Apport et devenir des polluants organiques persistants dans une filière d'épuration de Seine-Aval IV

Marie-Jeanne TEIL[1], Martine BLANCHARD[1], Donatienne OLLIVON[1], Brigitte GARBAN[1] Christine GATABIN[2] et Marc CHEVREUIL[1]

[1] Laboratoire d'Hydrologie et Environnement, Ecole Pratique des Hautes Etudes, UMR 7619-Sisyphe, Université Pierre et Marie Curie, Paris.

[2] IATE-GECOS-Ecotoxicologie, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse)

1. Introduction

Les polychlorobiphényles (PCB) ont été abondamment synthétisés à partir des années 30 en tant que composants de différentes préparations industrielles telles que plastifiants, encres ou résines (usages dispersifs) et dans les fluides diélectriques ou caloporteurs (systèmes clos). Bien que progressivement interdits depuis les années 70 (en 1972 au Japon et en 1977 aux Etats-Unis) en raison de leur toxicité (Directive Européenne de 1986 concernant leur suppression dans les équipements neufs), ils sont encore présents dans l'environnement du fait de leur haute stabilité physico-chimique et de la persistance des sources diffuses (incinérateurs, effluents de papeteries). Des normes strictes au niveau européen limitent leur concentration (exprimée par la somme des 7 congénères de la norme européenne) dans les eaux de distribution à 0,5 µg L^{-1} (J.O. de la Communauté Européenne, 3 novembre 1998) et laur teneur dans les boues d'épandage à 0,8 mg kg^{-1} de poids sec (Décret du Ministère de l'Environnement, 8 décembre 1997) et dans le muscle de poisson à 2mg kg^{-1} de poids frais (J.O. de la République Française, 27 février 1988).

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont largement produits par les combustions de combustibles fossiles et par les industries pétrolières et chimiques. Les directives précitées donnent des valeurs limites pour l'eau de distribution de 0.2 µg L^{-1} (somme de 6 composés), pour les eaux de surface de 1 µg L^{-1} (somme de 6 composés) et pour les boues d'épandage de 5 mg kg^{-1} (fluoranthène), de 2,5 mg kg^{-1} (benzo(b)fluoranthène) et de 2 mg kg^{-1} (benzo(a)pyrène).

La station d'épuration (STEP) de Seine-Aval qui possède la plus grande capacité de traitement des eaux usées de la région parisienne (2 x 10^{6} m^3 par jour) et qui produit la plus grande quantité de boues (400 t par an), a été retenue pour notre étude.

Lors du précédent exercice, nous avons montré qu'il existait différentes voies d'apport des polluants organiques persistants à la station de Seine-Aval. Les PCB semblent provenir principalement des retombées atmosphériques tandis que les HAP sont vraisemblablement apportés par le lessivage des chaussées et le niveau de contamination par les HAP est environ 6 fois supérieur à celui des PCB.

Notre objectif est de rechercher les origines de la contamination finale en polluants organiques persistants des boues produites par la STEP de Seine-Aval. En effet, ces boues étant ensuite destinées à l'épandage agricole, leur teneur en polluants doit être contrôlée.

Différentes voies ont été explorées: impact de la contamination initiale des particules en suspension dans les eaux usées, répartition des POP entre phase dissoute et particulaire aux différentes étapes, enrichissement par perte de matière consécutive au processus mis en œuvre pour le traitement des boues, sur le rendement de l'épuration des eaux et sur la qualité des rejets.

2. Matériel et Méthodes

Vers la STEP de Seine-Aval (Achères) convergent cinq émissaires :

1 - Sèvres 1-Achères branche de Rueil (SAR)
2 - St Denis - Achères (SDA)
3 - Clichy-Achères branche d'Argenteuil (CLA)

4 - Clichy-Achères branche de Bezons (CLB)
5 - Sèvres 2-Achères branche de St Cloud-Nanterre (SAN).

Nous avons ciblé notre étude sur l'émissaire de Clichy-Bezons car il présentait lors de notre précédente étude les niveaux de pollution les plus élevés. Il est traité par Seine-Aval IV qui possède une capacité de traitement de 600 000 m3 par jour (valeur moyenne estimée sur une année) et qui recueille les eaux usées provenant de Paris, des Hauts de Seine et du Val d'Oise.

Le traitement des eaux s'effectue selon le procédé des boues activées. Une période de 6 heures environ est nécessaire pour que les eaux usées de l'agglomération parviennent à la STEP et ensuite une période de 7 heures s'écoule entre l'entrée des eaux usées dans la station et leur rejet en Seine.

Des installations de prétraitement constituées d'un dégrilleur, d'un dessableur et d'un déshuileur (non représentés) réalisent une première épuration des eaux en éliminant en particulier les graisses qui sont ensuite incinérées.

Les effluents accèdent ensuite à un décanteur primaire où pendant une heure, 50 % des matières en suspension décantent pour former les boues fraîches. Puis les eaux passent dans un bassin d'aération muni d'un dispositif de diffusion d'air sous pression. Pendant 2 heures, l'activité bactérienne aérobie des boues activées permet l'élimination d'une partie importante de la matière organique et favorise également la sédimentation de produits antérieurement non décantables. Enfin, après passage dans un décanteur secondaire pendant 1 heure, les effluents clarifiés sont rejetés dans la Seine.

