	< 2	3	3	2	3
M		1	3	4	< 2	5	5	4	9
50-P.	1	1	3	3	< 2	5	5	4	7
90-P.		2	4	6	< 2	9		5	18
Max	1	4	10	7	2	10	7	6	20

Annexe 3: Teneurs en substances nuisibles dans les matières en suspension 1995

1,2,3-Trichlorobenzène en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	22	13		12	13
Min	< 1	< 1	< 2	1	2	< 1		< 1	< 1
M		< 1	5	3	6	2		1	< 1
50-P.	< 1	< 1	4	3	3	2		< 1	< 1
90-P.		1	9	4	13	4			1
Max	< 1	3	21	5	16	4		2	1

1,2,4-Trichlorobenzène en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	19	22	2		2	13
Min	< 1	< 1	< 2	7	4	7		22	< 1
M		2	25	14	25				3
50-P.	< 1	1	21	12	19				3
90-P.		5	52	21	71				5
Max	3	9	60	28	83	18		30	6

1,3,5-Trichlorobenzène en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	24	22	13		12	13
Min	< 1	< 1	< 2	1	3	2		6	< 1
M		< 1	5	6	8	5		9	< 1
50-P.	< 1	< 1	2	5	5	5		8	< 1
90-P.		< 1	14	13	20	9			2
Max	< 1	< 1	17	17	29	12		15	2

Hexachlorobutadiène en µg/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N			26			7	1	5	
Min			< 1			< 1	3	< 1	
M			< 1			1		1	
50-P.			< 1			1		< 1	
90-P.			2						
Max			3			3	3	2	

Fer (Fe) en g/kg

	Rekingen	Weil am Rh.	Lauterbourg	Koblenz	Bimmen	Lobith	Kampen	Maassluis	Mosel
N	4	25	26	25	22	26		13	12
Min	11.2	20.0	11.0	25.7	16	26		25	39.4
M		25.7	29.5	30.3	28	33		31	46.7
50-P.	17.1	25.5	28.9	29.7	29	33		30	46.9
90-P.		29.1	42.3	33.8	36	38		36	
Max	21.5	31.2	48.0	36.6	38	43		40	50.1

Annexe 4a: Matières en suspension et paramètres généraux

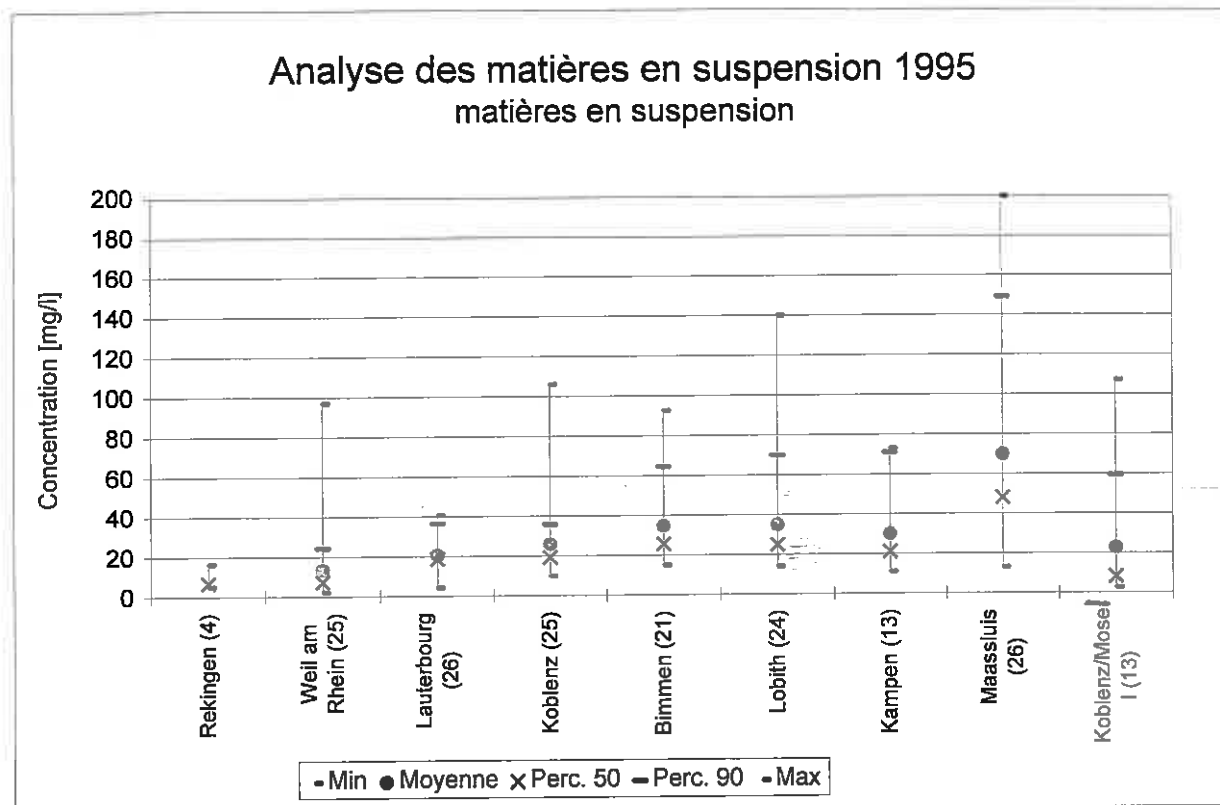


Figure 3.1a : Concentration de matières en suspension 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

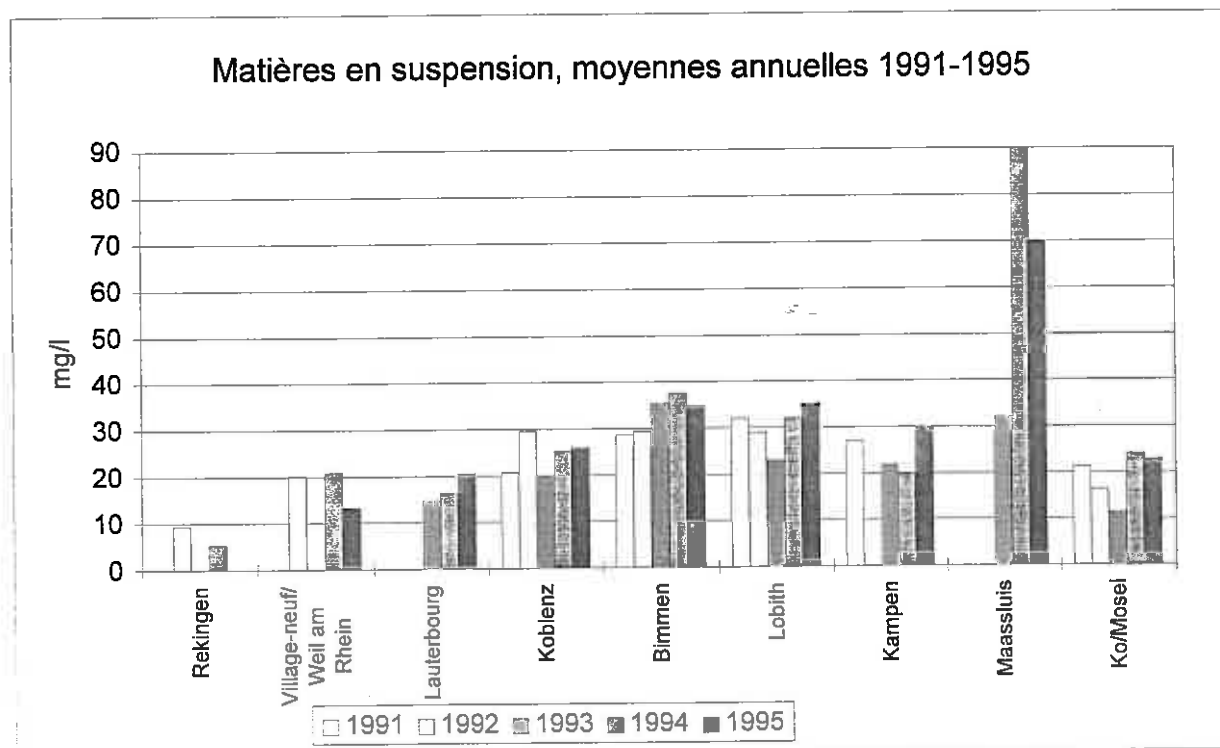


Figure 3.1b : Moyennes annuelles des concentrations de matières en suspension 1991 - 1995

Annexe 4a: Matières en suspension et paramètres généraux

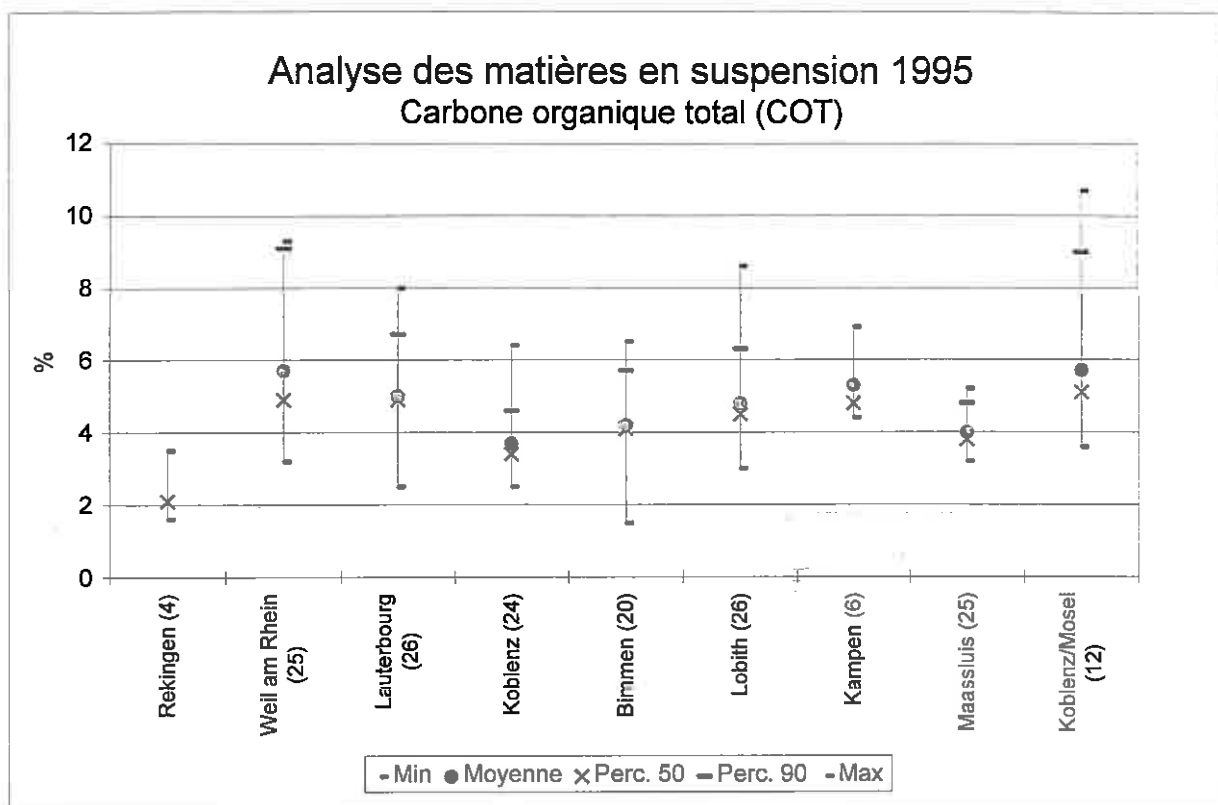


Figure 3.2a: Teneur en COT 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

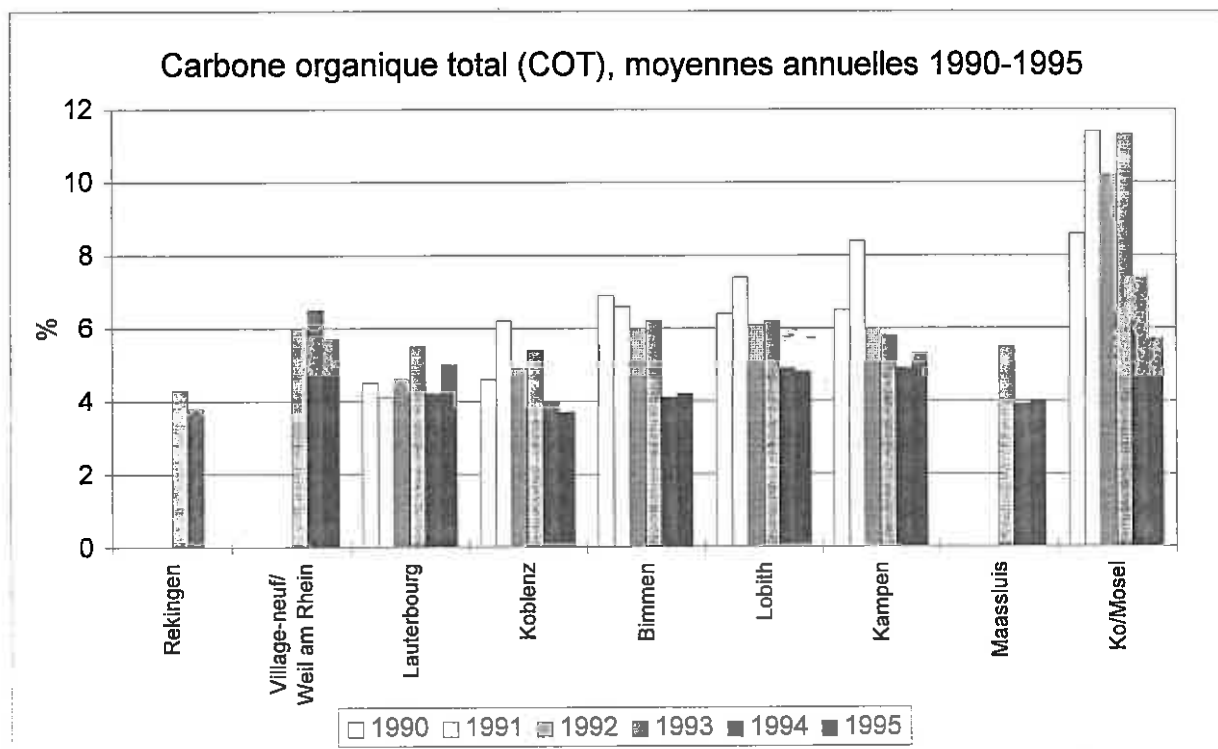


Figure 3.2b: Moyennes annuelles de la teneur en COT 1990-1995

Annexe 4a: Matières en suspension et paramètres généraux

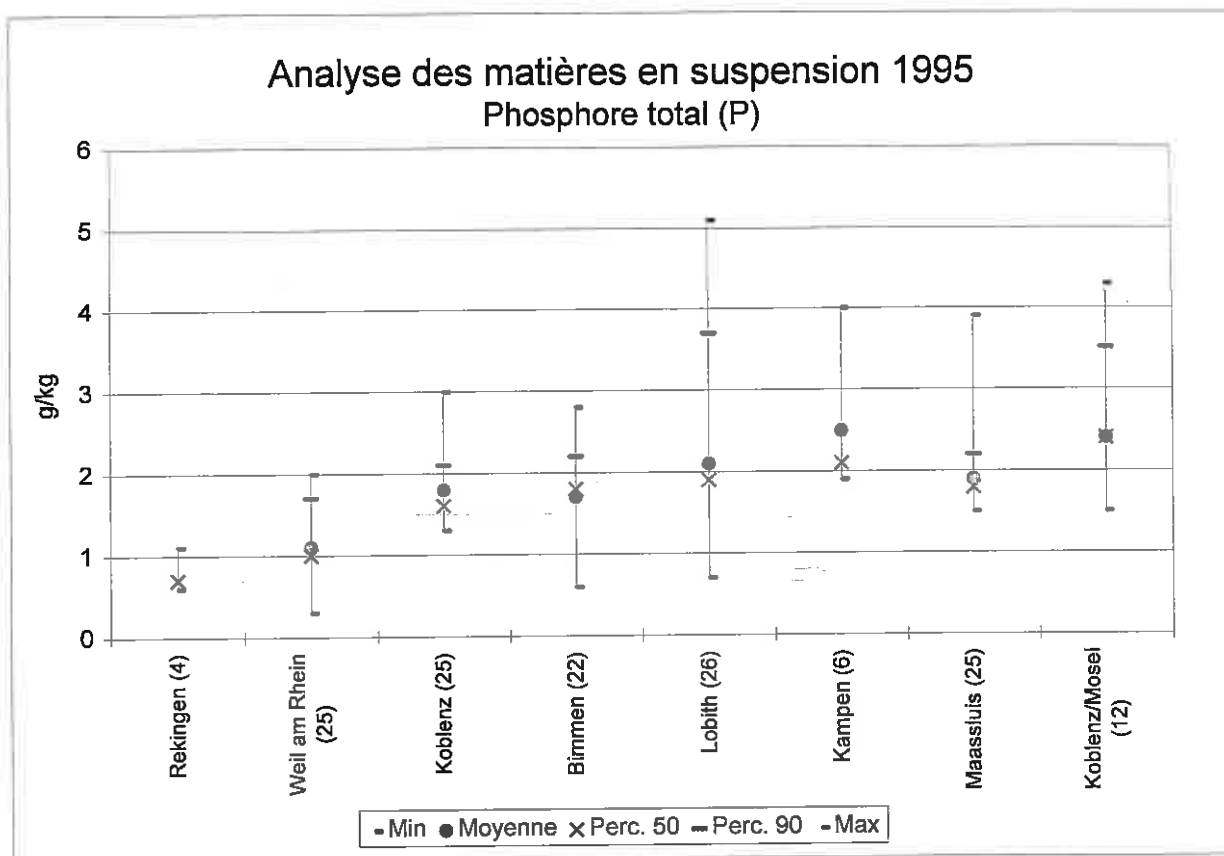


Figure 3.3a: Teneur en phosphore total 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

