

# Programme d'actions PCB 2011-2013 du bassin Rhône-Méditerranée

---

## Évaluation des sources contributrices au flux de PCB du Rhône à la Méditerranée



Octobre 2013

## **REDACTION**

---

Sébastien PRADELLE - IRSTEA Lyon / Milieux Aquatiques, Ecologie et Pollutions  
Delphine CATHALA - DREAL Rhône-Alpes / Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée  
Yves GOUISSET - DREAL Rhône-Alpes / Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée

## **CONTRIBUTIONS**

---

Groupe Scientifique et Technique du Programme PCB du Bassin Rhône-Méditerranée

**CREDIT PHOTO PAGE DE COUVERTURE** : © Laurent Mignaux / METL-MEDDE

**GRAPHISME** : DREAL Rhône-Alpes / DIR / COM

## **SOURCES DE DONNEES**

---

### **STATIONS DE TRAITEMENT DES EAUX USEES**

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse  
Agence de l'Eau Seine-Normandie  
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)  
Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF)  
Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (MEDDE)

### **EXCRETION HUMAINE**

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse  
Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)  
Institut Géographique National (IGN)  
Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)  
Institut de Veille Sanitaire (InVS)

### **RETOMBEES ATMOSPHERIQUES**

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse  
Agence Environnementale Européenne  
ATMO Rhône-Alpes  
Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA)  
Valence Agglo Sud Rhône-Alpes

### **REJETS INDUSTRIELS**

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse  
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)  
Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (MEDDE)

### **FLUX DE PCB VERS LA MEDITERRANEE**

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse  
Compagnie Nationale du Rhône (CNR)  
Centre d'Océanologie de Marseille

## RESUME

Depuis 2008, un suivi des flux de matières en suspension ainsi que de divers polluants est réalisé au niveau de la Station Observatoire du Rhône à Arles (SORA). Dans ce cadre, les flux de PCB indicateurs du Rhône à la Méditerranée ont pu être évalués entre 21 et 153 kg selon les années, ces variations étant essentiellement liées au régime hydrologique du Rhône.

Dans le cadre du second programme d'actions PCB du bassin Rhône-Méditerranée (2011-2013), il est apparu indispensable de quantifier les flux de PCB entrant dans le bassin-versant du Rhône. En effet, depuis l'interdiction de l'utilisation de PCB, les seules activités autorisées à en rejeter dans le bassin Rhône-Méditerranée sont deux établissements d'élimination des appareils contenant des PCB. Or les flux mesurés en Arles représentent plusieurs centaines de fois les rejets autorisés. S'ajoutant aux PCB déjà présents dans les sédiments et matières en suspension du Rhône, il est donc fort probable que d'autres sources contribuent à la pollution du bassin du Rhône.

Le présent travail a permis, sur la base d'études réalisées à l'échelle du territoire français ou du bassin du Rhône, d'estimer certains flux de PCB entrant annuellement sur le bassin-versant du Rhône via les stations de traitement des eaux usées (STEU), les rejets de la population humaine (liée à l'exposition alimentaire), les retombées atmosphériques et les rejets industriels.

Les évaluations réalisées dans le cadre de ce rapport permettent de classer par ordre d'importance :

- les retombées atmosphériques évaluées entre 9,7 et 12,6 kg de PCB indicateurs par an sur les surfaces en eau et imperméabilisées du bassin du Rhône, dont 6,1 à 8,2 kg sont orientés directement vers le Rhône ou ses affluents. Les retombées atmosphériques représentent ainsi 3,6 à 4,4 kg par an en entrée des STEU du bassin du Rhône, soit 0,4 à 0,9 kg par an dans leurs effluents.

- les rejets des stations de traitement des eaux usées (contribution liée en partie aux retombées atmosphériques et à l'excrétion humaine) : évalués entre 0,4 et 4,3 kg par an.

- l'excrétion humaine, évaluée entre 0,2 et 0,5 kg par an en entrée de STEU, soit 20 à 100 grammes par an dans les effluents

- les rejets des deux établissements du bassin Rhône-Méditerranée soumis à autorisation : soit un maximum de 0,4 kg par an

- les autres rejets industriels mesurés dans le cadre de la campagne RSDE (inférieurs à 0,2 kg par an) pour la plupart en rejet direct pour les sites identifiés.

L'évaluation des flux de PCB de ces différentes sources contributrices à la pollution du Rhône permet de relativiser leurs importances, ainsi que l'impact d'autres apports tels qu'une pollution accidentelle ou la remobilisation de sédiment contaminés. Elle montre qu'une part significative des flux reste non expliquée.

Ce travail permet également de cibler les sources contributrices sur lesquelles des actions pourraient être menées afin de réduire les entrées de PCB sur le bassin du Rhône, comme par exemple : les rejets des réseaux d'assainissement collectifs de type séparatif (représentant de 4,1 à 5,3 kg de PCB<sub>i</sub> par an), les rejets des stations de traitement des eaux usées (estimés entre 0,4 et 4,3 kg de PCB<sub>i</sub> par an). Par ailleurs, il permet d'ouvrir la possibilité de mener des actions de recherches de sources afin de localiser les flux non expliqués.