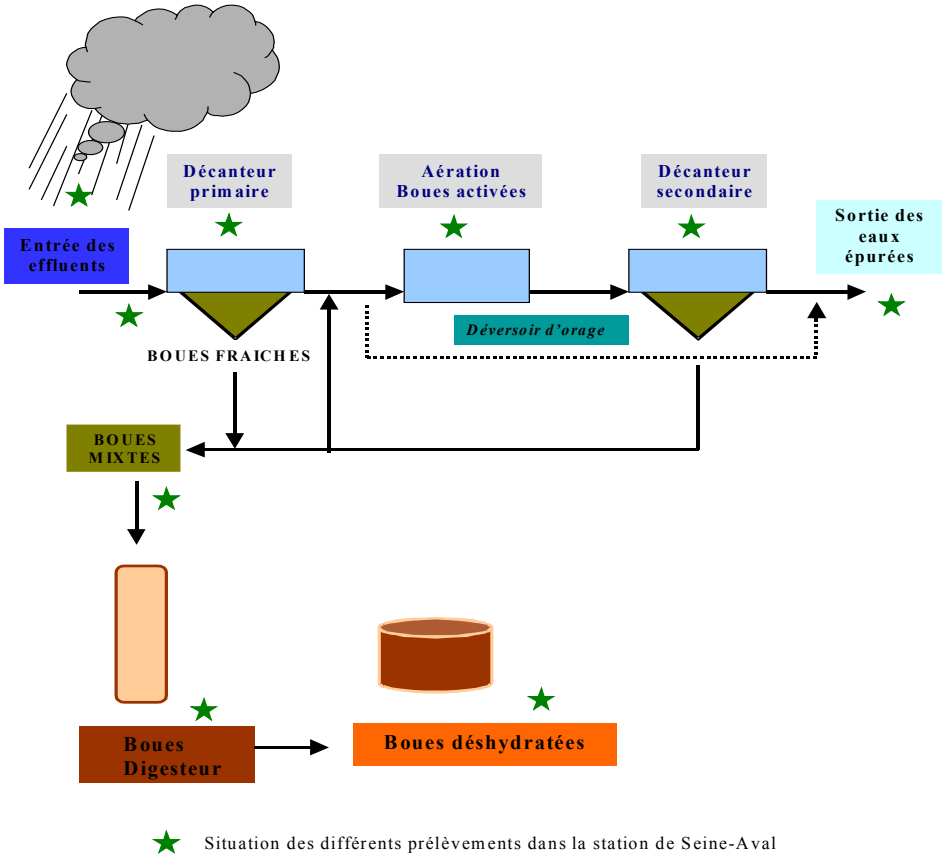

Figure 1. *Représentation schématique de la station d'épuration de Seine-Aval*

Les boues activées qui ont été retenues, sont en partie recyclées en tête du bassin d'aération tandis que les boues restantes vont rejoindre les boues fraîches du décanteur primaire pour former les boues mixtes qui sont dirigées vers les installations de traitement des boues.

Les boues mixtes sont dégradées en anaéraobiose dans un digesteur à 35°C pendant 21 jours (temps de résidence moyen) puis déshydratées sur un filtre presse, précédé d'un conditionnement thermique. Elles seront utilisées pour l'épandage agricole.

Les prélèvements ont été réalisés par le personnel du SIAAP aux différentes étapes du traitement de la STEP et sont indiqués sur la figure 1.

- eaux d'effluents d'entrée, du décanteur primaire, du bassin d'aération et du décanteur secondaire.
- boues du bassin d'aération, du décanteur secondaire, boues mixtes (venant du décanteur primaire et secondaire) avant digesteur, boues de sortie du digesteur et enfin boues déshydratées.

L'organigramme des prélèvements est indiqué sur le Tableau 1

Les échantillons d'eaux d'entrée et de sortie de la STEP sont des prélèvements effectués en décembre 1999, intégrés sur 24 heures, pendant 3 jours consécutifs. Ils ont été récoltés à l'aide d'un préleveur automatique. Les échantillons d'eaux d'entrée ont été prélevés après les étapes de dégrillage, dessablage et déshuilage dans le bassin de répartition situé avant le décanteur primaire. Ils correspondent à des eaux de la file 2 de la tranche de Seine-Aval IV (Clichy Bezons). Tous les autres échantillons sont des prélèvements ponctuels.

Les matières en suspension (MES) des eaux d'entrée ont été obtenues par centrifugation à 4000 tours/minute pendant 30 minutes. La technique de filtration n'a pas été utilisée en raison du risque de colmatage : les effluents présentaient des teneurs en MES supérieures à 200 mg L^{-1} .

Les échantillons de boues digérées et déshydratées ont été prélevés en janvier, avec un décalage dans le temps du fait de leur long séjour dans le digesteur afin d'avoir des boues correspondant –tout au moins en partie- aux effluents d'entrée de décembre. Il faut toutefois noter que le digesteur traitait simultanément les boues de Seine-Aval III et Seine-Aval IV. De plus, son contenu ne représentait que environ 1/40ème de la période d'échantillonnage de décembre. Avant l'extraction, les boues ont été séchées à 60°C pendant 24 heures puis homogénéisées.

De plus, une série de prélèvements a été réalisée en novembre sur les effluents de la file 2 de Seine-Aval IV, pour déterminer la répartition des HAP entre la phase aqueuse et la phase particulaire des eaux usées.