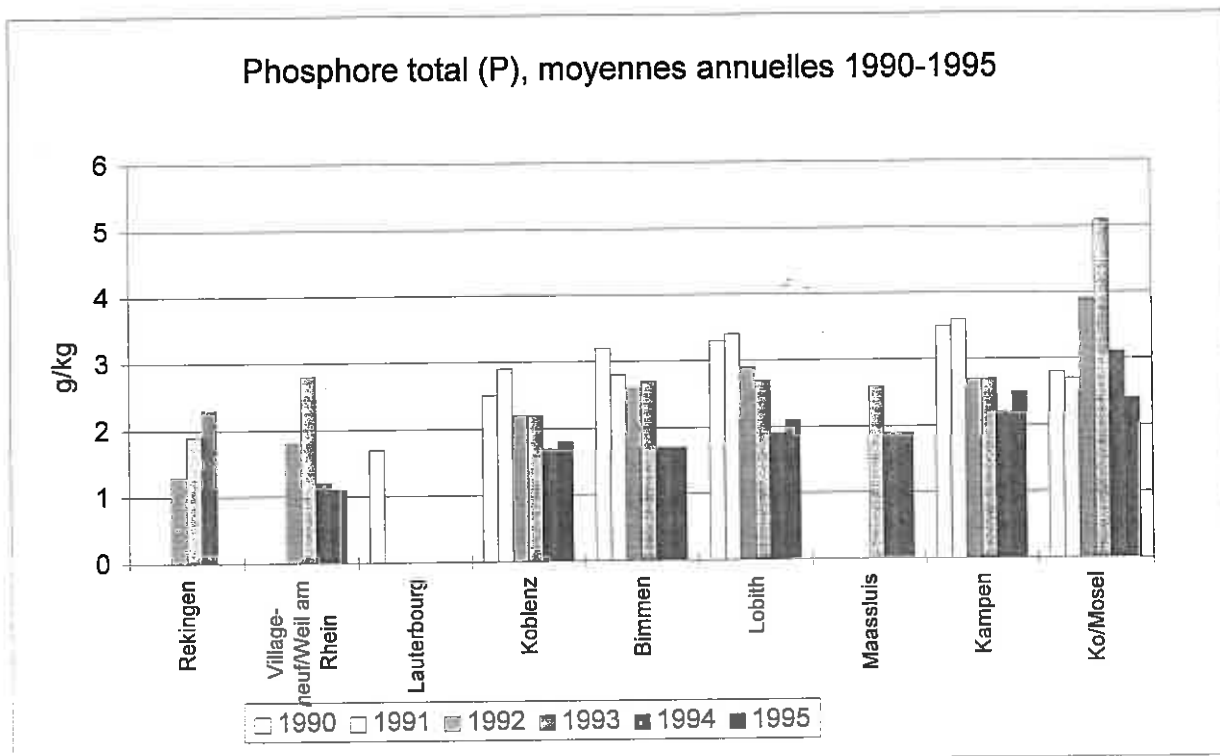


Figure 3.3b: Moyennes annuelles de la teneur en phosphore total 1990-1995

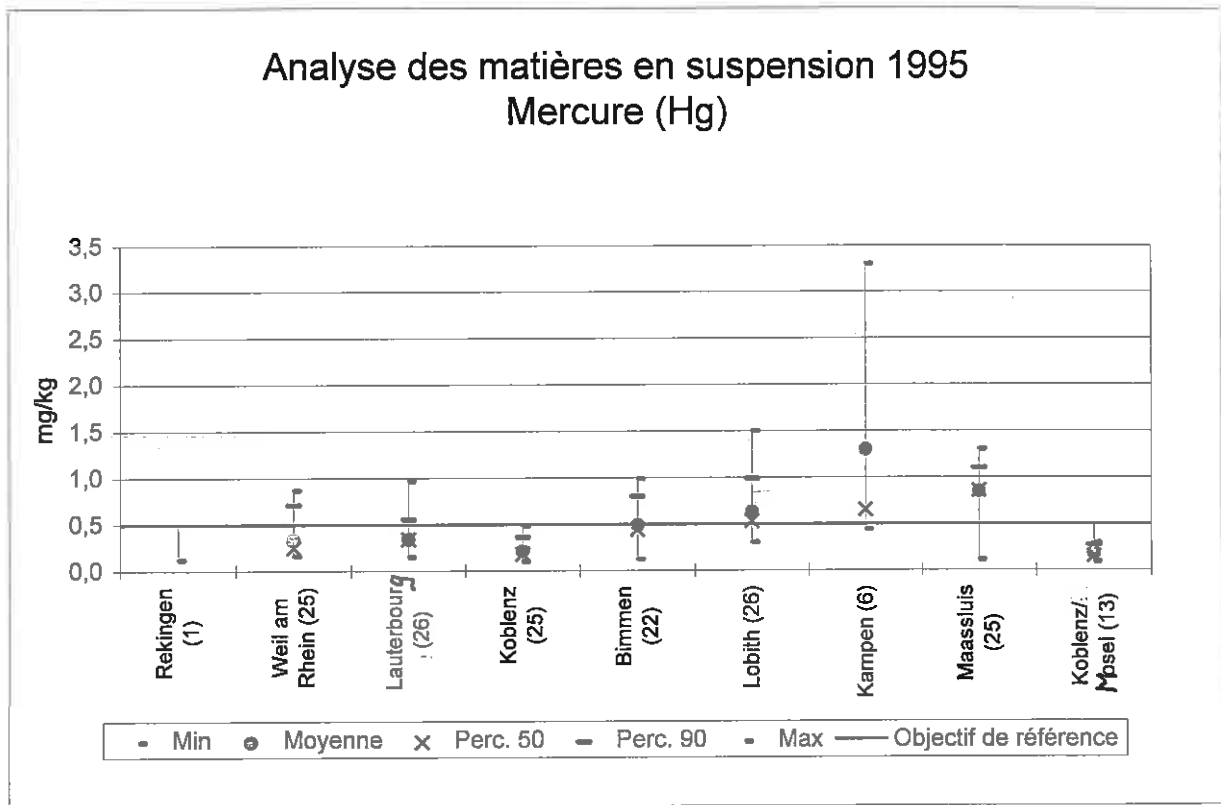


Figure 3.4a : Teneurs en mercure 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

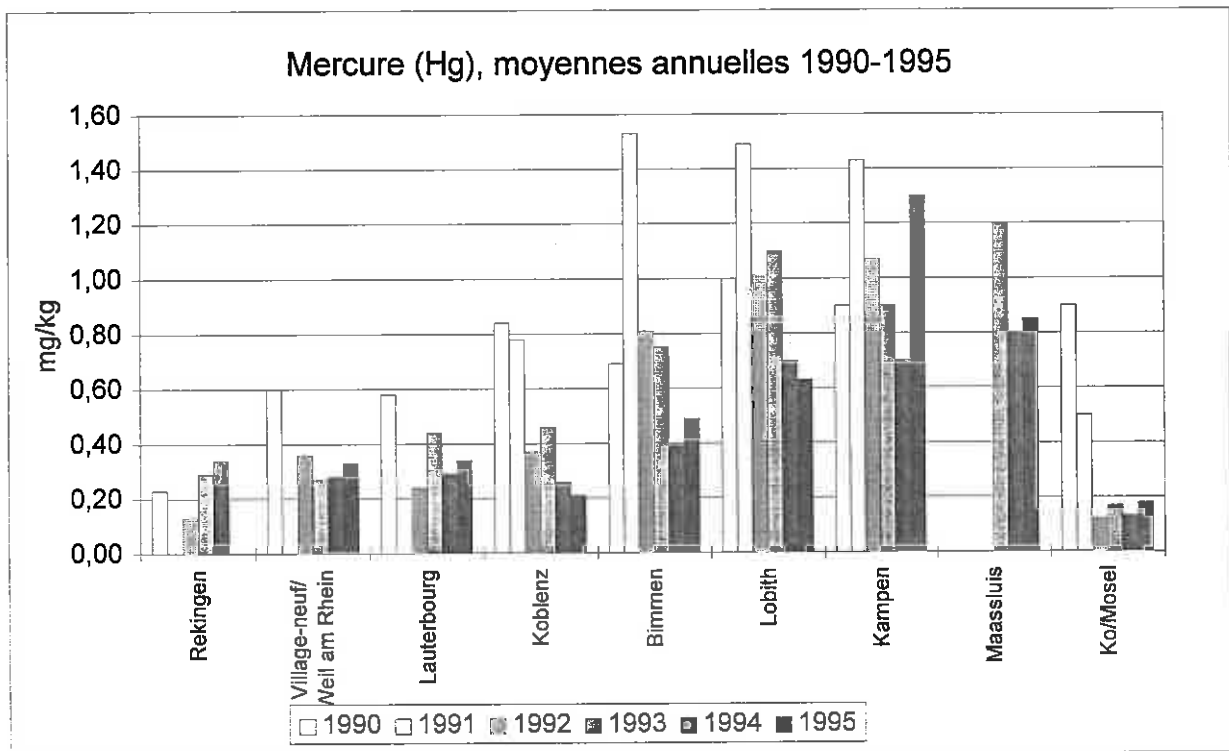


Figure 3.4b : Moyennes annuelles des teneurs en mercure 1990-1995

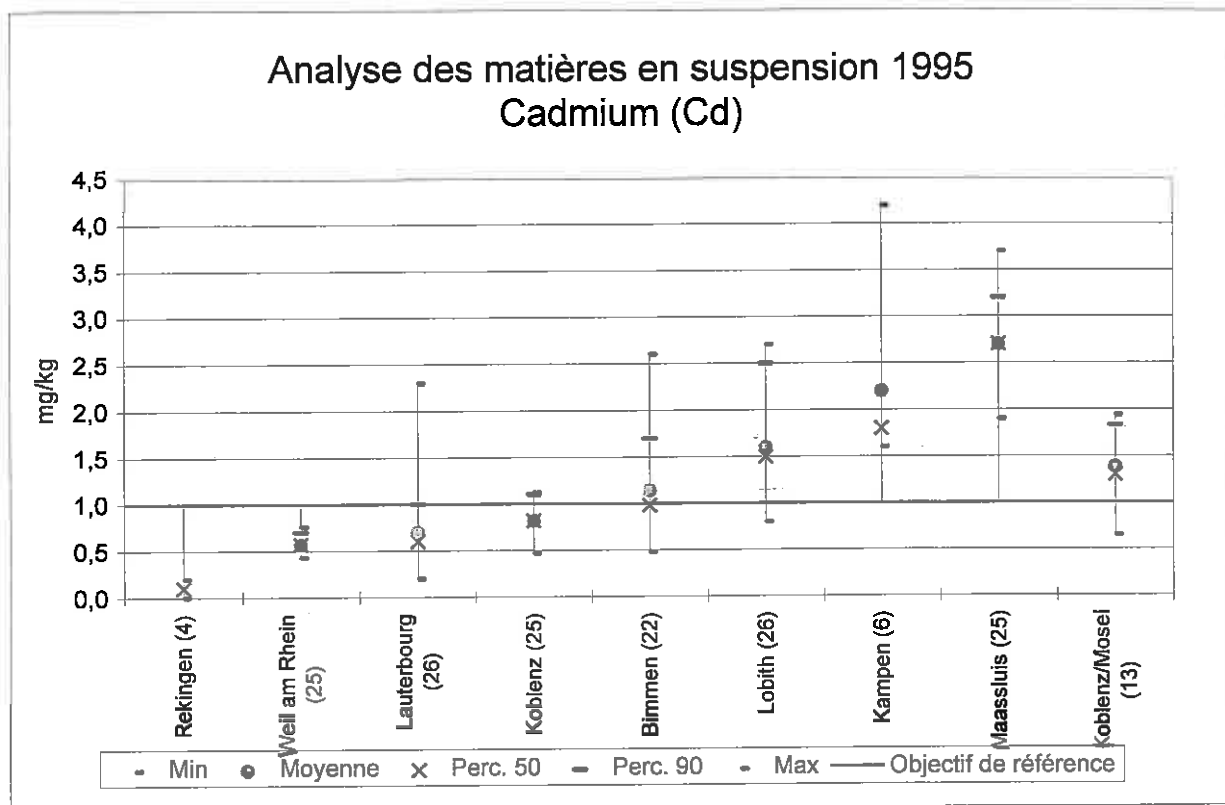


Figure 3.5a : Teneurs en cadmium 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

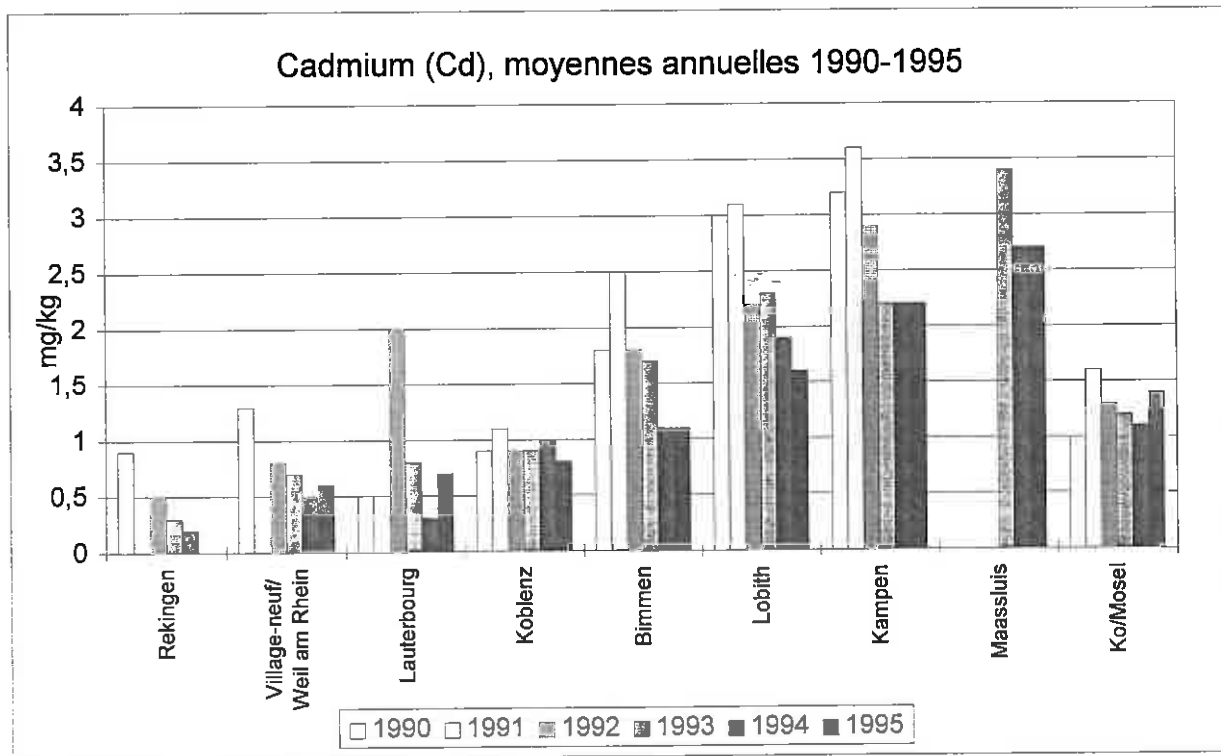


Figure 3.5b : Moyennes annuelles des teneurs en cadmium 1990-1995

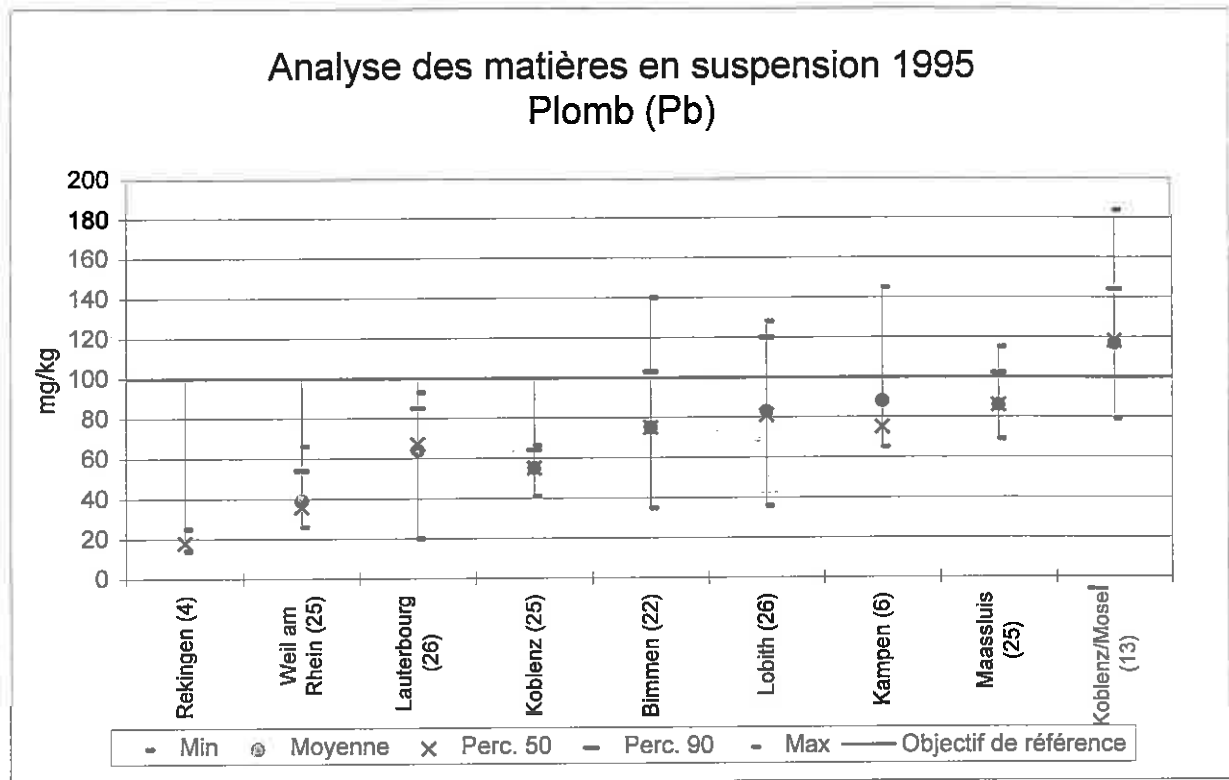


Figure 3.6a : Teneurs en plomb 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

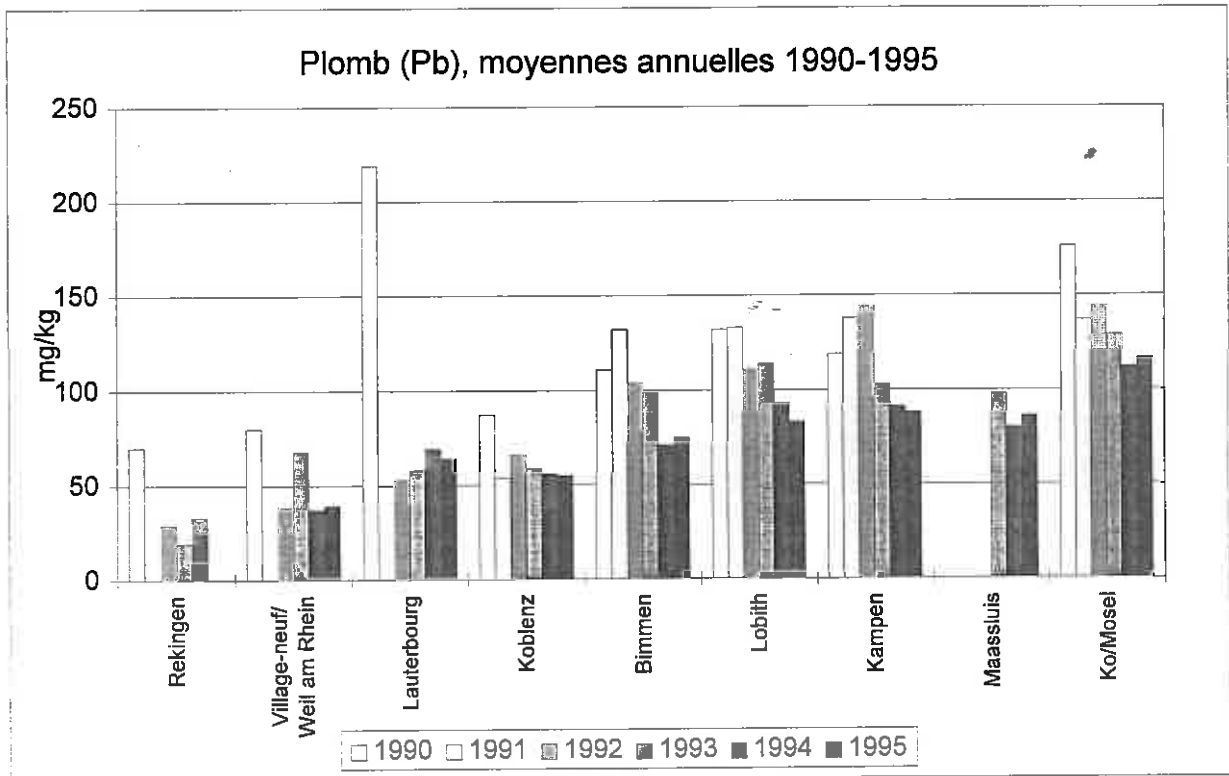


Figure 3.6b : Moyennes annuelles des teneurs en plomb 1990-1995

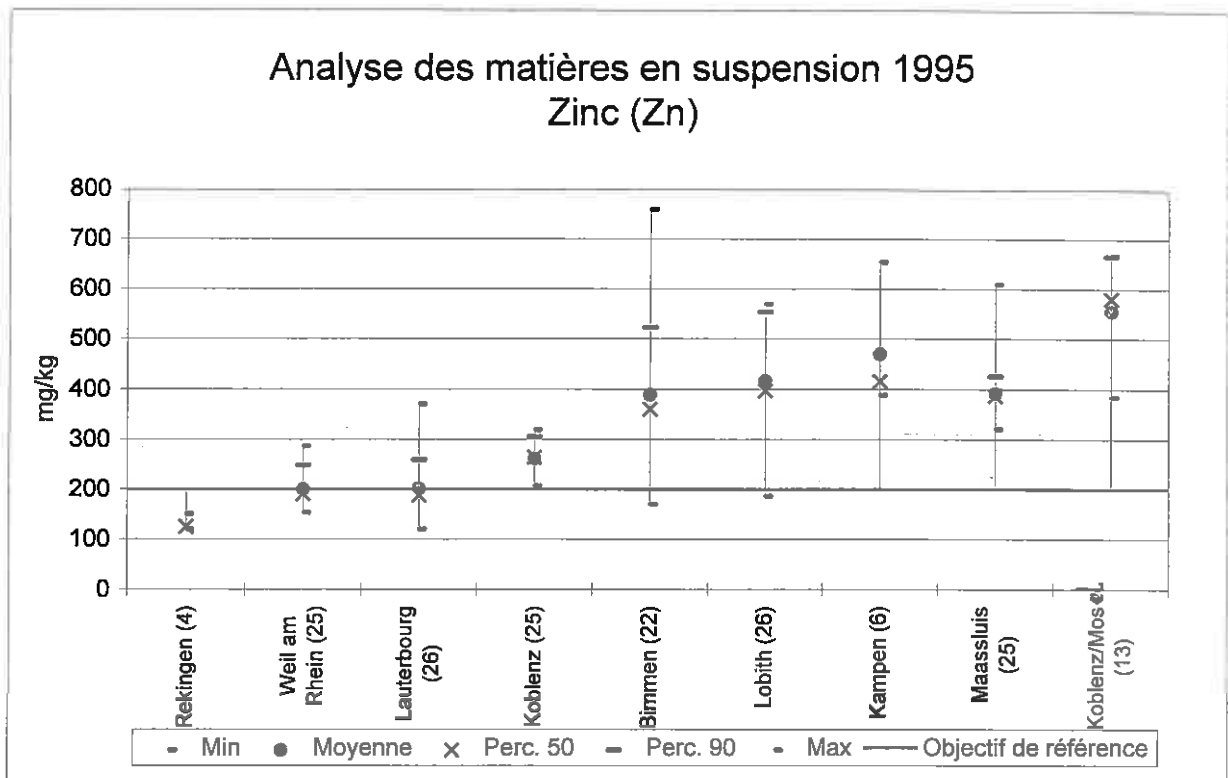


Figure 3.7a : Teneurs en zinc 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

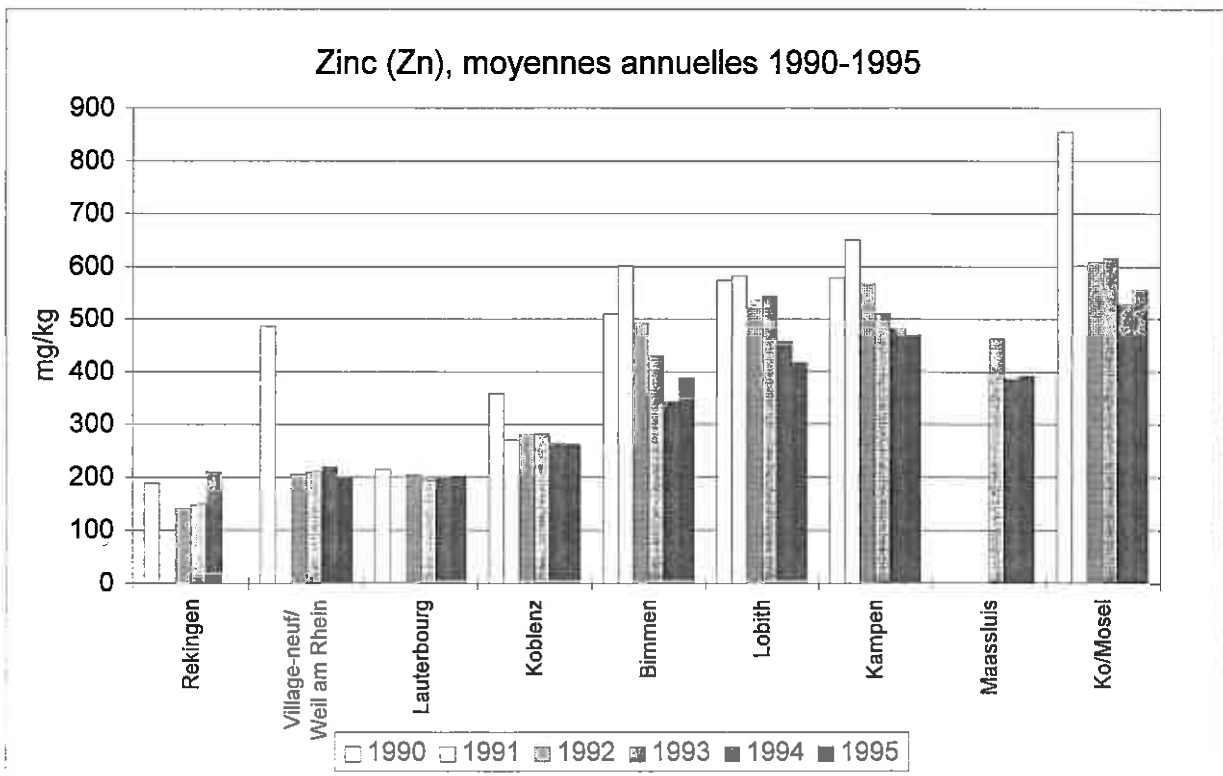


Figure 3.7b : Moyennes annuelles des teneurs en zinc 1990-1995

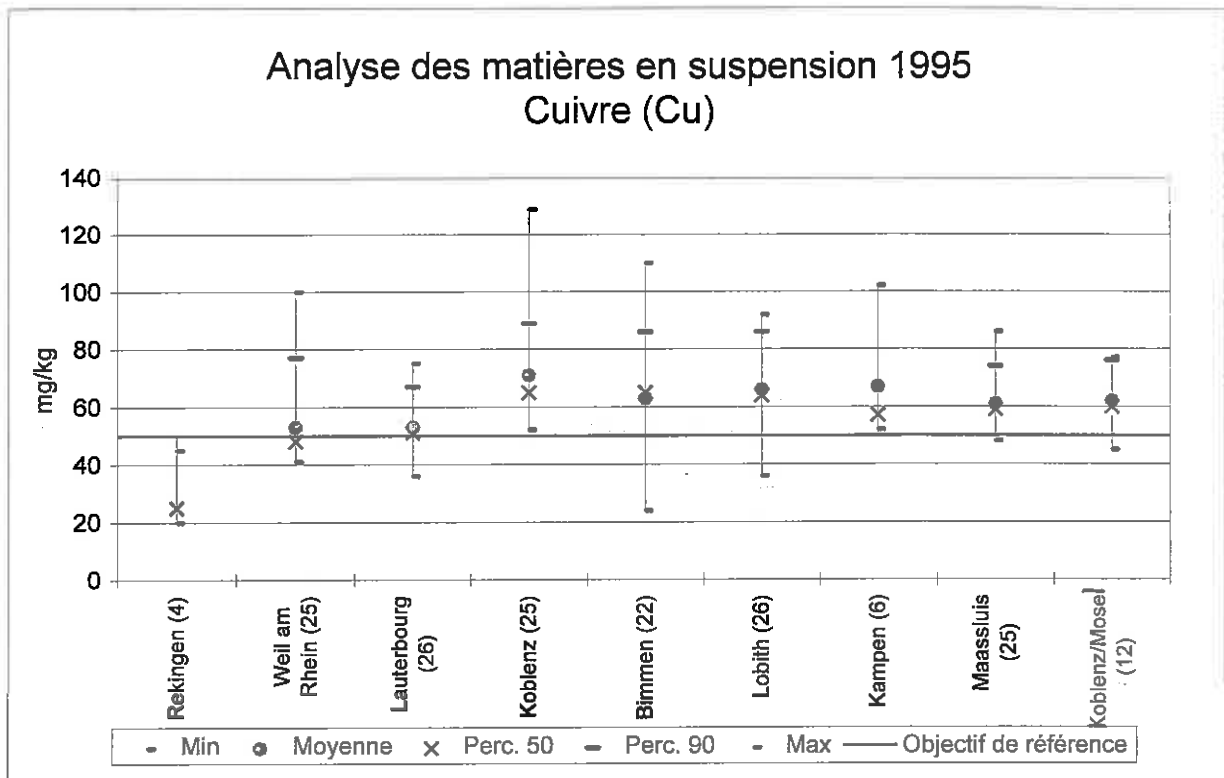


Figure 3.8a : Teneurs en cuivre 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

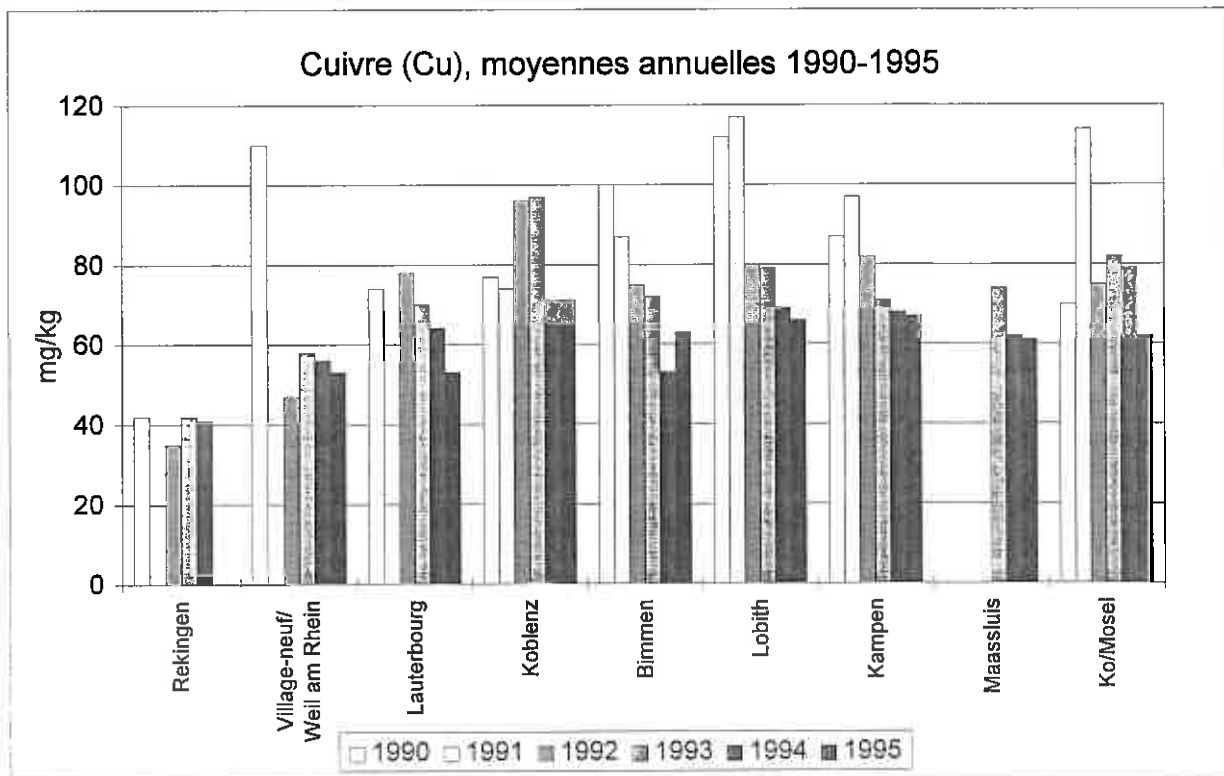


Figure 3.8b : Moyennes annuelles des teneurs en cuivre 1990-1995

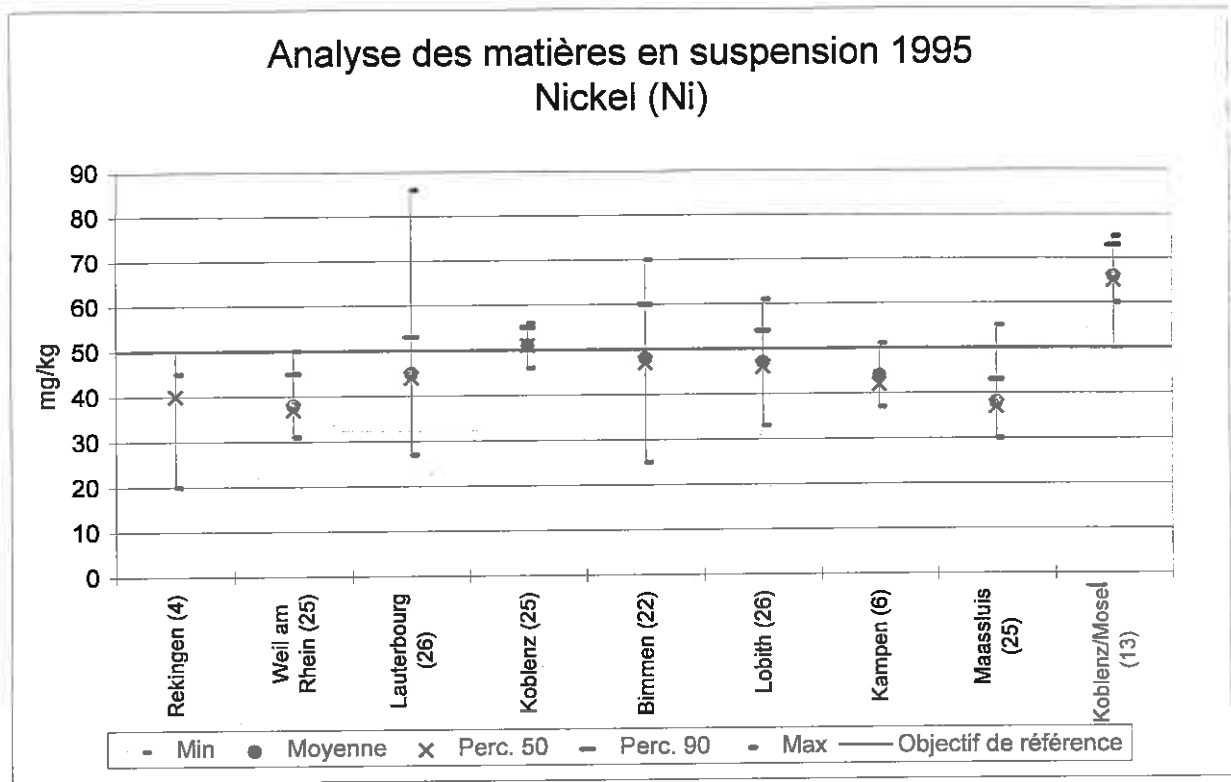


Figure 3.9a : Teneurs en nickel 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

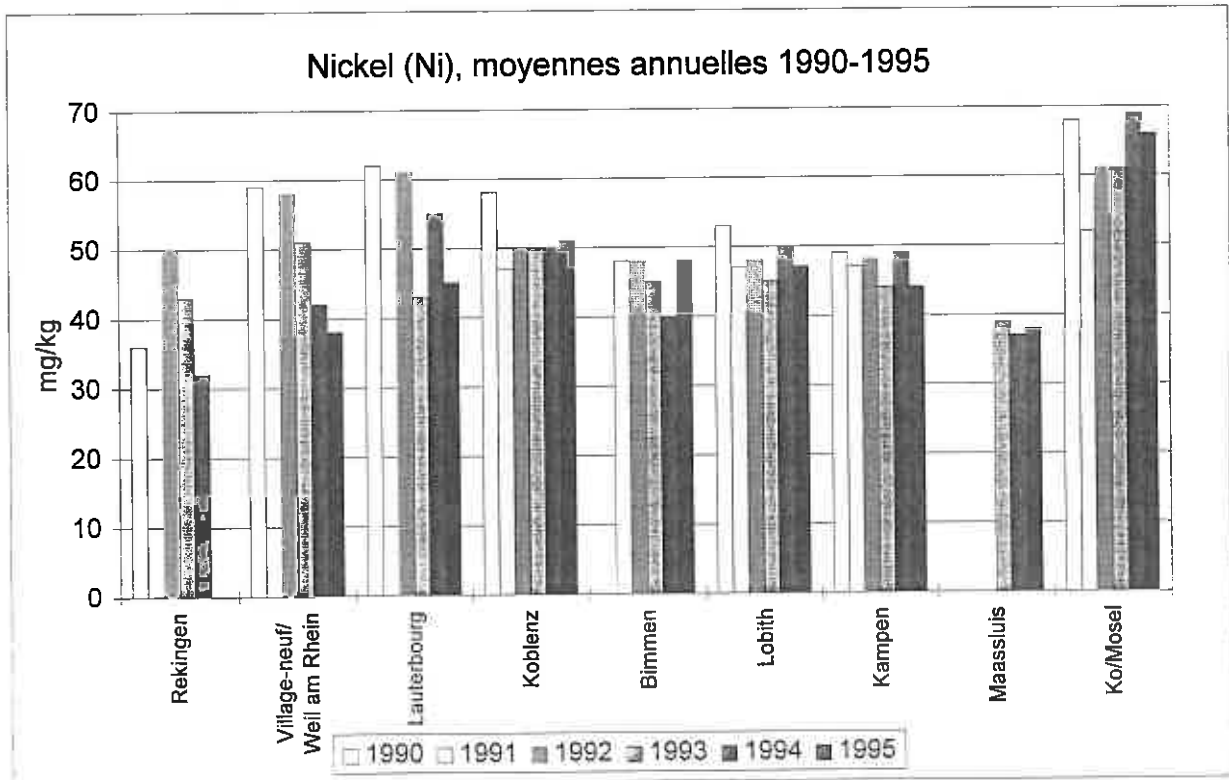


Figure 3.9b : Moyennes annuelles des teneurs en nickel 1990-1995

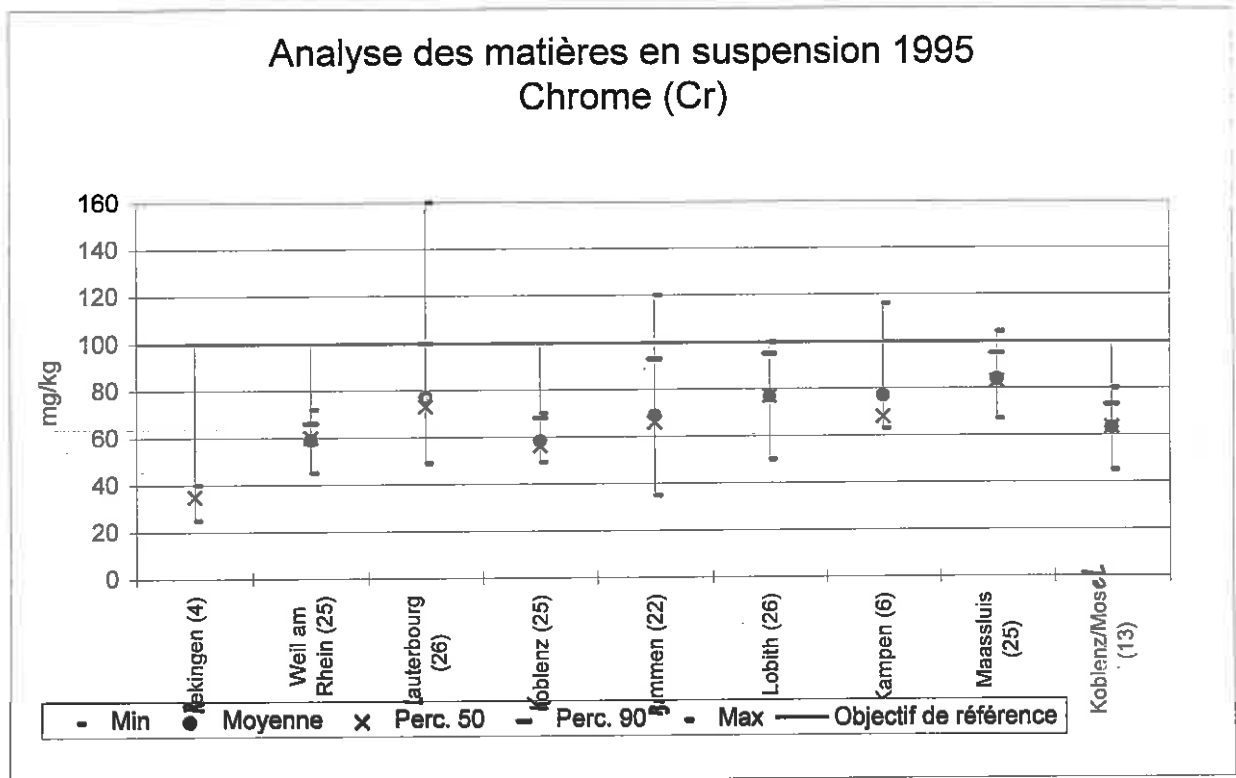


Figure 3.10a : Teneurs en chrome 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