Enfin, une série de prélèvements a été réalisée en mars 2000 sur 4 émissaires d'entrée à Seine Aval (Clichy Argenteuil, Clichy Bezons, Sèvres 1 et Sèvres 2), au cours d'un épisode sec (07-08-03) et d'un épisode pluvieux (22-23-03), afin de confirmer les résultats de l'étude précédente. Parallèlement, des échantillons de retombées atmosphériques totales ont été recueillis à Paris pendant la même période.

Les différents échantillons ont été traités de la façon suivante :

- les boues ont été extraites (1 g) par un mélange hexane/dichlorométhane. Elles ont été purifiées par de l'acide sulfurique fumant puis par agitation en présence de copeaux de mercure puis de copeaux de cuivre.
- environ 3 litres d'eau, extraites par un mélange hexane/dichlorométhane, ont été utilisées pour la détermination des HAP et des PCB.

Les HAP ont été dosés par HPLC d'après la technique décrite par Ollivon et al. (1995). Les concentrations en HAP ont été exprimées d'une part, par la somme des 6 composés de la norme française : fluoranthène (flu), benzo(a)pyrène (bap), benzo(b)fluoranthène (bbf), benzo(k)fluoranthène (bkf), benzo(ghi)perylène (bgp) et indéno(1,2,3-cd)pyrène (ind) et d'autre part, par la somme de 16 composés de la norme de l'Environmental Protection Agency (USA) qui comprend en plus des composés précités, naphtalène (nap), acénaphtène (ace), fluorène (fl), phénanthrène (phe), anthracène (ant), pyrène (pyr), chrysène (chr), benzo(a)anthracène (baa) et dibenzo(ah)anthracène (dba).

Les PCB ont été dosés par HRGC d'après la technique décrite par Blanchard et al. (1997). Les concentrations en PCB ont été exprimées d'une part par la somme de 6 congénères (n° 28, 52, 118, 138, 153 et 180) pour les résultats qui concernent l'étude d'une filière de Seine-Aval IV et d'autre part par la somme des 7 congénères de la norme européenne (n° 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180) et en équivalents Aroclor pour les autres études. La somme des 7 congénères représente environ 24.2% de l'expression en équivalents Aroclor.

Les flux de ces polluants dans les émissaires, ont été calculés à partir des débits des eaux usées mesurés pendant 24 heures (fournis par le SIAAP).

Tableau 1 *Organigramme des prélèvements*

Date de prélèvement	07-12 1999	08-12 1999	09-12 1999	10-12 1999	03-01 2000	04-01 2000	05-01 2000	09-01 2000	10-01 2000	11-01 2000
Eaux d'entrée										
Brutes	X	X	X							
Centrifugées	X	X	X							
MES	X	X	X							
Eaux décanteur primaire										
Brutes	X	X	X							
Eaux bassin aération										
Brutes	X	X	X							
Eaux décanteur secondaire										
Brutes	X	X	X							
Eaux sortie de STEP										
Brutes	X	X	X	X						
Boues bassin aération	X	X	X							
Boues décanteur secondaire	X	X	X							
Boues fraîches avant digesteur	X	X	X							
Boues sortie digesteur					X	X	X			
Boues déshydratées								X	X	X

3. Résultats

L'évolution de la concentration en PCB, exprimée par la somme de 6 des 7 congénères de la norme européenne, dans les eaux brutes au long de la traversée de la station pendant 3 jours consécutifs de décembre 1999, montre que globalement, environ 50 à 75% des PCB sont éliminés au cours du traitement, passant de 20 ou 40 ng L^{-1} jusqu'à 10 ng L^{-1} et que le décanteur primaire à lui seul, assure la moitié de l'élimination (Fig. 2). L'homogénéité des valeurs entre les 3 jours, indique que l'efficacité du traitement reste constante.

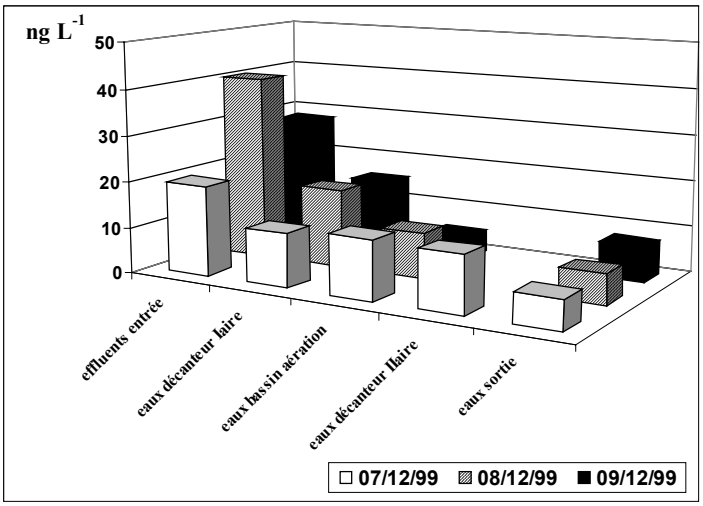

Figure 2. *Evolution des concentrations en PCB dans les eaux brutes au cours du traitement.*

La répartition des différents congénères de PCB dans les effluents d'entrée, a été déterminée par les concentrations de 5 congénères représentatifs de degrés de chloration croissants: PCB 28, 52, 118, 153 et 180 dans les eaux brutes et après centrifugation (Fig. 3).