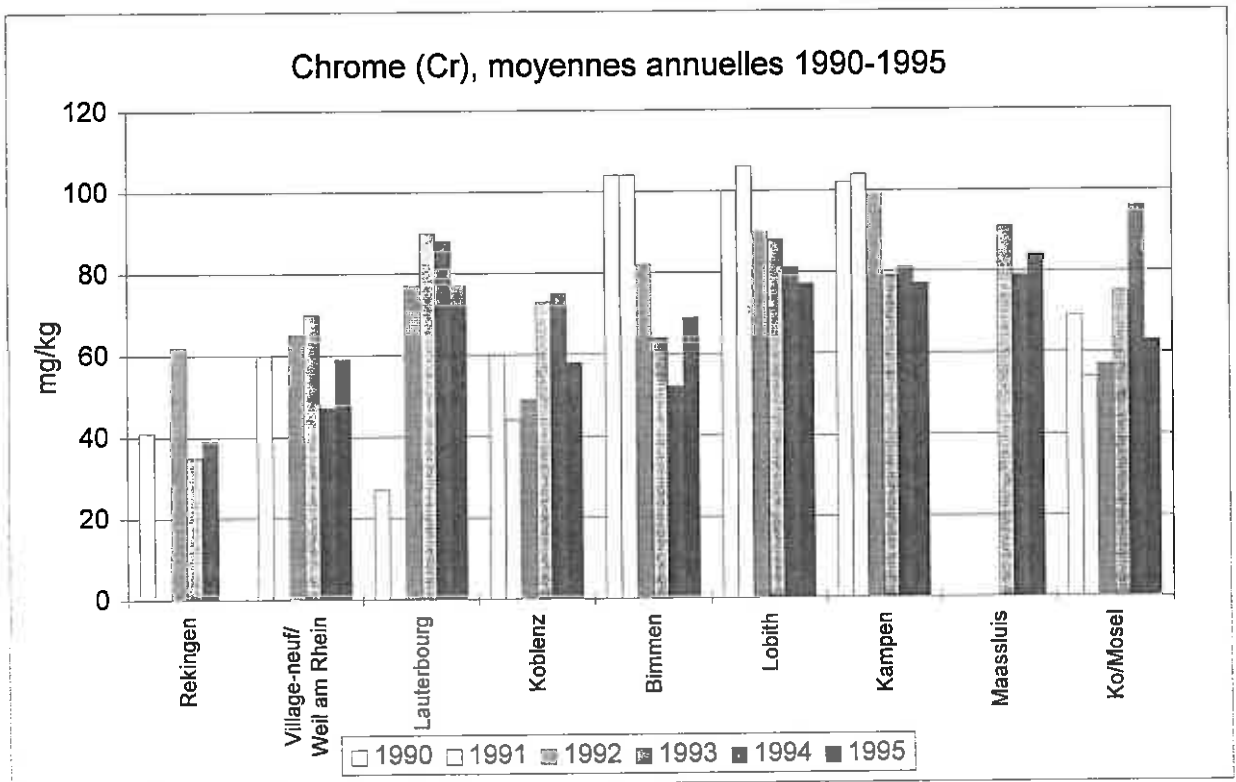


Figure 3.10b : Moyennes annuelles des teneurs en chrome 1990-1995

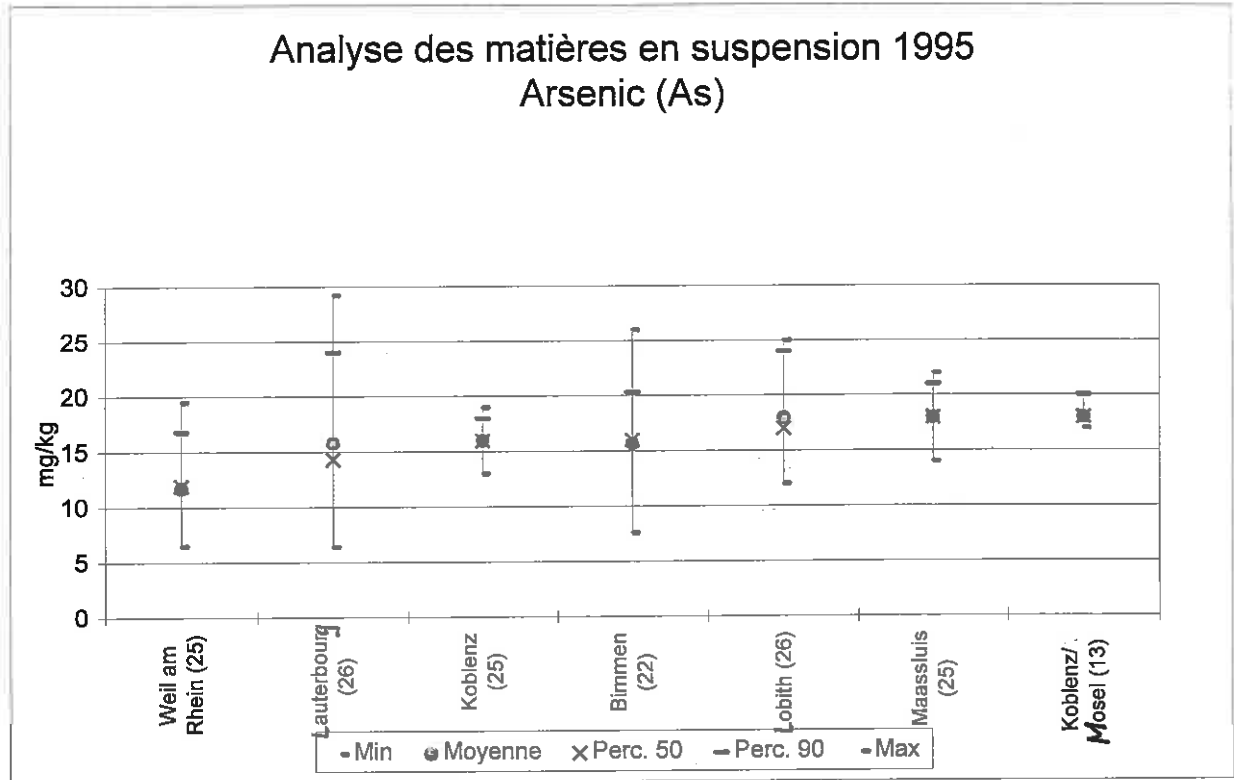


Figure 3.11a: Teneurs en arsenic 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées. Objectif de référence = 40 mg/kg

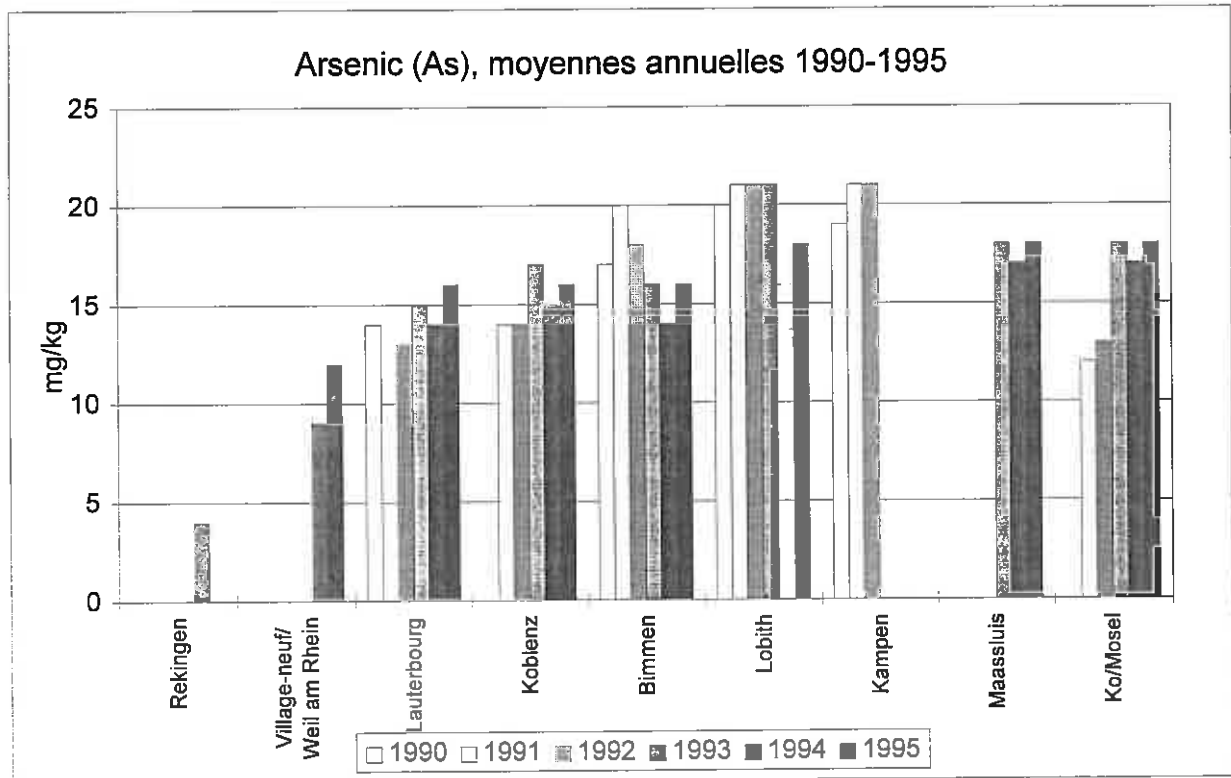


Figure 3.11b: Moyennes annuelles des teneurs en arsenic 1990-1995

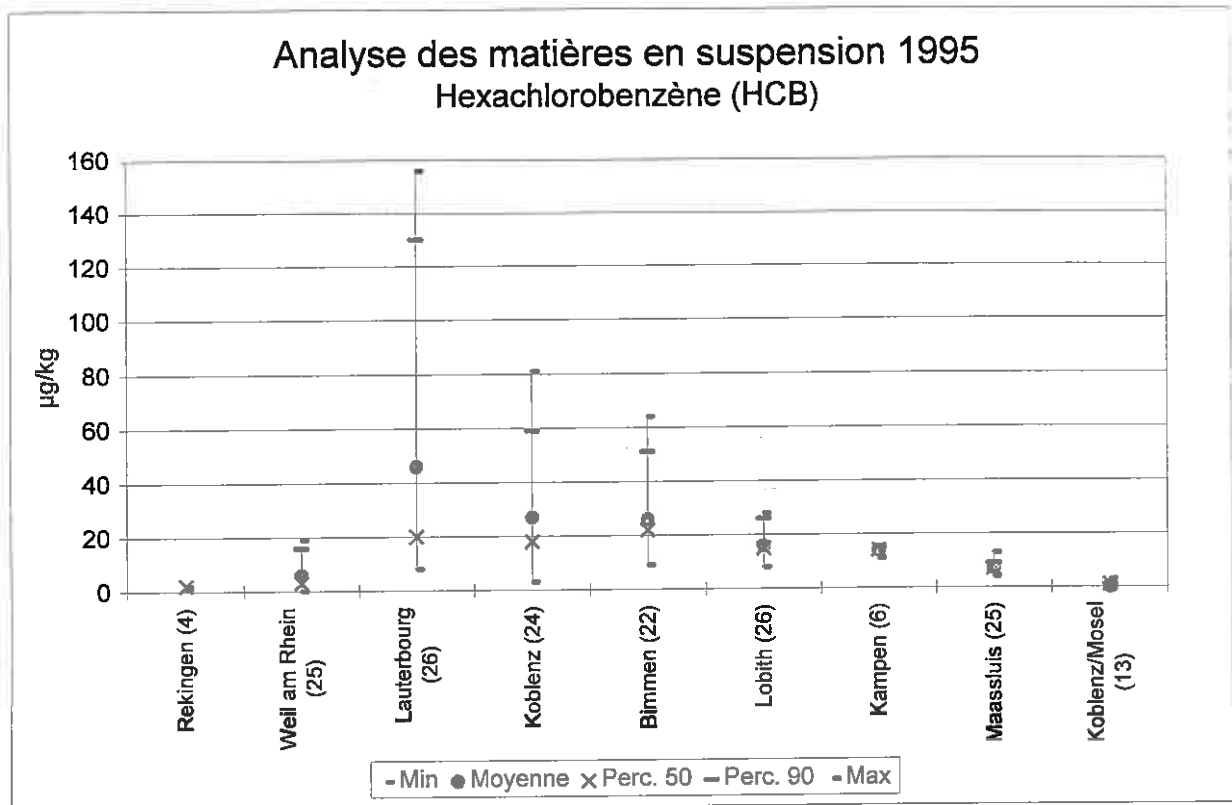


Figure 3.12a : Teneurs en HCB 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

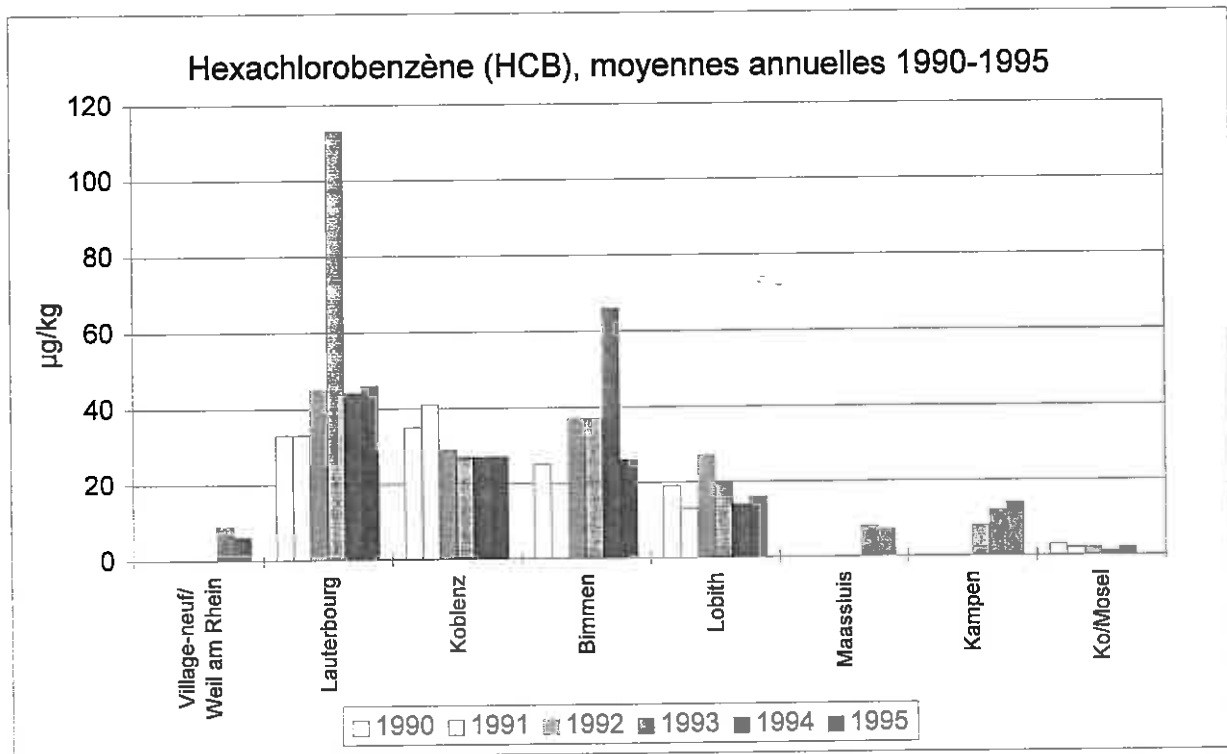


Figure 3.12b: Moyennes annuelles des teneurs en HCB 1990-1995

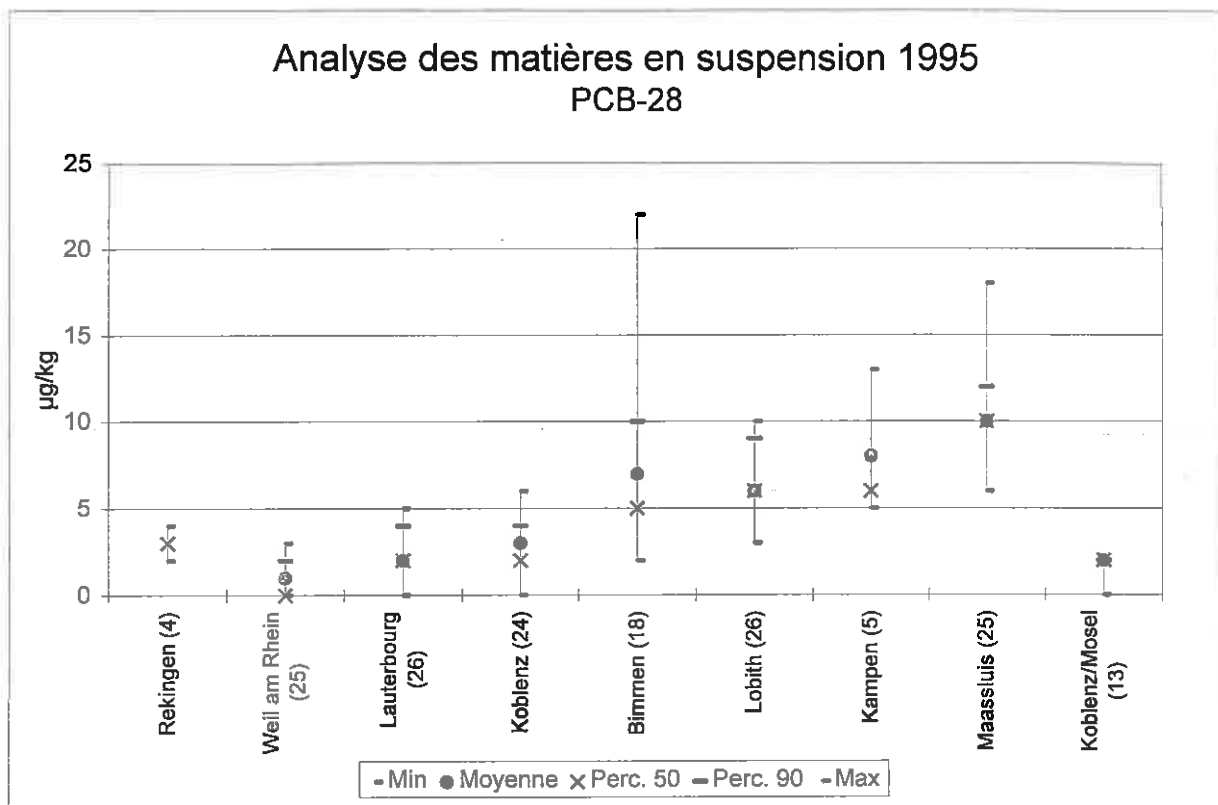


Figure 3.13a : Teneurs en PCB-28 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