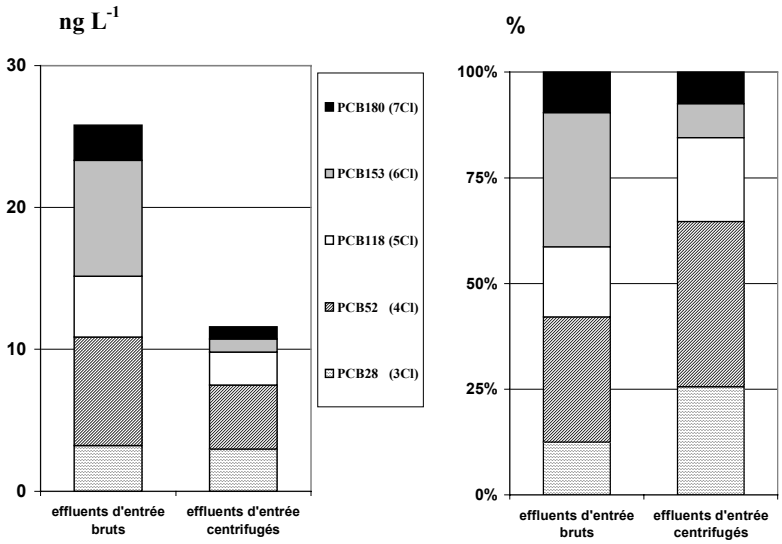

Figure 3. *Répartition des congénères de PCB dans l'effluent d'entrée brut et centrifugé.*

Les résultats en valeur absolue des 5 congénères en ng L^{-1} révèle que dans l'ensemble, la moitié des PCB se trouve dans la phase dissoute avec la plus grande proportion de PCB peu chlorés. Ce résultat est en accord avec les données de Chevreuil *et al.* (1990) dans les effluents parisiens. Cette répartition entre phase dissoute et particulaire est également rencontrée dans les eaux de surface.

En valeur relative, les congénères 28 et 52 sont plus abondants en phase dissoute, le PCB 28 voit sa concentration x 2. Le 118 est également réparti entre les deux phases tandis que le 153 et le 180 sont moins représentés. La répartition des 5 congénères dans les eaux brutes au cours du traitement montre que les plus chlorés : PCB 153 et 180 du fait de leur adsorption sur les matières particulaires qui ont été décantées, sont relativement mieux éliminés que les congénères plus légers (Fig. 4).

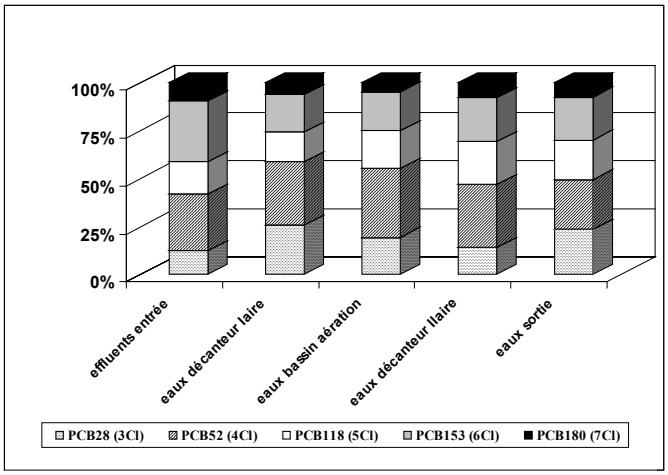

Figure 4. *Evolution de la répartition des congénères de PCB dans les eaux brutes au cours du traitement.*

Nous avons estimé le flux de polluants journalier retenu au cours du traitement par la filière Seine-Aval IV et donc le rendement d'épuration, à partir des débits d'entrée et de sortie des effluents mesurés en m^3 par jour (fournis par le SIAAP) et des concentrations en PCB (somme des 6 congénères de la norme européenne). Il est de 75 % (Tableau 2). Cette valeur est bien située par rapport aux données de la littérature : 31 à 83 % (Garcia-Gutierrez, 1982 ; Granier *et al.*, 1988 ; de Alencastro, 1995).

Tableau 2. *Rendements d'extraction des PCB (Σ 6 congénères de la norme) au cours du traitement des eaux usées dans la tranche de Seine-Aval IV.*

	07/12/1999	**08/12/1999**	**09/12/1999**
Eaux brutes Effluents d'entrée (g j^{-1})	7.3	6.7	11.9
Eaux brutes Effluents de sortie (g j^{-1})	0.30	0.62	0.74
Rendement de la station (%)	67	84	75

L'évolution des teneurs en PCB au cours du traitement a montré que dans l'ensemble, les valeurs sont 2.6 fois plus élevées dans les boues d'épandage que dans les MES de l'effluent d'entrée. Les boues mixtes (décanteur primaire + secondaire) avaient une teneur en PCB plus faible que les boues du décanteur secondaire. Marchand *et al.* (1989) ont observé un rendement d'élimination des PCB plus faible dans le décanteur primaire que dans le décanteur secondaire. Globalement, deux phases se distinguent, avec un enrichissement des boues à partir de l'étape du digesteur.