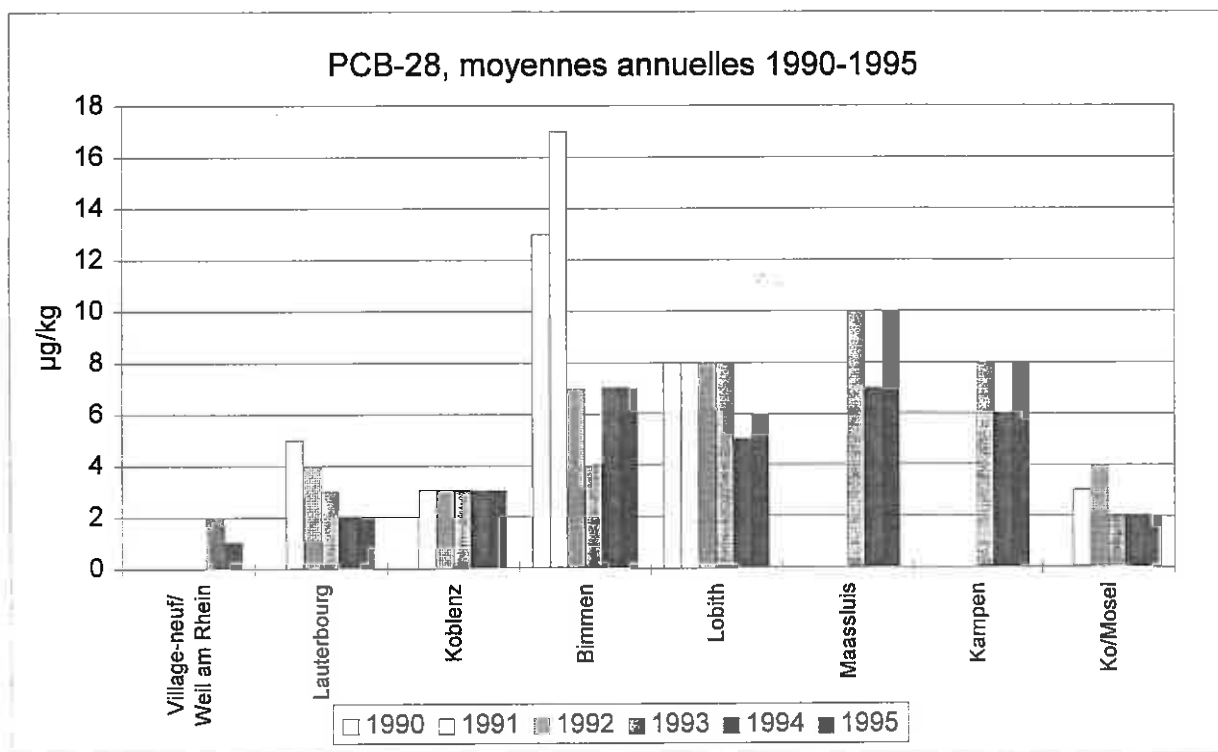


Figure 3.13b: Moyennes annuelles des teneurs en PCB-28 1990-1995

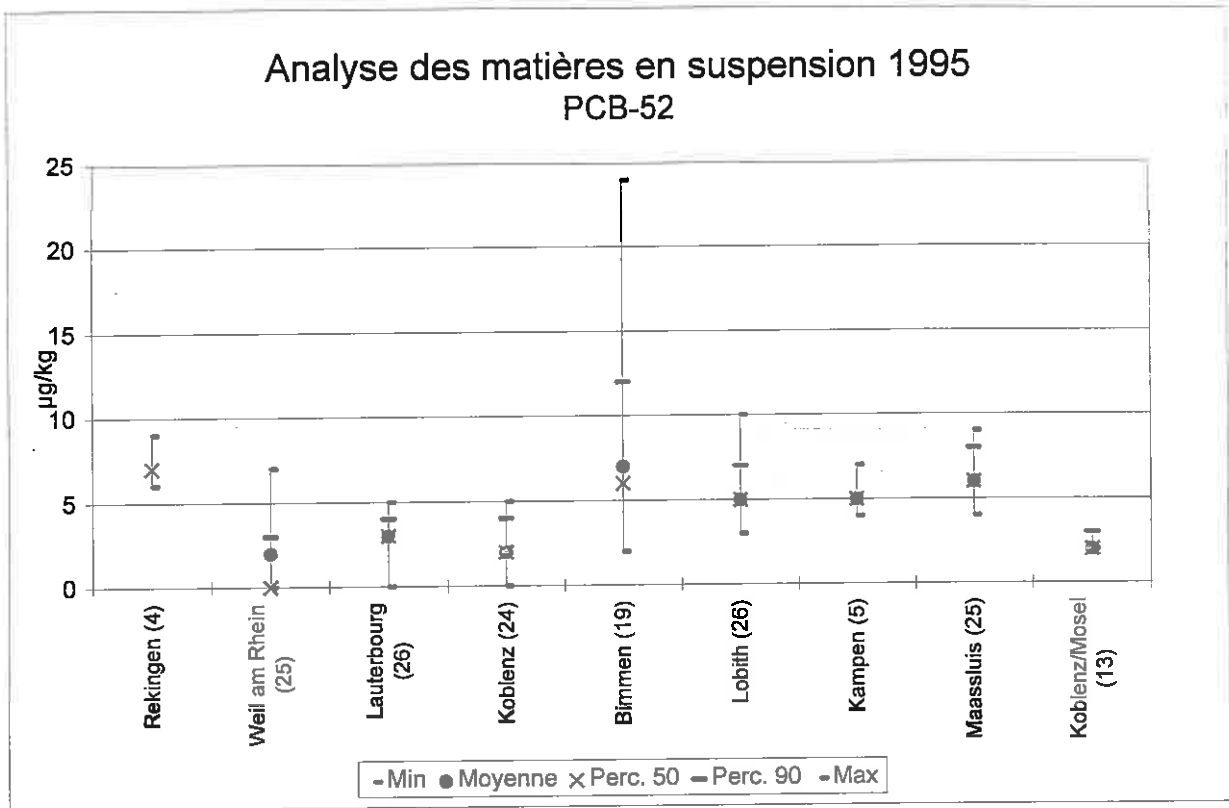


Figure 3.14a: Teneurs en PCB-52 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

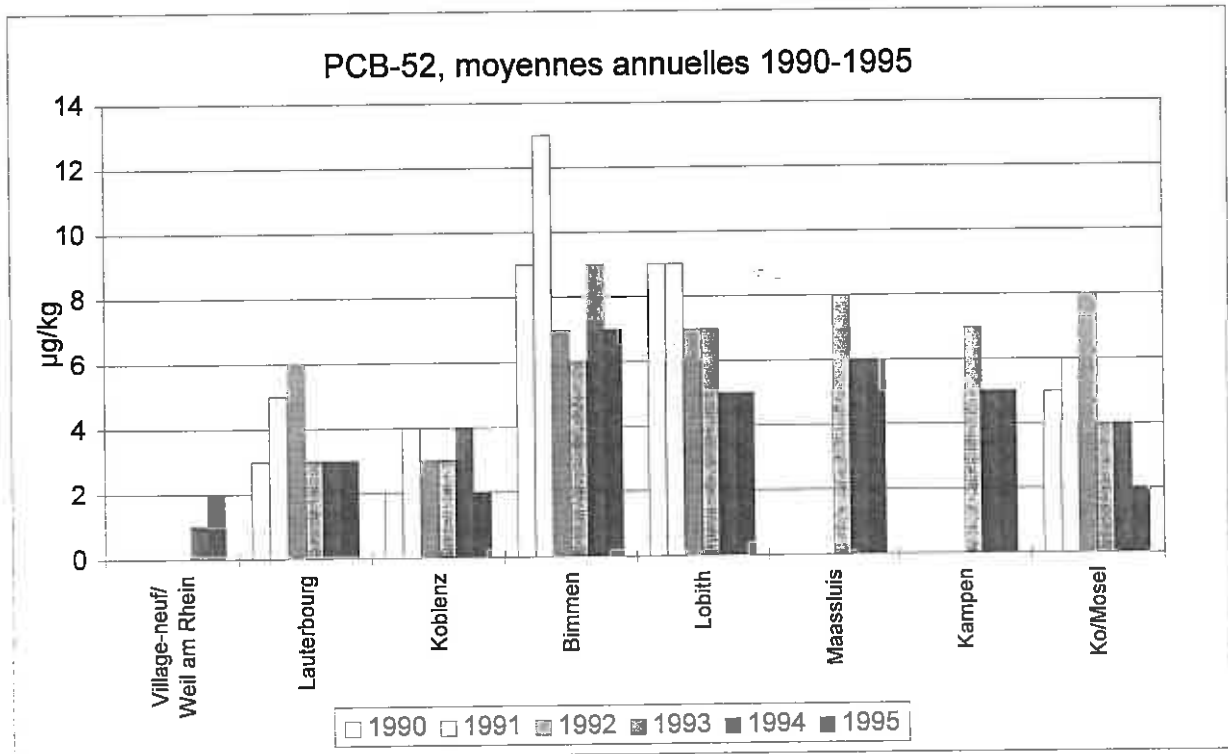


Figure 3.14b: Moyennes annuelles des teneurs en PCB-52 1990-1995

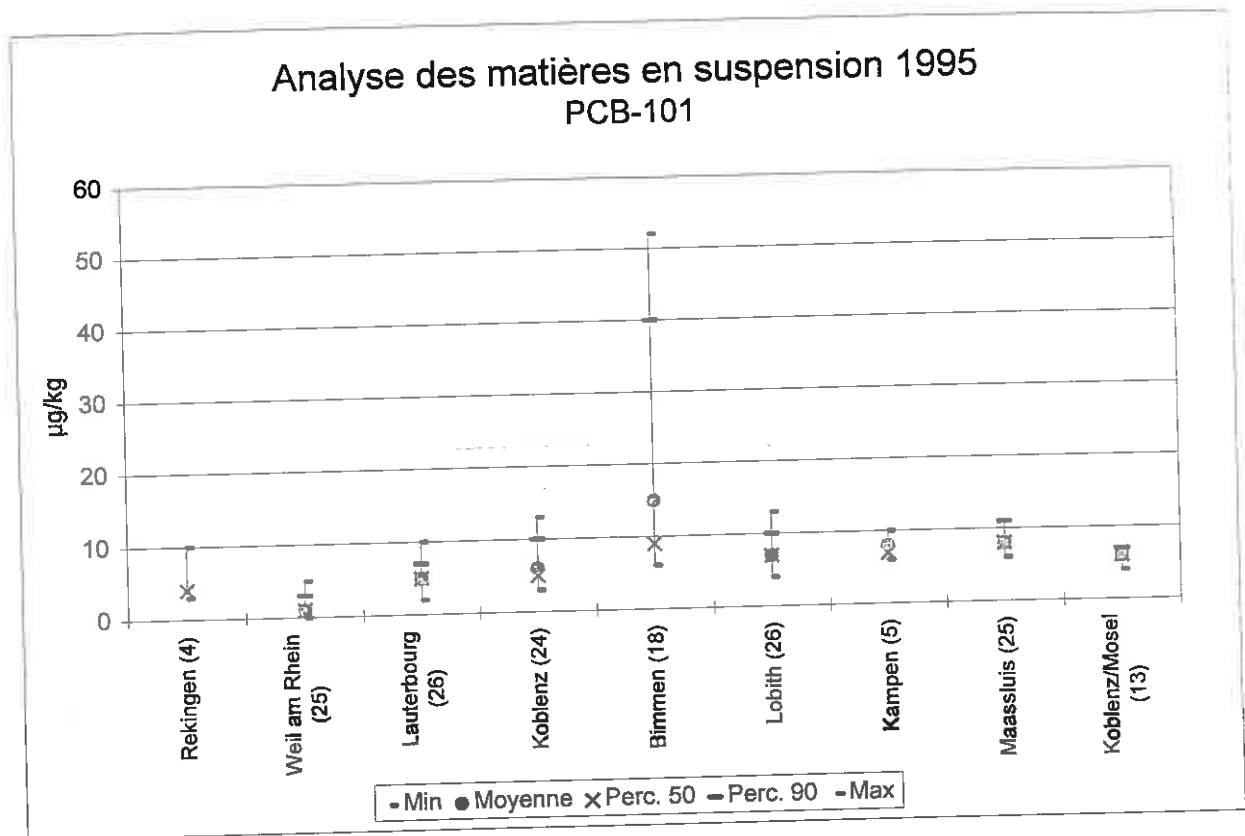


Figure 3.15a: Teneurs en PCB-101 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

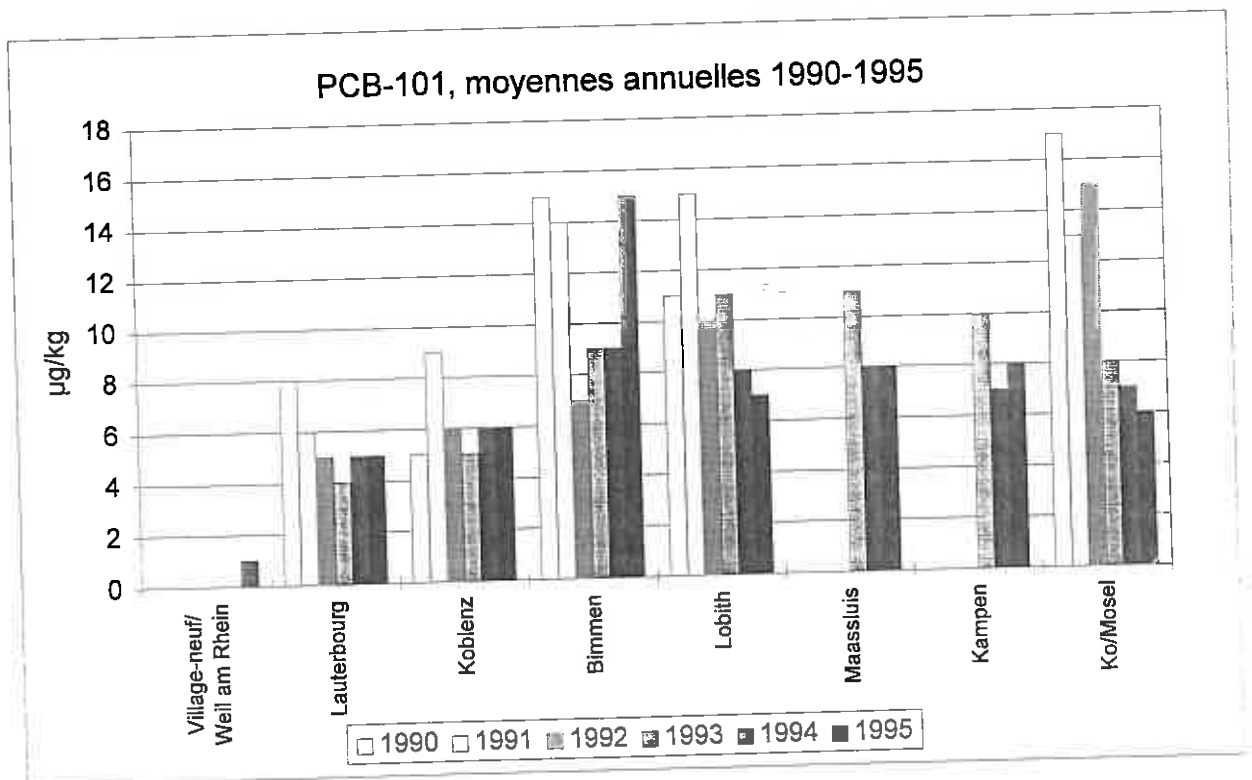


Figure 3.15b: Moyennes annuelles des teneurs en PCB-101 1990-1995

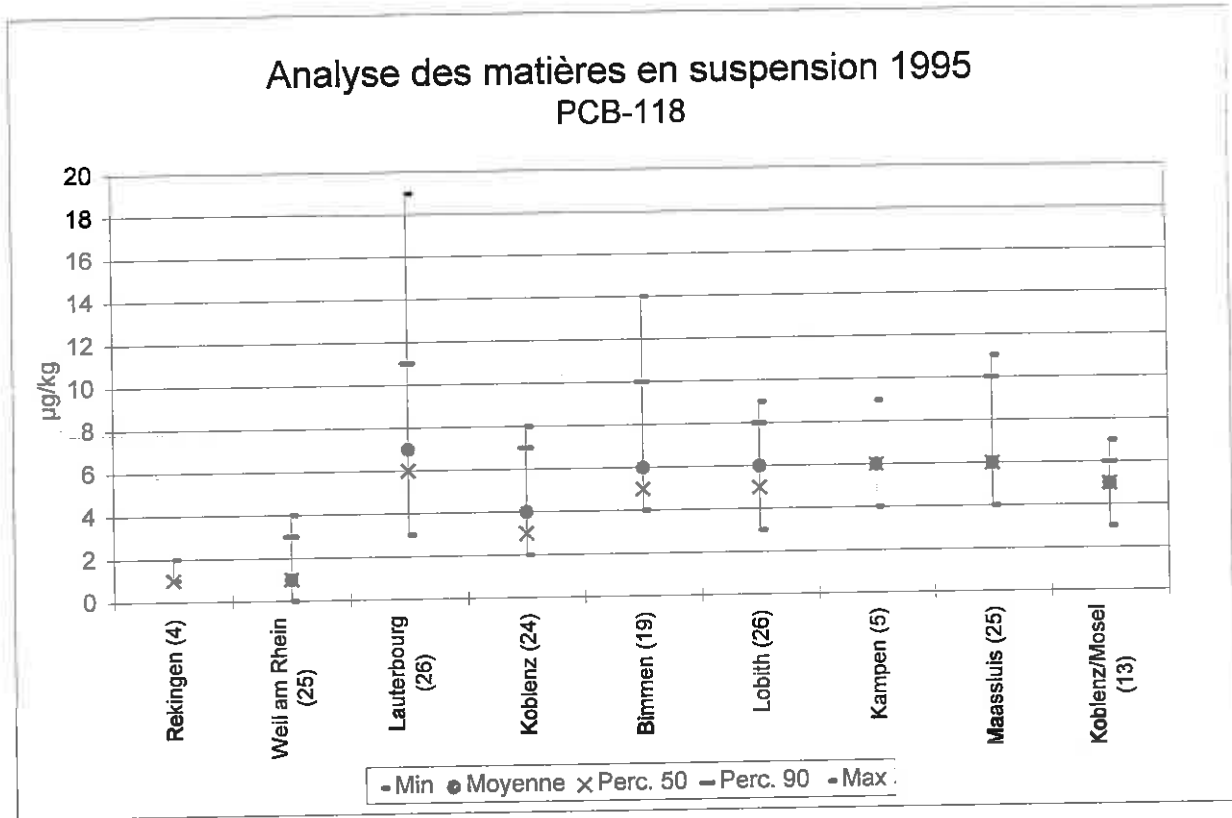


Figure 3.16a: Teneurs en PCB-118 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

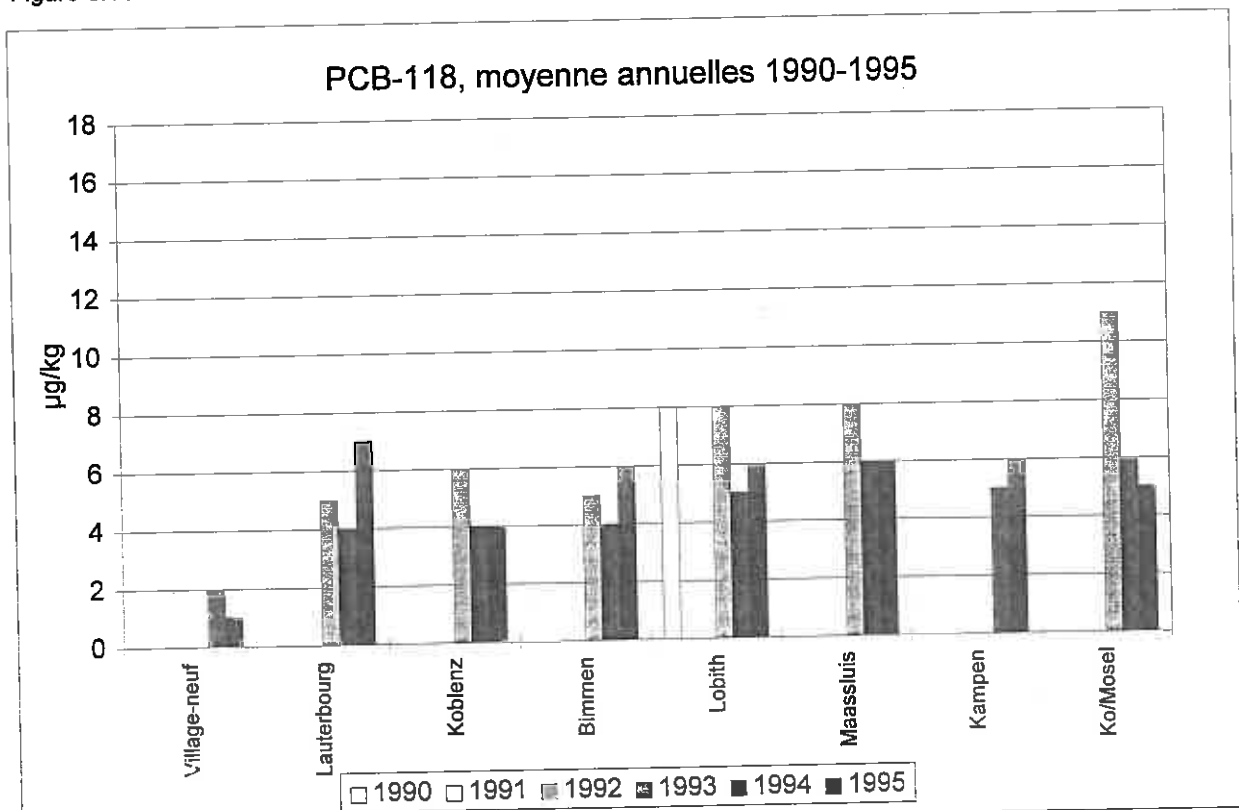


Figure 3.16b: Moyennes annuelles des teneurs en PCB-118 1990-1995

Annexe 4c: Micropolluants organiques

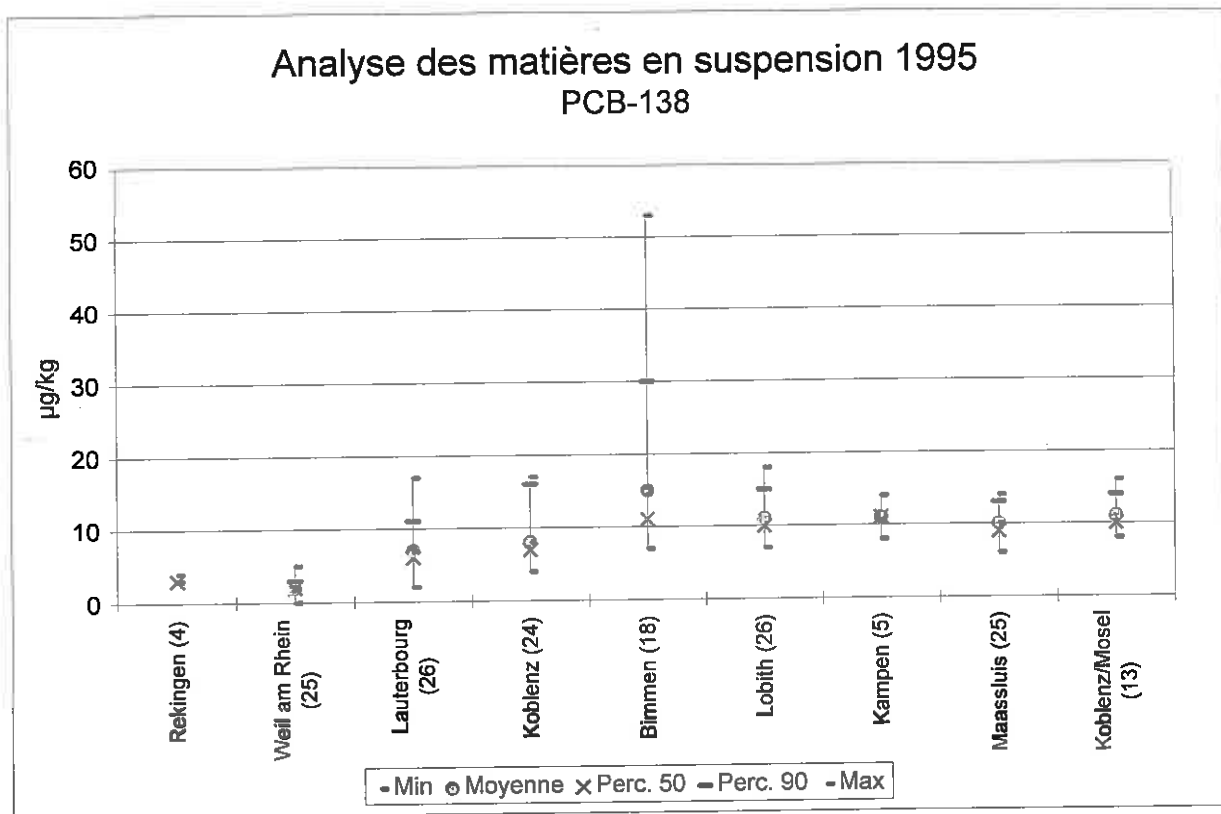


Figure 3.17a: Teneurs en PCB-138 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

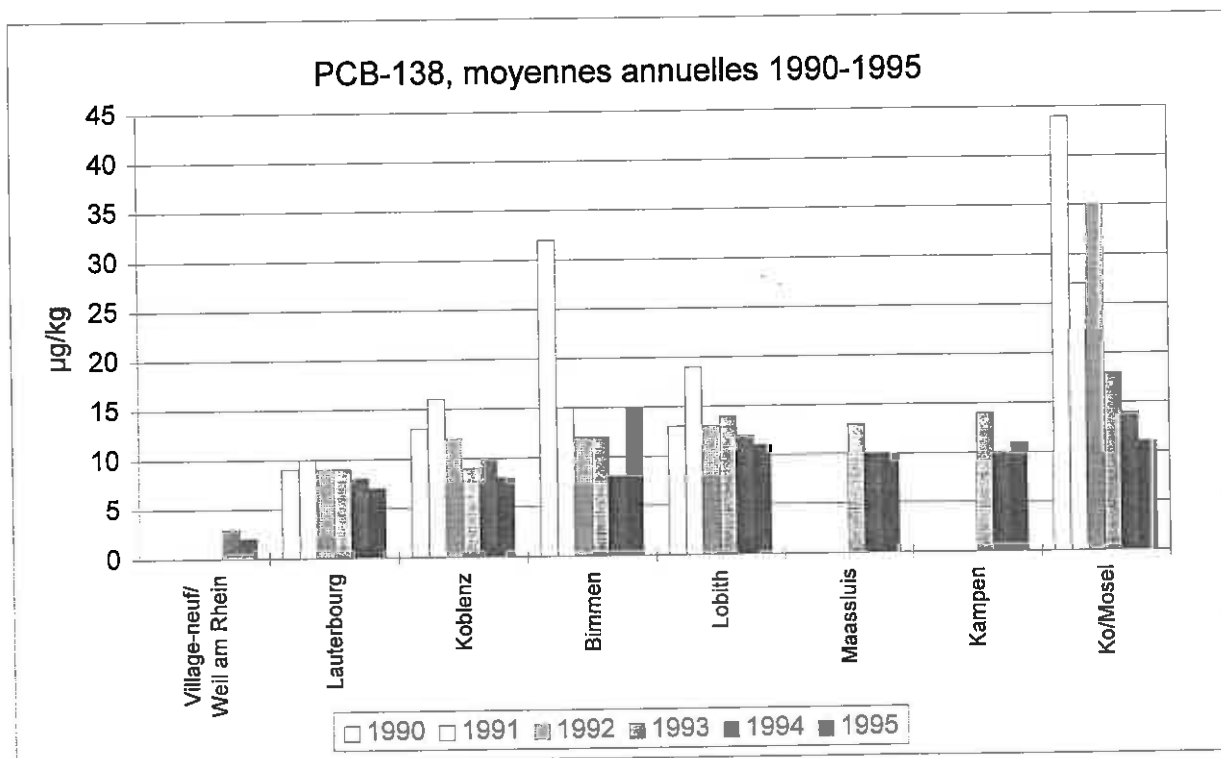


Figure 3.17b: Moyennes annuelles des teneurs en PCB-138 1990-1995

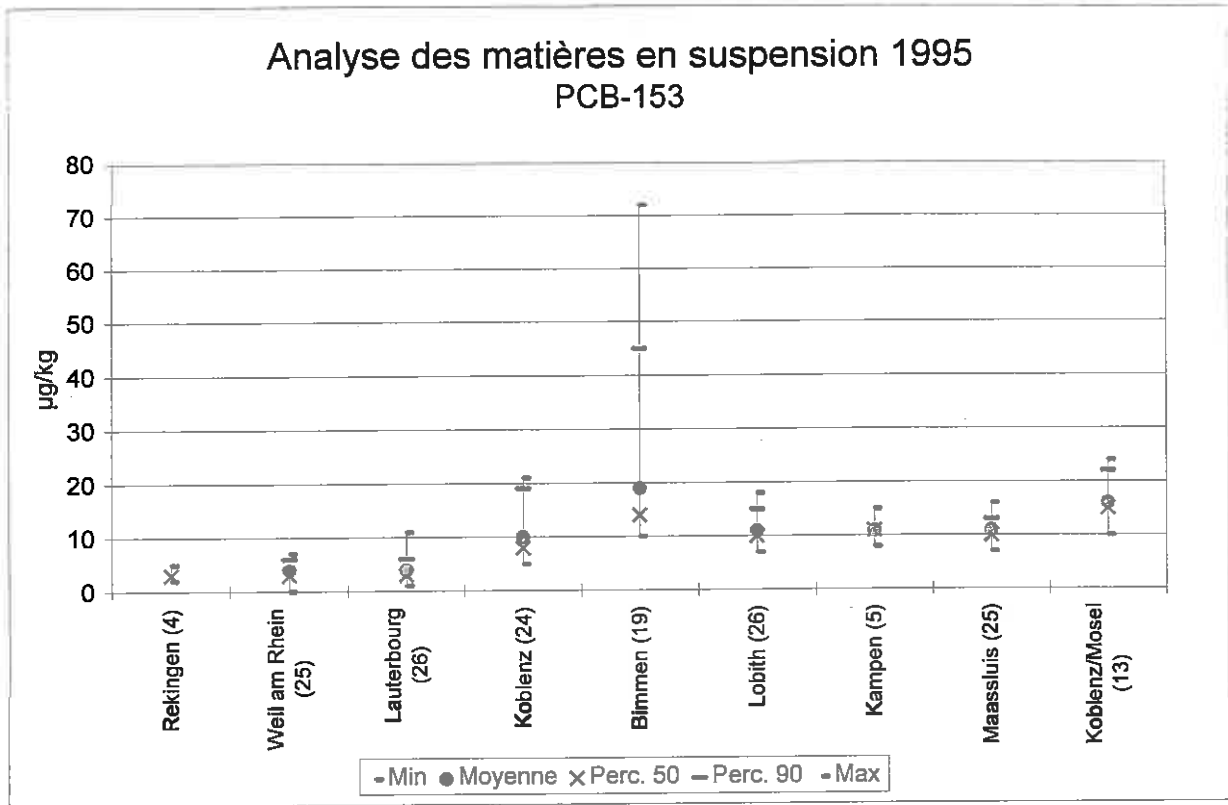


Figure 3.18a: Teneurs en PCB-153 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

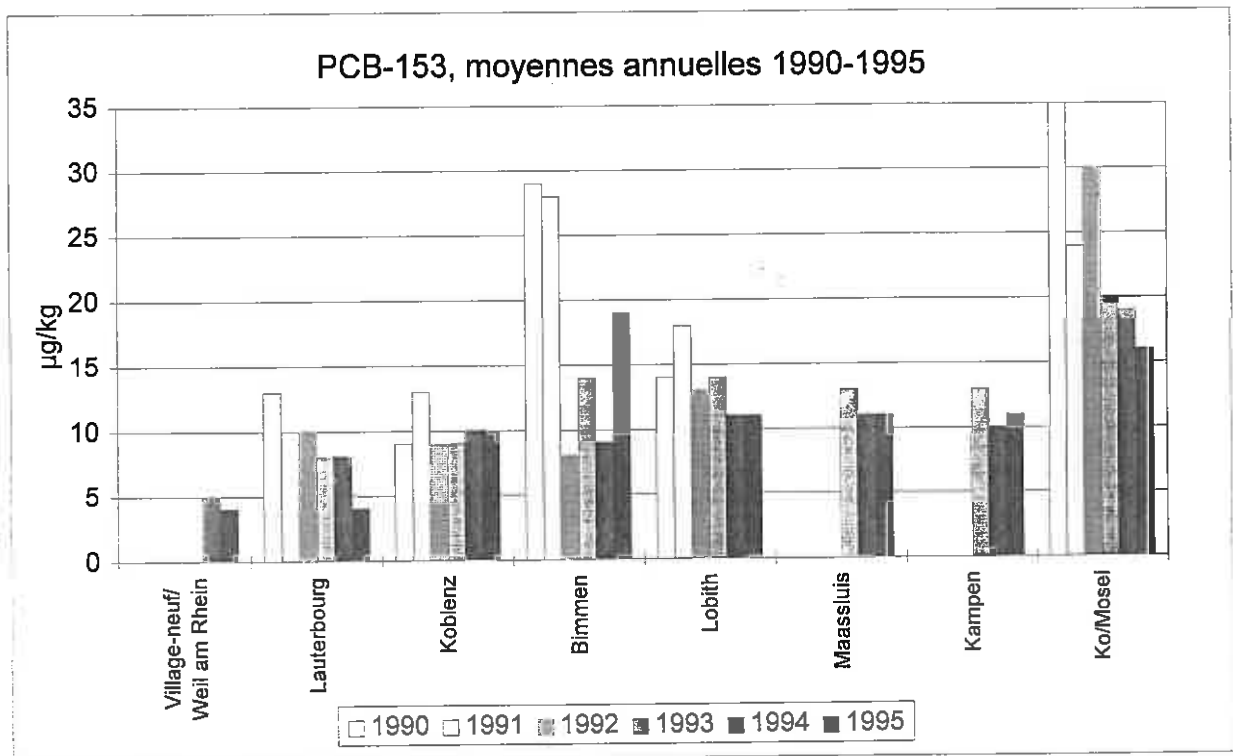


Figure 3.18b: Moyennes annuelles des teneurs en PCB-153 1990-1995

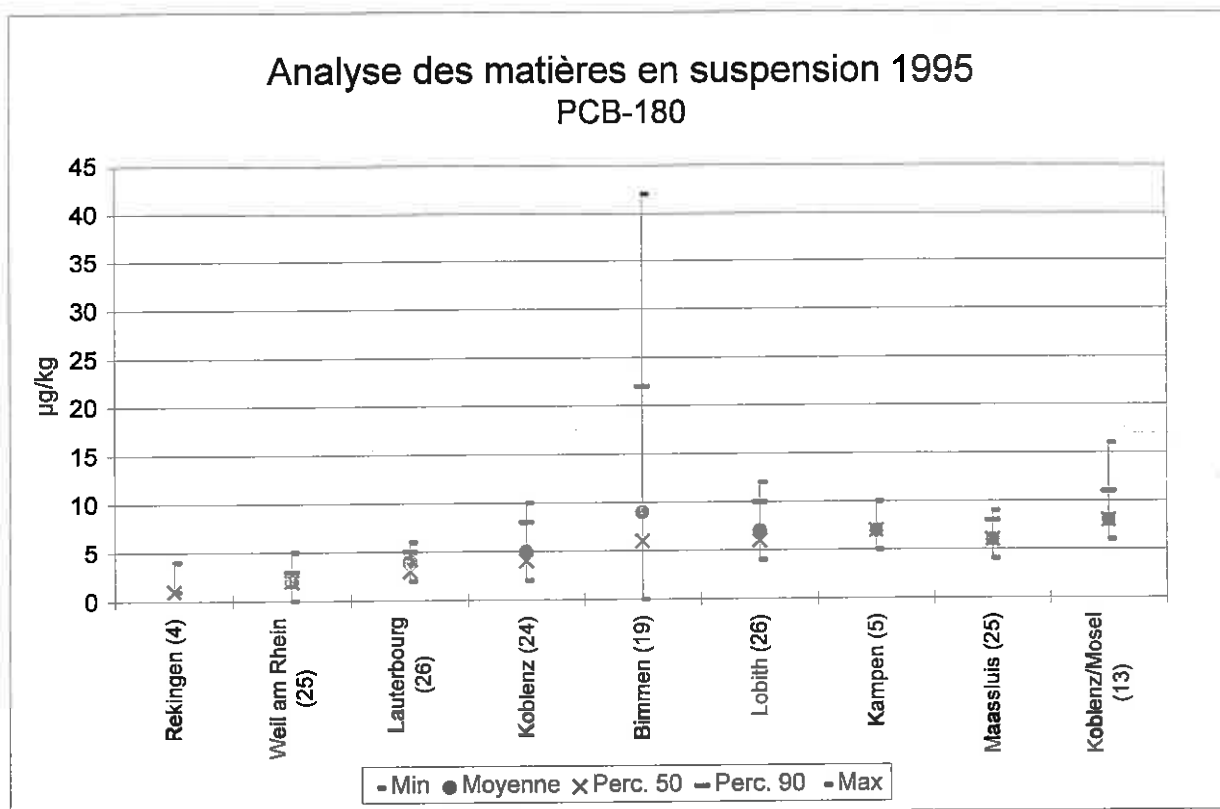


Figure 3.19a : Teneurs en PCB-180 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