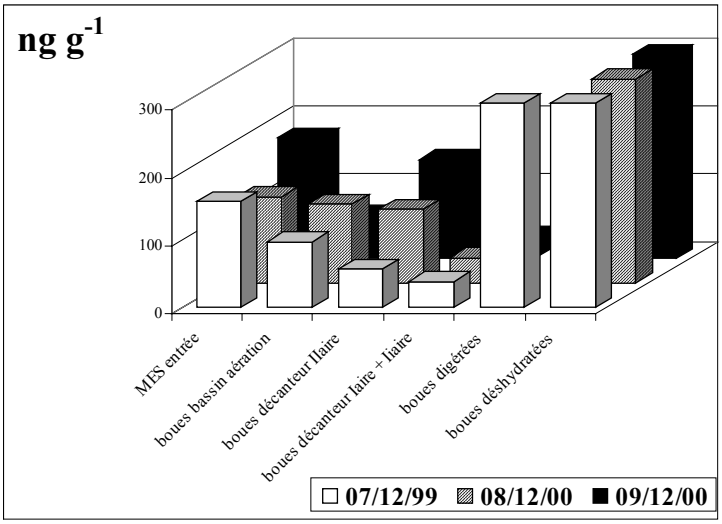

Figure 5. *Evolution de la concentration en PCB (Σ des congénères 28, 52, 118, 138, 153 et 180) des MES et des boues au cours du traitement.*

Vraisemblablement, les processus de dégradation anaérobie, mis en oeuvre dans le digesteur (tels que la méthanisation), entraînent une perte importante de la quantité de matière organique et donc une élévation de la concentration en PCB. Il faut aussi tenir compte des apports en polluants par la file 1 de Achères IV et de Achères III qui à ce niveau, sont traités dans le même digesteur. Enfin, les périodes d'intégration considérées étaient différentes : 24 h pour les MES et 21 jours dans le digesteur.

Toutefois, la concentration finale a été de 350 ng g^{-1} (Σ 6 congénères de la norme) donc conforme aux directives européennes qui fixent le seuil de tolérance à 800 ng g^{-1} de poids sec(Σ 7 congenères de la norme).

Considérant les différentes classes de PCB dans les boues, un enrichissement en composés très chlorés a été observé dans les premières étapes du traitement, en relation avec les phénomènes de décantation des particules qui retiennent préférentiellement les plus lourds. Puis, un enrichissement en composés peu chlorés au niveau des deux dernières étapes, ce qui reste inexpliqué (figure 6).

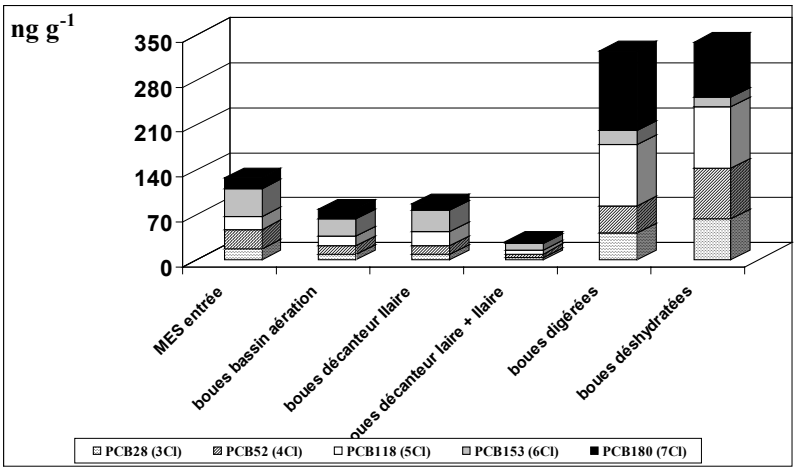

Figure 6. *Evolution de la répartition de différents congénères de PCB dans les boues au cours du traitement.*

Concernant les HAP, nous avons observé une concentration particulièrement élevée de 25000 ng L^{-1} dans l'effluent d'entrée (figure 7). Cette valeur est 5 fois plus élevée que lors de notre campagne de 1999.

Concernant la répartition des composés, il y a eu prédominance des HAP légers: le phénanthrène (C14 à 3 cycles), 40%; le naphtalène (C10 à 2 cycles), 21%; puis le fluorène (C13 à 3 cycles), 15.5 %; le pyrène et le chrysène étaient également présents de façon significative. Ces 5 HAP représentent 92 % du total. Dans l'eau filtrée, on a observé une diminution des composés les plus lourds : de 22 à 14 % du total, en relation avec leur liaison aux particules. Dans l'ensemble, 68 % des HAP ont été trouvés dans la phase particulaire de l'effluent d'entrée contre 50% pour les PCB.