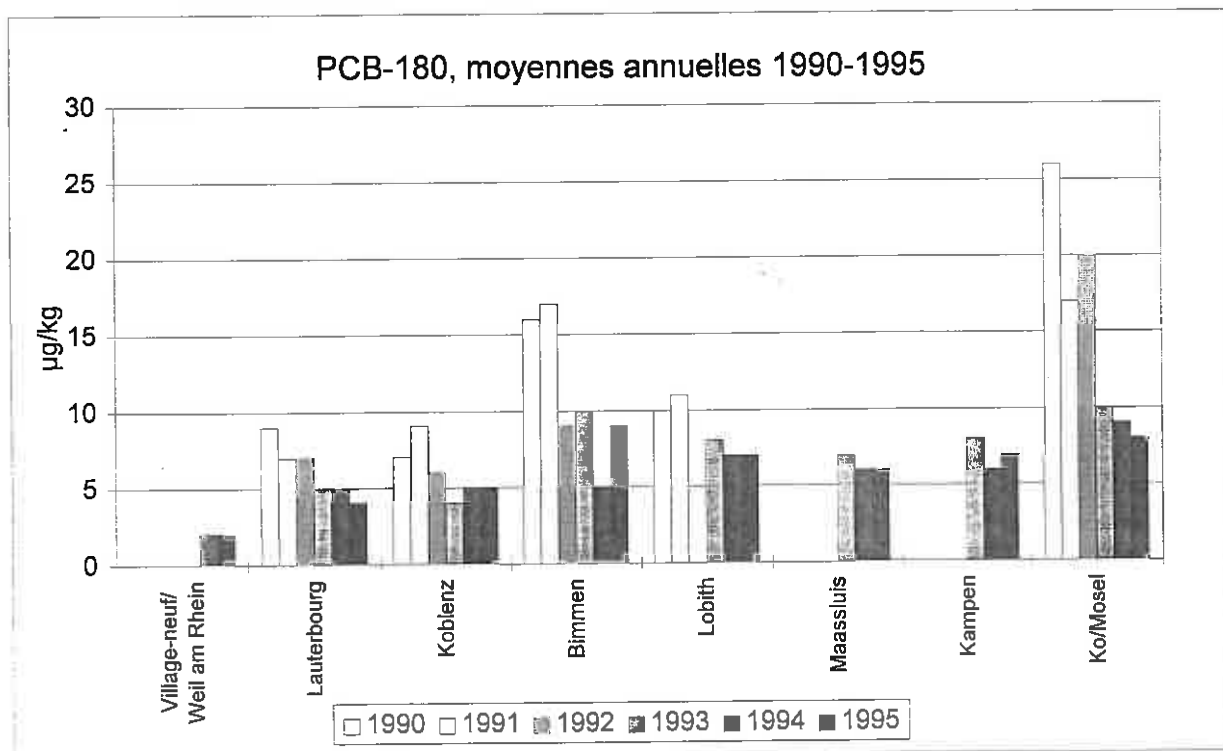


Figure 3.19b : Moyennes annuelles des teneurs en PCB-180 1990-1995

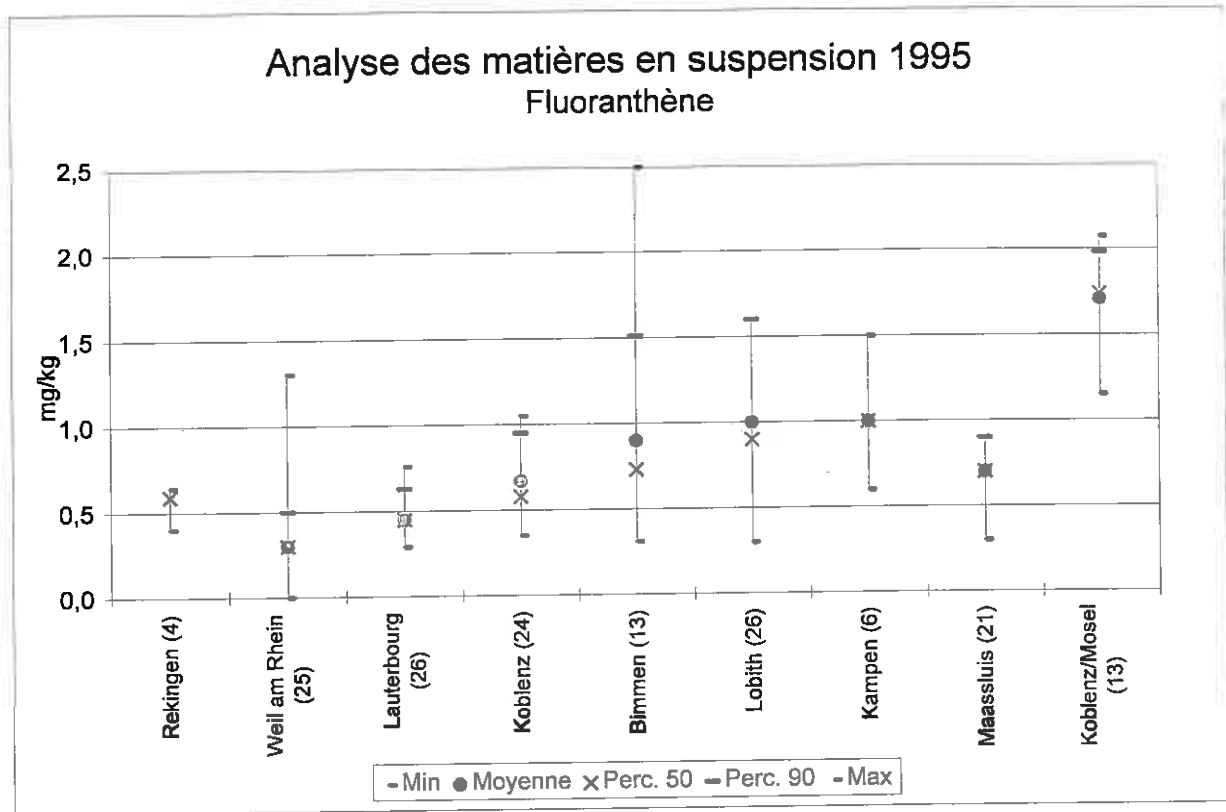


Figure 3.20a: Teneurs en fluoranthène 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

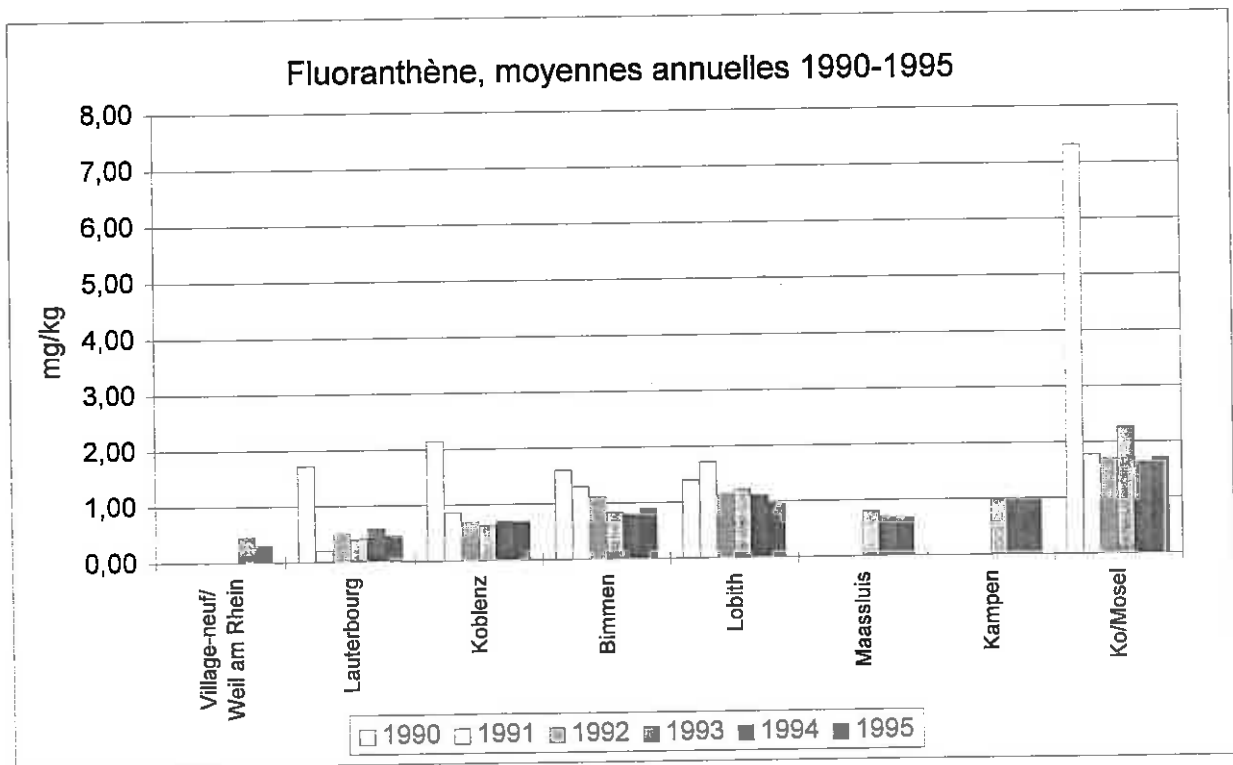


Figure 3.20b: Moyennes annuelles des teneurs en fluoranthène 1990-1995

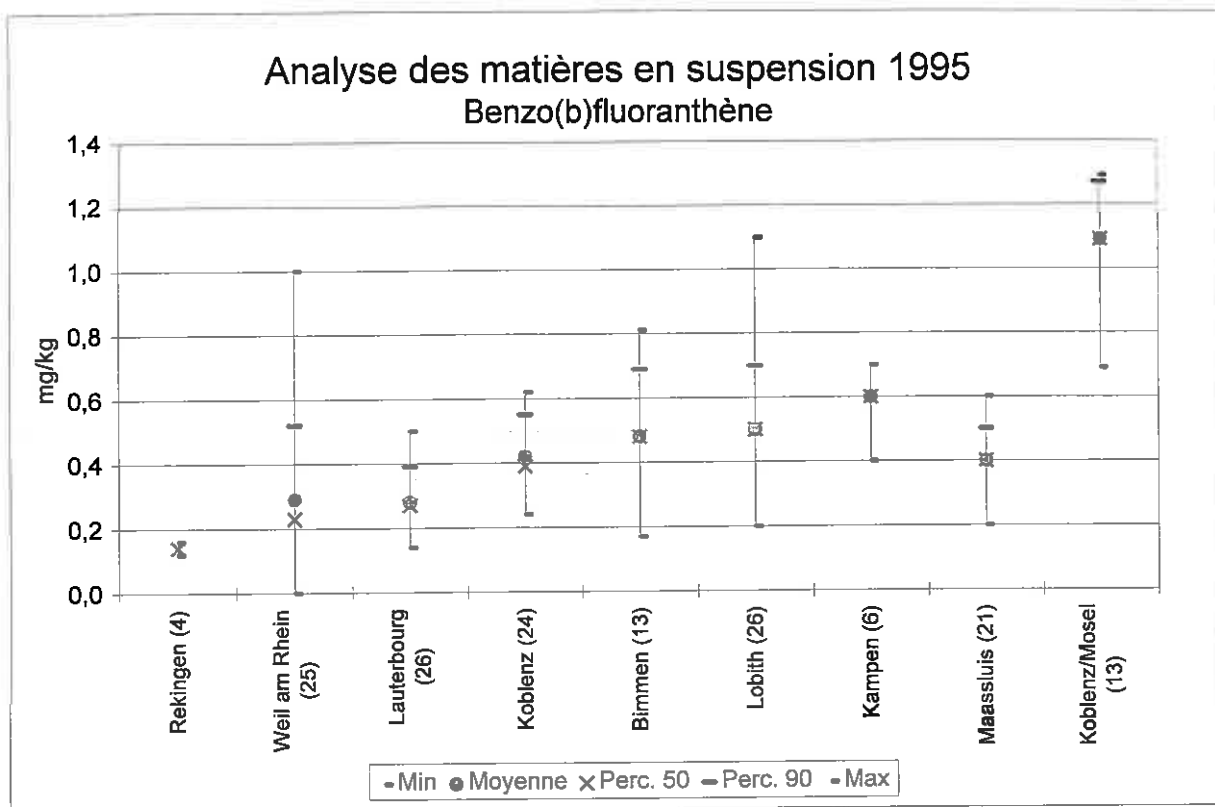


Figure 3.21a : Teneurs en benzo(b)fluoranthène 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

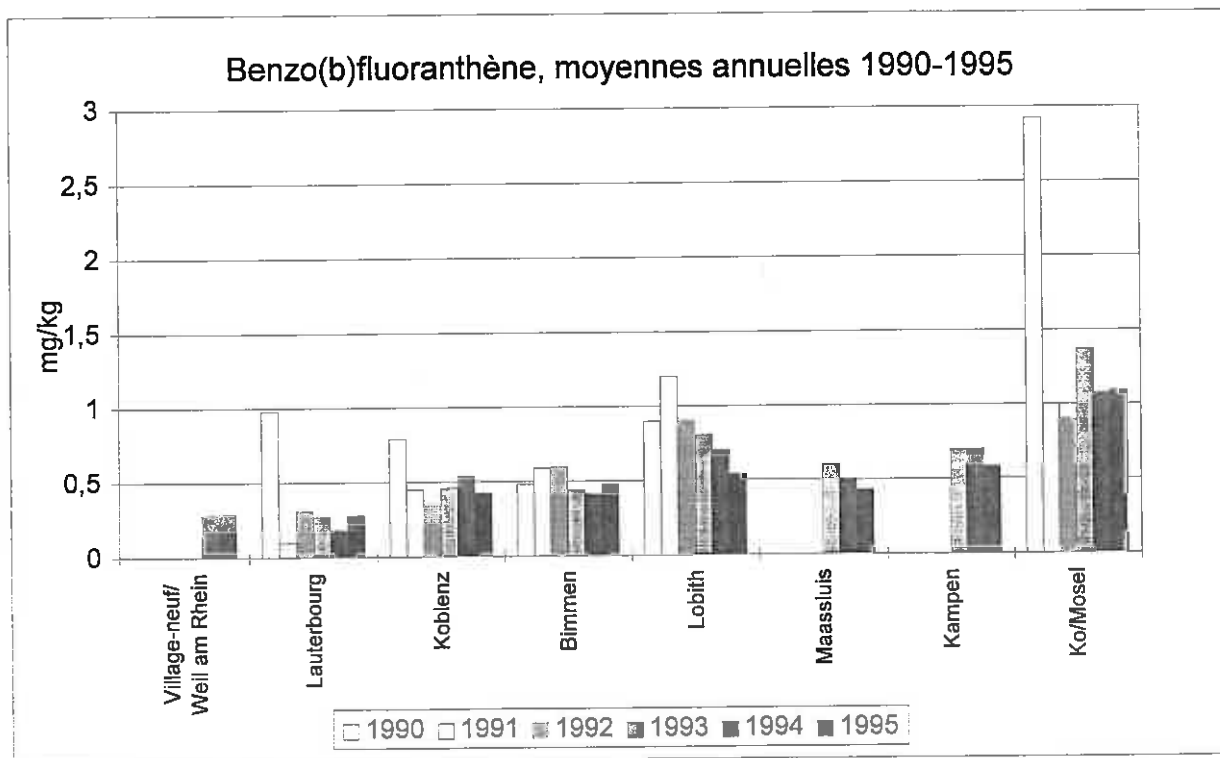


Figure 3.21b: Moyennes annuelles des teneurs en benzo(b)fluoranthène 1990-1995

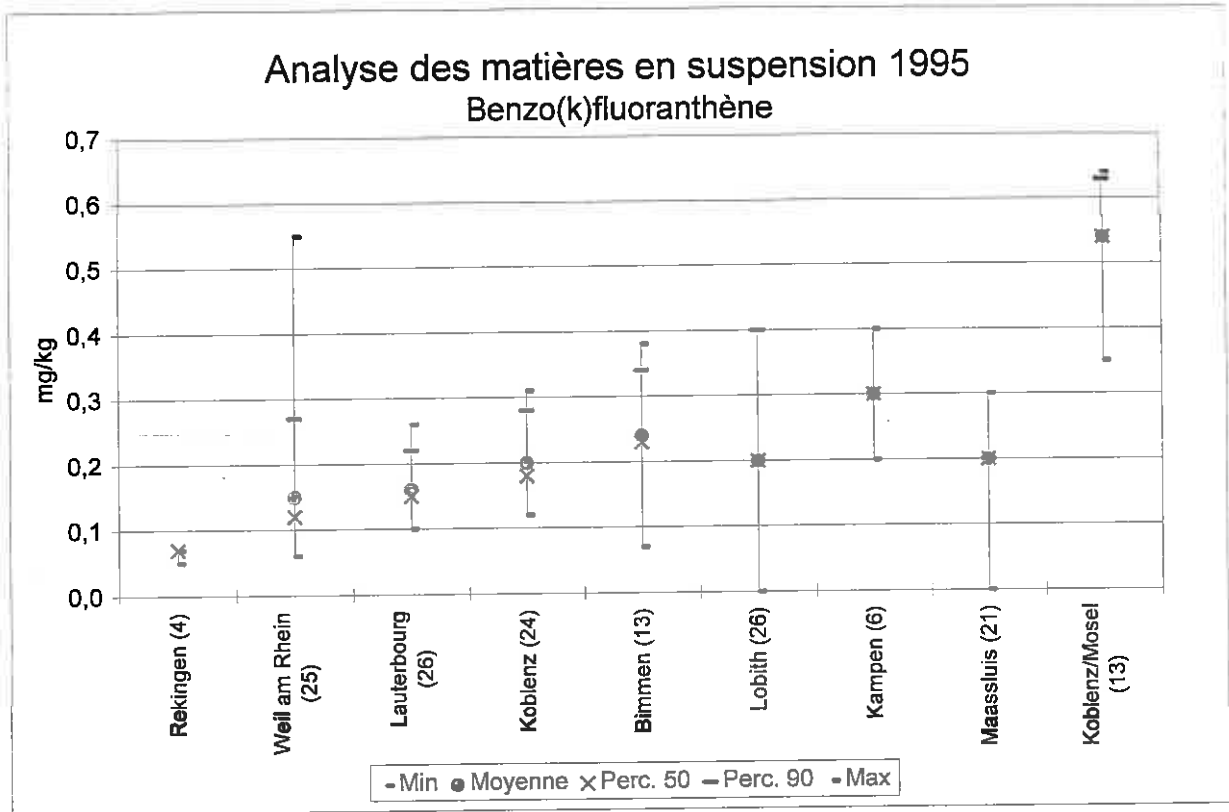


Figure 3.22a : Teneurs en benzo(k)fluoranthène 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

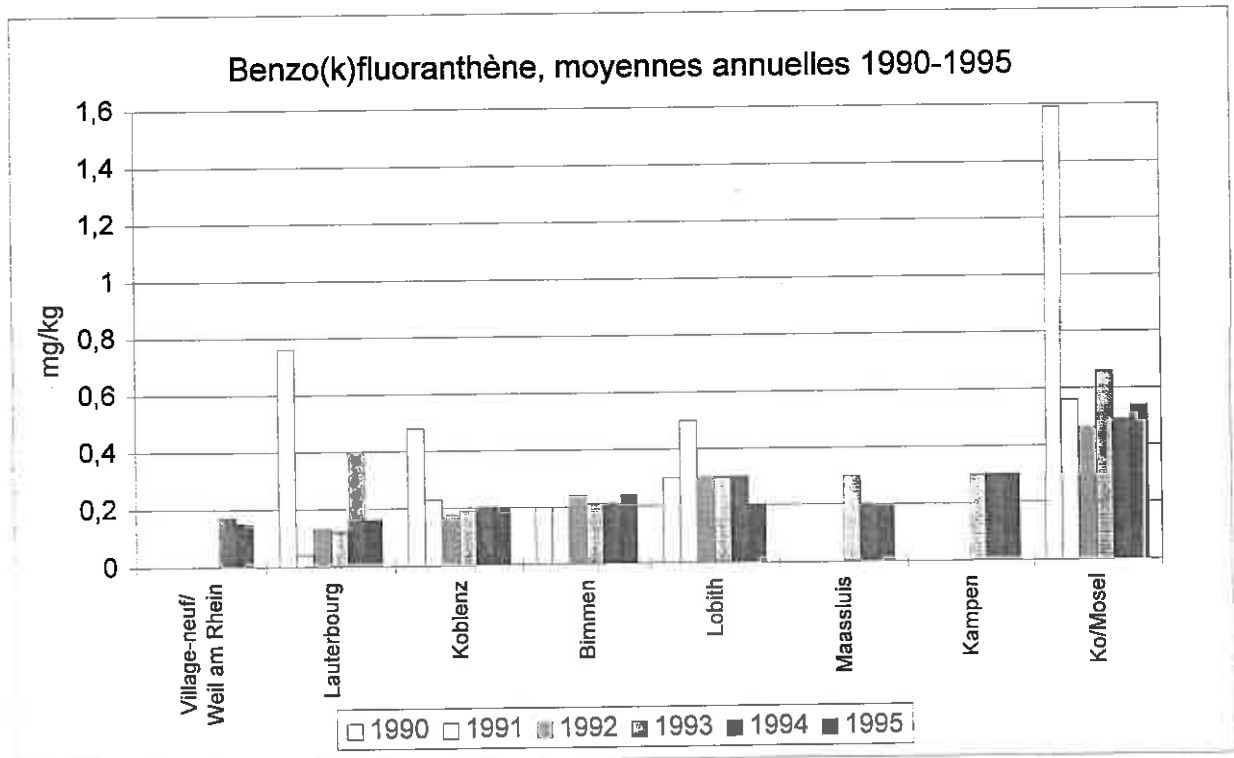


Figure 3.22b : Moyennes annuelles des teneurs en benzo(k)fluoranthène 1990-1995

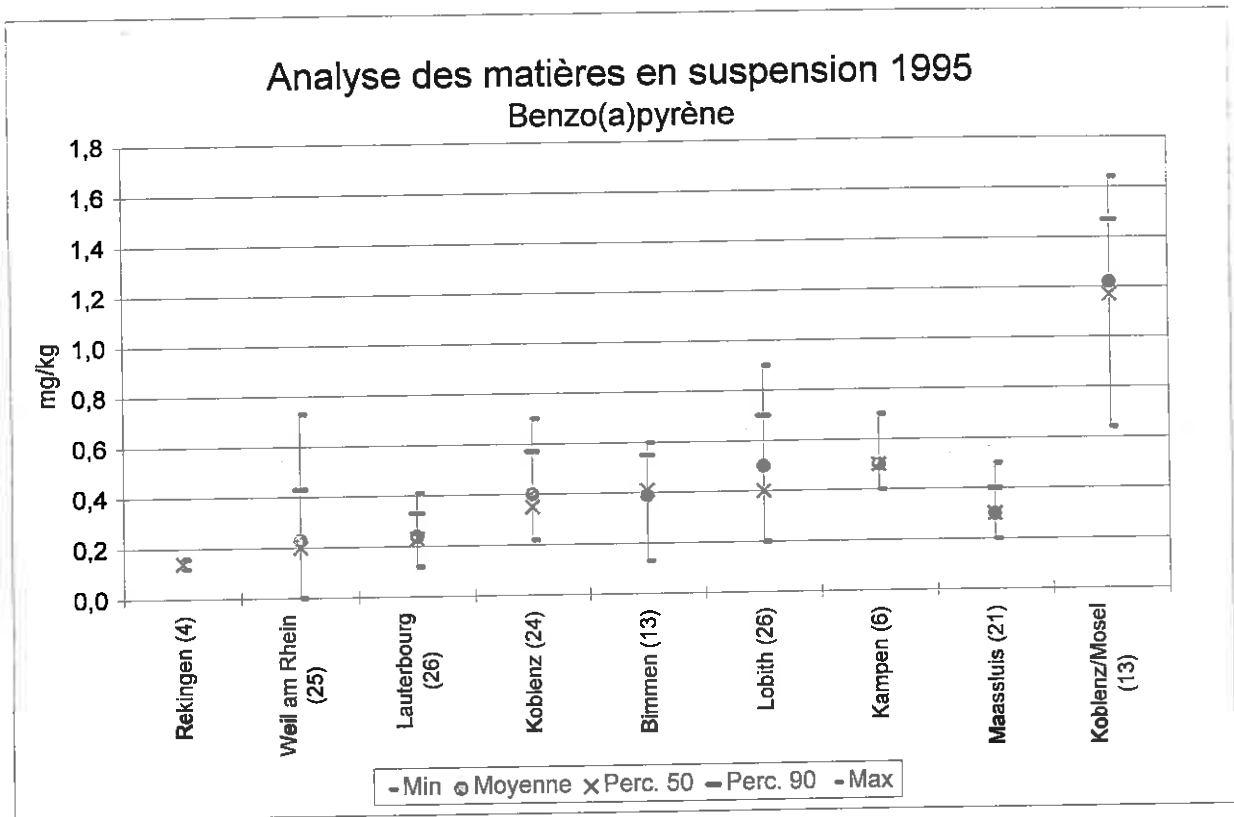


Figure 3.23a: Teneurs en benzo(a)pyrène 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

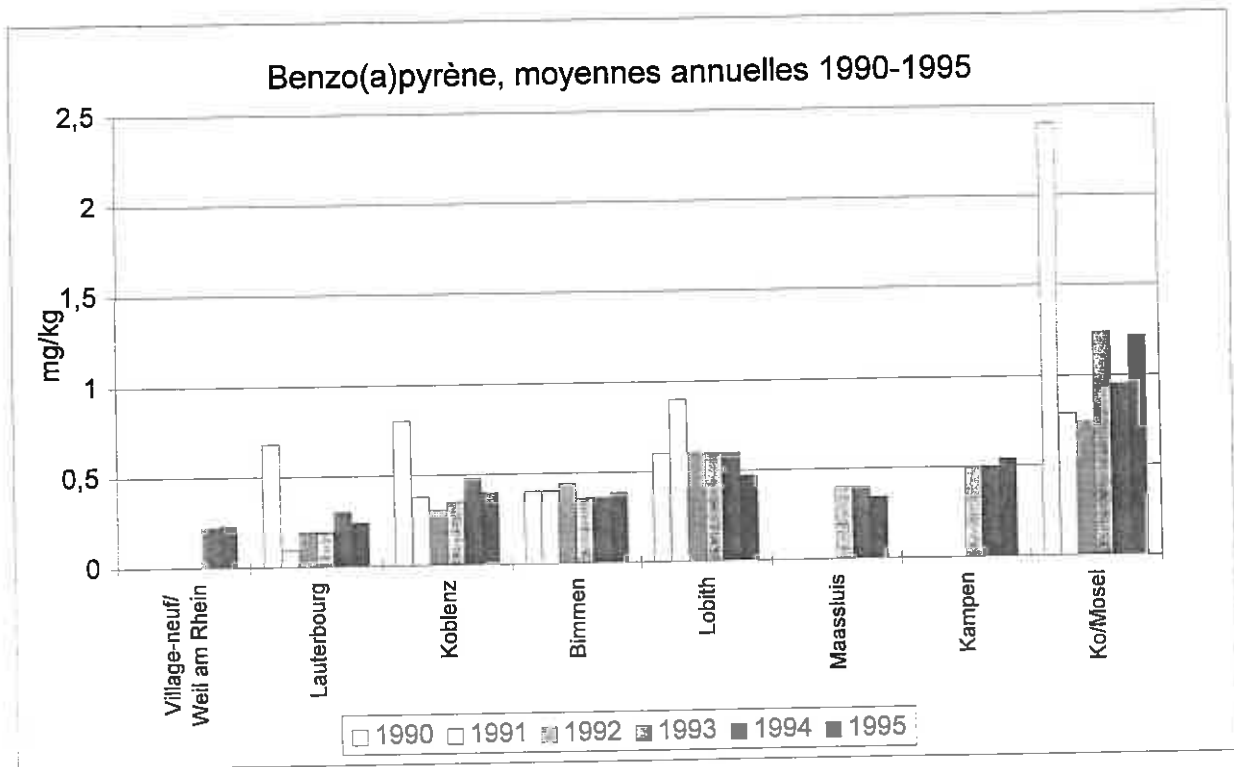


Figure 3.23b: Moyennes annuelles des teneurs en benzo(a)pyrène 1990-1995

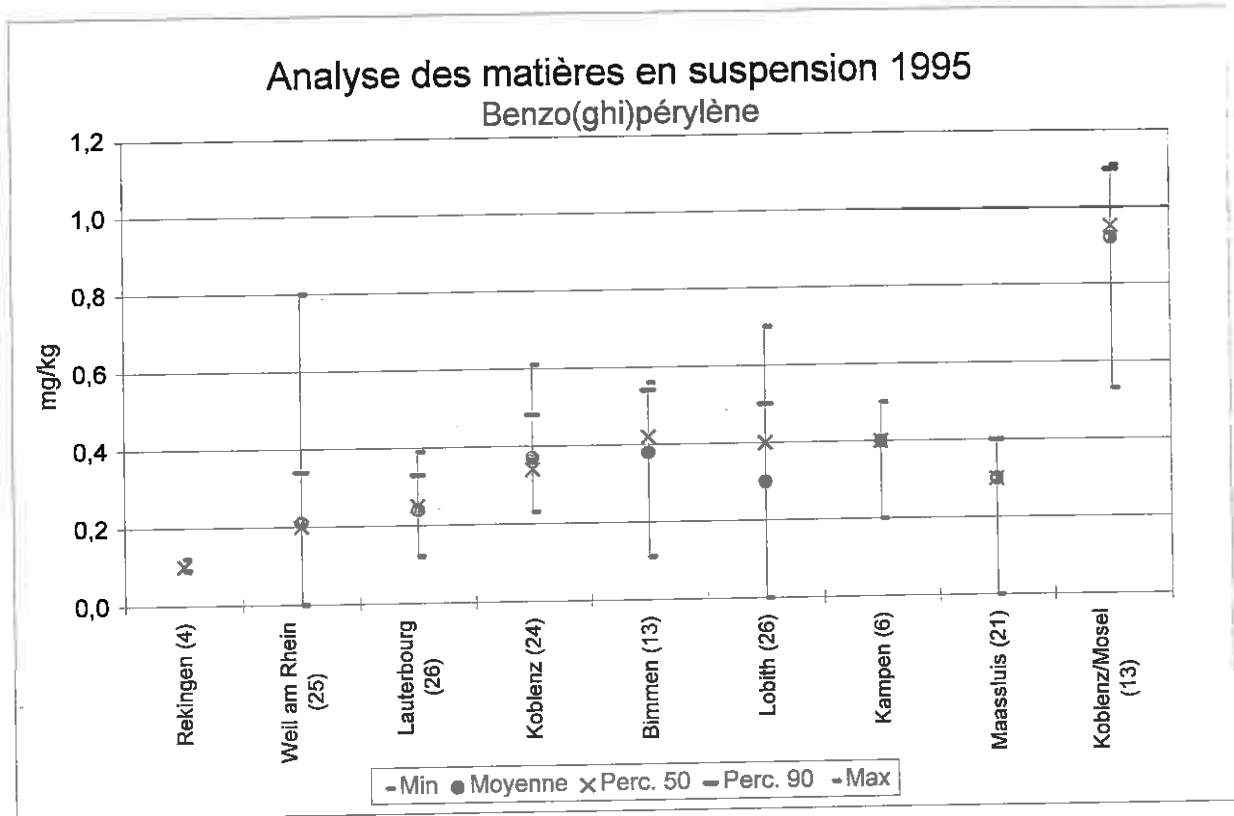


Figure 3.24a: Teneurs en benzo(ghi)pérylène 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

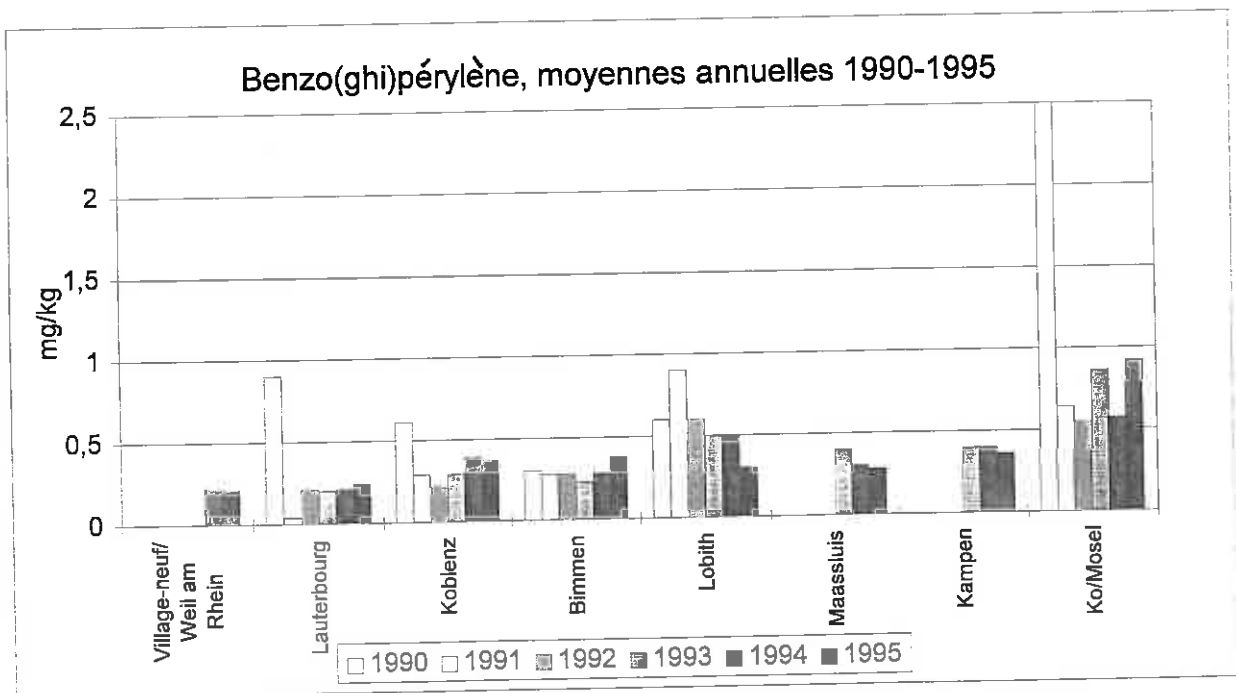


Figure 3.24b : moyennes annuelles des teneurs en benzo(ghi)pérylène 1990-1995

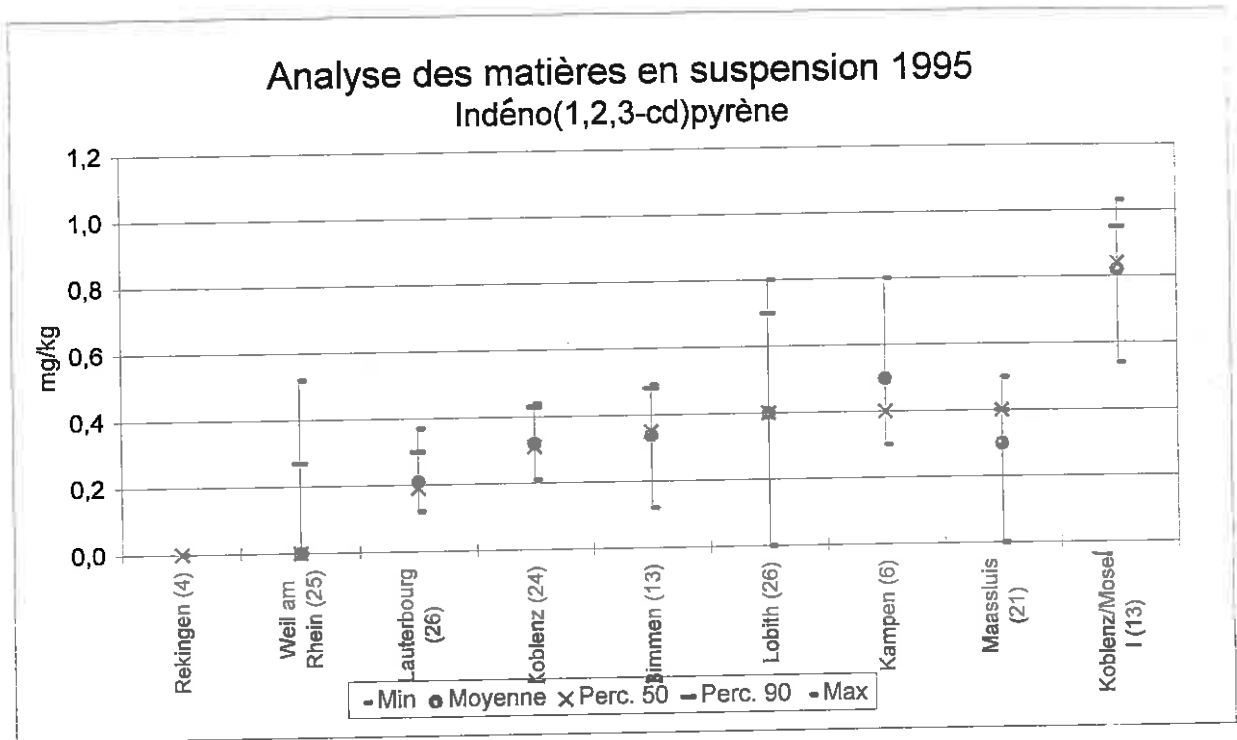


Figure 3.25a : Teneurs en indéno(1,2,3-cd)pyrène 1995. (n) = nombre de valeurs mesurées

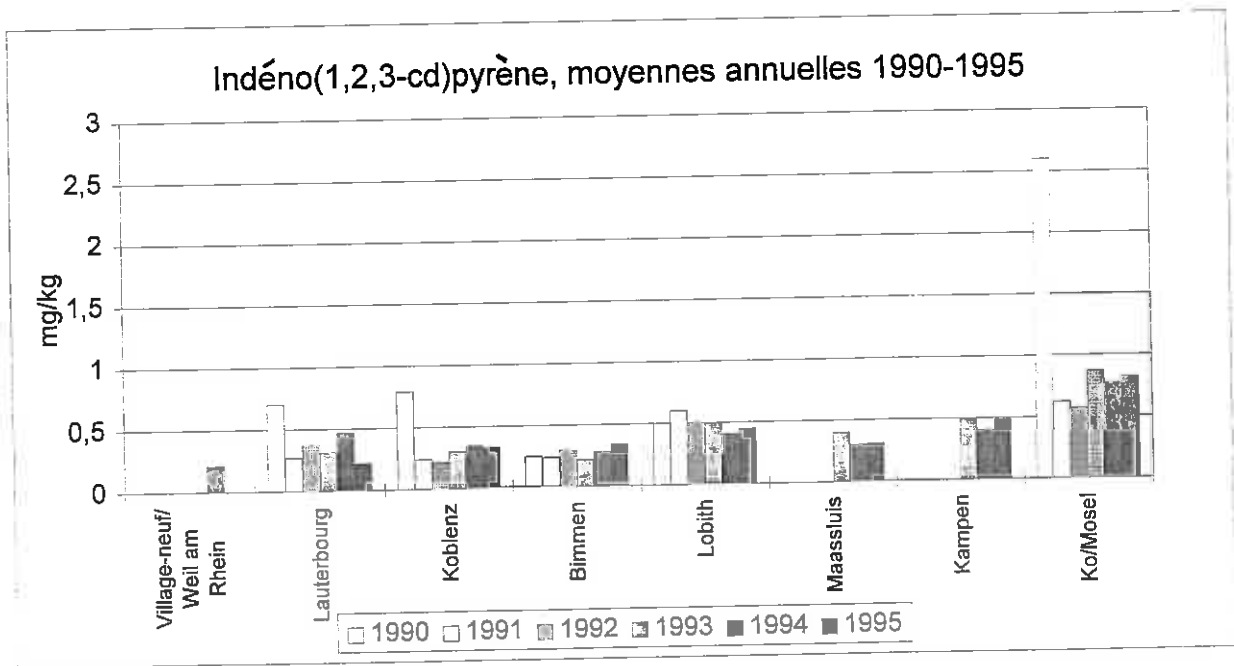


Figure 3.25b : Moyennes annuelles des teneurs en Indéno(1,2,3-cd)pyrène 1990-1995