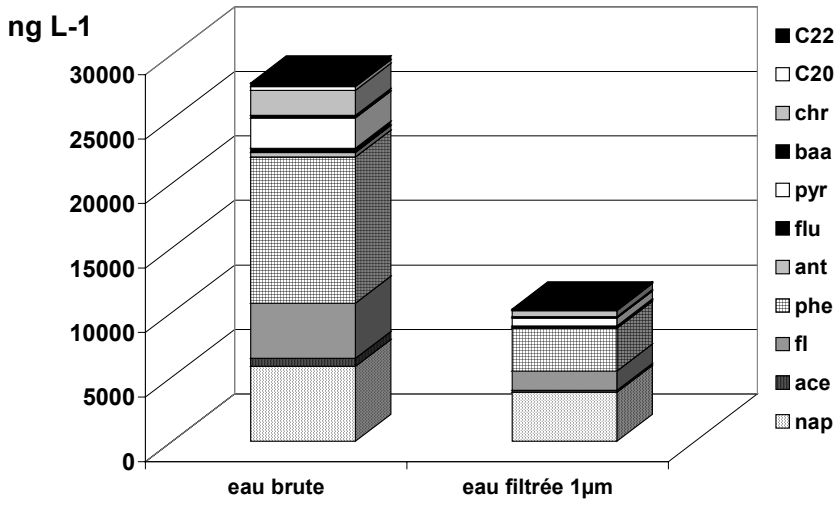

Figure 7. *Répartition des HAP dans les eaux brutes et les eaux filtrées de l'effluent d'entrée.*

Les concentrations en HAP dans l'effluent de sortie (Fig. 8) restent inférieures aux seuils de tolérance préconisés par le décret européen du 16 octobre 1997 pour les eaux de surface (Σ 6 HAP < 1000 ng L^{-1}) et même, pour les eaux de distribution (Σ 6 HAP < 200 ng L^{-1}). Le rendement d'élimination de la station Seine-Aval est donc particulièrement efficace en ce qui concerne les HAP avec un rendement moyen de 98 %. La majeure partie de ces composés est préférentiellement fixée sur les particules et se trouve éliminée par les différents processus de décantation. De plus, deux autres voies d'élimination peuvent être envisagées :

- - par évaporation au niveau des différents bassins car ces composés sont semi-volatils (leur pression de vapeur saturante à température ambiante est relativement élevée)
- - ou par biodégradation aérobie ou anaérobie.

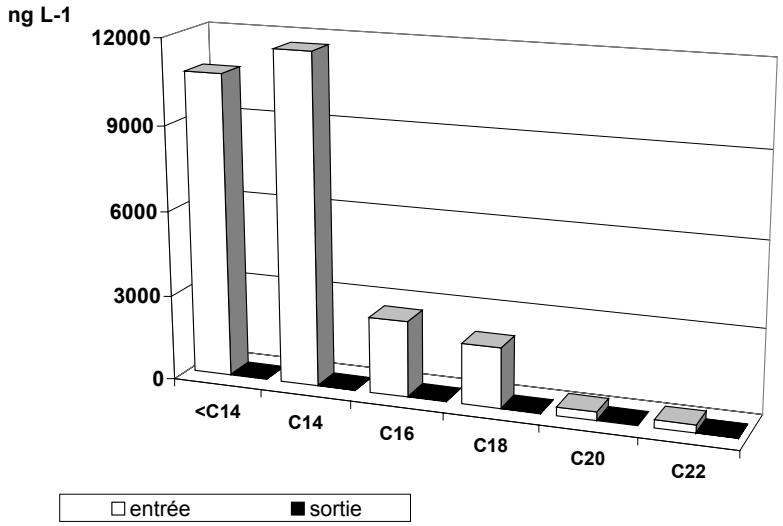

Figure 8. *Concentration en HAP dans l'effluent d'entrée et de sortie de Seine-Aval IV.*

L'estimation de l'impact des apports atmosphériques par temps de pluie sur la contamination en PCB des effluents d'entrée des différents émissaires de Seine-Aval sur des prélèvements intégrés sur 24 heures a été réalisée pendant un épisode sec et un épisode pluvieux.

Les résultats exprimés en somme des 7 congénères de la norme européenne et en équivalents Aroclor montrent globalement, des concentrations 2 fois plus élevées par temps de pluie (Fig. 9). Les PCB proviennent de l'atmosphère notamment des incinérateurs urbains (Alcock *et al.*, 1999). En raison de la qualité des surfaces, la majeure partie est entraînée par les eaux de ruissellement vers les émissaires. Il faut aussi évoquer l'éventualité d'une remise en suspension de dépôts plus anciens à l'intérieur des émissaires par l'augmentation du débit.

Connaissant la valeur des débits, les flux de polluants dans les différents émissaires ont été calculés (Fig.9). les résultats montrent les mêmes tendances que l'année précédente avec une prédominance de la contamination dans les émissaires de Clichy-Bezons et de Clichy-Argenteuil (Teil *et al.*, 2000).

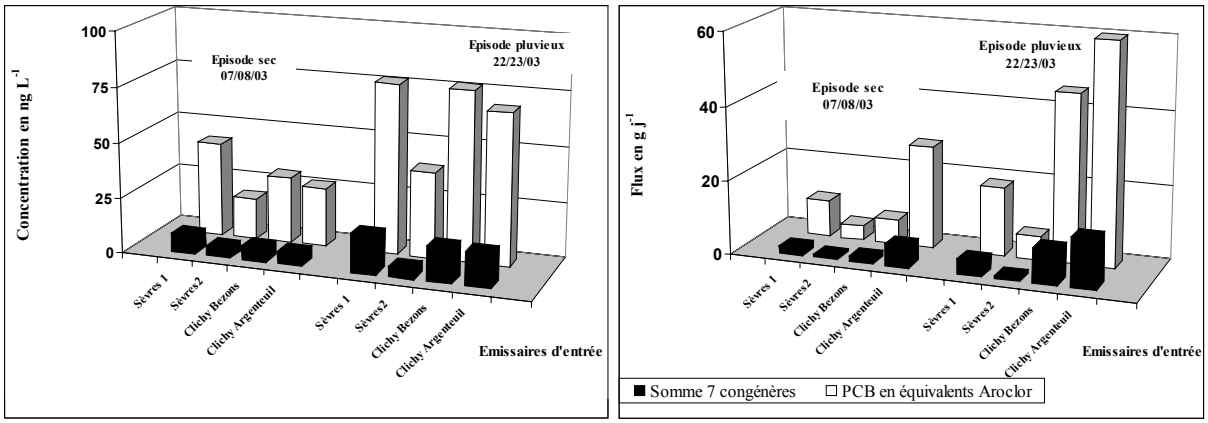

Figure 9. *Concentration et flux journalier de PCB au cours d'un épisode sec (7 et 8 mars 2000) et pluvieux (23 et 24 mars 2000) dans les 4 émissaires d'entrée à la station Seine-Aval.*

A partir des données fournies par le SIAAP, nous avons estimé l'augmentation du débit d'entrée dû à la pluie dans les 4 émissaires arrivant à la station Seine-Aval, soit 171×10^3 m^3 par 24 heures. La détermination de la concentration en PCB dans les retombées atmosphériques totales recueillies le même jour à Paris (Jussieu) nous a permis d'estimer l'apport en PCB par la pluie à la STEP (Tableau 3). La contribution des retombées atmosphériques totales à la contamination des eaux usées représentait 16.5 % pour les PCB. Ce résultat est plus faible quest plus que celui de l'année précédente (69 %). Les conditions météorologiques justifient vraisemblablement cette différence : les précipitations on été plus abondantes tout au long de l'année 2000, l'épisode de temps sec n'a duré que 4 jours et la hauteur des précipitations a été plus faibles le jour de l'étude par temps pluvieux (4 mm contre 17 mm l'année précédente).

Ce résultat confirme la participation des eaux de pluie à la contamination par les PCB des eaux usées arrivant à la STEP.

Tableau 3. *Flux journaliers de POP dans les eaux usées arrivant à Achères et contribution des retombées atmosphériques totales.*

	Episode sec 7-8 03 2000	**Episode pluvieux 23-24 03 2000**	**Accroissement du flux par temps de pluie (23-24 03)**	**Flux de la retombée humide**	**Contribution de la retombée humide (%)**
PCB (Σ 7 congénères)	10 g j^{-1} (4.5 à 8.5 ng L^{-1})	26 g j^{-1} (5 à 18 ng L^{-1})	16 g j^{-1}	2.7 g j^{-1} (16 ng L^{-1})	16.5 %

4. Conclusions

Dans l'ensemble, le niveau de contamination par les HAP a été 1000 fois supérieur à celui des PCB dans les eaux usées arrivant à Seine-Aval en relation avec leur synthèse continuelle au cours des processus de combustion. Les proportions transportées sur les particules, pour ces 2 types de polluants, étaient de 50 % pour les PCB et de 68 % pour les HAP, cela étant dû à leurs solubilités respectives. Les HAP et les PCB ont présenté des comportements différents au niveau de la station avec des rendements d'épuration de 67 à 75 % pour les PCB et de 98 % pour les HAP en rapport avec leur élimination par les processus de décantation mis en œuvre dans la station.

Du fait des risques biologiques liés aux PCB et aux HAP, les normes en vigueur sont particulièrement strictes et un contrôle régulier des teneurs des boues et des concentrations des effluents de sortie est nécessaire.

Si la recherche approfondie des mécanismes de biodégradation mis en œuvre dans le digesteur présente un intérêt fondamental, notamment pour élucider les mécanismes d'évolution de la répartition des différents congénères de PCB dans les boues, l'axe de recherche prioritaire se situe plutôt en amont de la station avec l'identification des sources d'apport et *in fine*, une action directe à ce niveau.

Remerciements

Nous tenons à remercier M. Cancé du SIAAP qui a accepté d'organiser les collectes d'échantillons d'eaux usées et de boues utilisés dans cette étude.

5. Références

Alcock RE, Gemmil R, Jones KC (1999) Improvements to the PCDD/F and PCB atmospheric emission inventory followoing an emission measurement programme. *Chemosphere* **38** :759-770.

de Alencastro LF (1995). Les polychlorobiphényles dans les systèmes de désapprovisionnement des eaux usées, EPFL.

Blanchard M, Teil MJ, Carru AM, Chesterikoff A, Chevreuil M (1997). Organochlorine distribution and monoorthosubstituted PCB pattern in the roach (*Rutilus rutilus*) from the river Seine. *Wat. Res.* **31** :1455-1461.

Chevreuil M, Garnier L, Chesterikoff A, Létolle R (1990). Polychlorinated biphenyl partitioning in waters from river, filtration plant and wasewater plant : the case for Paris, *Water Resource* **24** : 1325-1333.

Directives de la Communauté Européenne 85/476/CEE.

Garcia-Gutierrez AG, Mc Intyre AE, Perry R, Lester JN (1982). The behaviour of PCBs in the primary sediment process of sewage treatment : a pilot plant study. *The Science of the Total Environment* **22**, 243-252.

Granier LK, Chesterikoff A, Chevreuil M, Létolle R (1988). Essai de bilan des polychlorovbiphényles à la station d'épuration de l'agglomération parisienne (Achères). *C. R. Acad. Sci. Paris* **306**, 1175-1178.

Ollivon D, Garban B et Chesterikoff A (1995). Analysis of the distribution of some polycyclic aromatic hydrocarbons in sediment and suspended matter in the river Seine (France). *Water,Air and Soil Pollution* **81** : 135-152.

Marchand M, Caprais JC, Pignet P, Porot V (1989). Les polluants organiques dans les effluents urbains et apports polluants dans le milieu marin. *Water Resource* **23** :461-470.

Teil MJ, Blanchard M, Ollivon D, Garban B, Chevreuil M (2000). Origine et qualité des apports en polluants organiques persistants: hydrocarbures aromatiques polycycliques et polychlorobiphényles, de temps sec et de temps de pluie à la station d'épuration Seine Aval. *Rapport PIREN-SEINE 1999*, Thème V-3, 21p.

6. Annexes : Apport et devenir des polluants organiques persistants dans une filière d'épuration de Seine-Aval IV

Annexe.1. *Concentration en PCB (somme de 6 congénères et équivalents Aroclor) dans les eaux brutes et dans les boues au cours du traitement*

	07-12-99		**08-12-99**		**09-12-99**	
ngL-1	**Σ 6 congénères**	**Equivalents Aroclor**	**Σ 6 congénères**	**Equivalents Aroclor**	**Σ 6 congénères**	**Equivalents Aroclor**
effluents entrée	19,5	25,9	40,3	50,4	28,2	41,1
eaux décanteur Iaire	11,6	15,7	17,1	21,8	15,5	20,7
eaux bassin aération	12,8	16,8	10	12,7	5,1	6,8
eaux décanteur IIaire	12,6	16,2				
eaux sortie	6,4	8,7	6,5	8,7	7,6	9,9
µg kg-1	07-12-99		08-12-99		09-12-99	
MES entrée	155,2	208,9	126,4	190,2	177,3	240,6
boues bassin aération	96,1	142,4	116,2	171,5	64,5	132,8
boues décanteur IIaire	56	83,2	108,1	154,2	145,6	211,7
boues décanteur Iaire + Iiaire	37,6	67,1	36,8	94,3	33,5	47,1
	03-01-00					
boues digérées	356,2	590				
	09-01-00		10-01-00		11-01-00	
boues déshydratées	444	708	443	647	300	497

Annexe.2. *Concentration en PCB de différents degrés de chloration dans les eaux brutes et dans les boues au cours du traitement*

ngL-1	**PCB28 (3Cl)**	**PCB52 (4Cl)**	**PCB118 (5Cl)**	**PCB153 (6Cl)**	**PCB180 (7Cl)**
effluents entrée	3,23	7,63	4,3	8,17	2,47
eaux décanteur Iaire	3,3	4,2	2,03	2,47	0,83
eaux bassin aération	1,6	2,93	1,63	1,66	0,4
eaux décanteur IIaire	1,6	3,7	2,5	2,6	0,9
eaux sortie	1,53	1,66	1,33	1,43	0,5
µg kg-1					
MES entrée	17,53	29,53	20,57	43,6	15,7
boues bassin aération	8,1	14,47	14,43	26,6	14,6
boues décanteur IIaire	8,16	14,3	21,26	33,3	10,86
boues décanteur Iaire + IIaire	3,36	5,83	5,13	10,56	3,86
boues digérées	42,4	41,6	94,4	22,4	124
boues déshydratées	63,6	78,5	95,8	15,4	85,2

Annexe.3. *Concentrations des différents congénères de PCB dans les eaux usées des émissaires arrivant à Seine-Aval IV au cours d'un épisode sec et d'un épisode pluvieux en mars 2000.*

ng L^{-1}	**épisode sec 07/08/03**				**épisode pluvieux 23/24/03**			
	Sèvres 1	**Sèvres2**	**Clichy Bezons**	**Clichy Argenteuil**	**Sèvres 1**	**Sèvres2**	**Clichy Bezons**	**Clichy Argenteuil**
Somme 7 congénères	8,5	4,5	6,3	5,7	17,6	4,8	15,9	15,1
PCB en équivalents Aroclor	42,7	18,5	30	26,7	76,9	39	76,9	68,6

Annexe.4. *Concentrations en HAP des eaux brutes et filtrées entrant à Seine-Aval IV.*

	entrée eau brute	entrée eau filtrée	sortie eau brute	sortie eau filtrée
ng/l				
nap	5793,8	3777,6	19,9	37,9
ace	623,5	158,9	1,0	1,3
fl	4293,8	1510,5	4,5	10,4
phe	11326,5	3323,4	6,9	43,0
ant	344,7	93,9	0,3	1,8
flu	342,7	70,6	4,3	15,7
pyr	2342,0	616,9	13,9	20,5
baa	200,2	104,0	3,0	3,4
chr	1935,0	474,9	10,6	14,6
bbf	162,1	37,0	3,6	2,7
bkf	32,3	7,0	1,8	1,2
bap	107,0	23,1	2,5	1,3
dba	62,2	9,9	0,5	0,5
bgp	199,1	43,1	3,5	2,6
ind	17,9	0,0	2,0	0,0
HAP totaux	27782,6	10250,8	78,2	156,9
Σ 7 composés	861,0	180,8	17,6	23,4