## SOMMAIRE

---

Contexte.....	1
A. Sources contributrices à la pollution PCB du Rhône .....	3
1. Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU).....	3
a) Evaluation des quantités de PCB stockées dans les boues des STEU du bassin du Rhône .....	3
b) Taux de répartition des PCB entre effluents et boues de STEU .....	6
c) Taux d'abattement des matières en suspension au niveau des STEU.....	6
d) Evaluation des quantités de PCB rejetés par les STEU du bassin du Rhône .....	7
2. Excrétion humaine.....	8
a) Exposition alimentaire française .....	8
b) Excrétion humaine.....	9
c) Population du bassin-versant français du Rhône.....	9
d) Evaluation du flux total de PCB indicateurs en entrée de STEU lié à l'excrétion humaine .....	10
3. Retombées atmosphériques .....	10
a) Intensité des retombées atmosphériques de PCB.....	11
b) Surfaces imperméabilisées et surfaces de cours d'eau du bassin-versant français du Rhône .....	13
c) Type de réseau d'assainissement.....	14
4. Rejets industriels .....	18
a) Industriels autorisés à rejeter des PCB.....	18
b) Autres industriels.....	19
B. Suivi des flux de PCB vers la mer Méditerranée.....	19
Conclusion.....	20
Diagramme des flux de PCB indicateurs à l'échelle du bassin-versant français du Rhône.	23

## **LISTE DES FIGURES**

---

Figure 1 : Diagramme des flux de PCB à l'échelle du bassin du Rhône .....	2
Figure 2 : Production annuelle de boues pour les départements du bassin Rhône-Méditerranée, en tonnes de matières sèches par an .....	3
Figure 3 : Résultats d'analyses PCB réalisées sur les boues destinées à l'épandage au cours de la période 1999-2010.....	4
Figure 4 : Résultats d'analyses PCB réalisées sur les boues destinées au compostage pour les années 2009 et 2010 .....	5
Figure 5 : Performances des stations de traitement des eaux usées, vis à vis des matières en suspension .....	7
Figure 6 : Evolution des émissions atmosphériques de PCBdl (en kg) par secteur en France métropolitaine de 1990 à 2011 .....	12
Figure 7 : Répartition des émissions annuelles de PCB par SECTEN (SECTeurs Economiques et éNergie) en région pour l'année 2000 .....	13
Figure 8 : Surfaces imperméabilisées du bassin Rhône-Méditerranée.....	14
Figure 9 : Evolution du débit moyen journalier à Arles et positionnement des opérations de prélèvements d'eau et de matières en suspension pour les années 2008 à 2011.....	20
Figure 10 : Bilan des sources contributrices quantifiées au flux de PCB du Rhône à la Méditerranée.....	21
Figure 11 : Diagramme des flux de PCB indicateurs à l'échelle du bassin-versant français du Rhône .....	23

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau I : Concentrations en PCB (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180 et arochlor 1260) dans les eaux résiduaires et rendement des STEU urbaines .....	6
Tableau II : Estimation des quantités de PCB indicateurs rejetées au milieu via les effluents des stations de traitement des eaux usées.....	7
Tableau III : Evaluation du flux total de PCB indicateurs à l'entrée de l'ensemble des STEU du bassin du Rhône lié à l'excrétion humaine.....	10
Tableau IV : Estimation des retombées atmosphériques de PCB indicateurs sur les départements du Rhône et de l'Isère .....	11
Tableau V : Retombées atmosphériques annuelles de PCB indicateurs .....	11
Tableau VI : Répartition des surfaces imperméabilisées par type de réseau d'assainissement majoritaire .....	15
Tableau VII : Proportion de réseaux unitaires et séparatifs attribués à chacun des types de réseau majoritaire. ....	15
Tableau VIII : Répartition des retombées atmosphériques de PCB <sub>i</sub> sur les surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône (minimum et maximum basés sur des retombées atmosphériques respectivement de 10 et 13 ng/m <sup>2</sup> /j).....	16
Tableau IX : Proportion de réseaux unitaires et séparatifs attribués à chacun des types de réseau majoritaire en minimisant (Cas 1) ou maximisant (Cas 2) la proportion de réseaux majoritairement séparatif.....	16
Tableau X : Répartition des retombées atmosphériques de PCB <sub>i</sub> sur les surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône en fonction des coefficients attribués aux différents types de réseau d'assainissement .....	16

## CONTEXTE

---

L'objectif de ce rapport est de réaliser une synthèse des connaissances à l'échelle du bassin versant du Rhône afin de d'évaluer les quantités de PCB apportées par les différentes sources qui contribuent au flux actuel de PCB constaté à l'embouchure du Rhône en Méditerranée.

L'utilisation des PCB est désormais interdite et les seules activités susceptibles d'en rejeter dans l'environnement de manière autorisée concernent les établissements d'élimination des appareils contenant des PCB. Or, les flux mesurés en Arles représentent plusieurs centaines de fois les rejets autorisés. S'ajoutant aux PCB déjà présents dans les sédiments et matières en suspension du Rhône, des apports peuvent toujours avoir lieu via différentes sources. L'objectif de ce travail est d'établir la liste des principales sources de PCB et de quantifier le flux engendré par chacune d'elles à l'échelle du bassin-versant du Rhône.

Les sources contributrices à la pollution PCB présentent diverses origines :

- les rejets industriels liés à l'activité des sites, sachant que sur le bassin du Rhône deux établissements spécialisés dans la destruction de déchets contenant des PCB sont soumis à autorisation pour ces substances ;
- les sites et sols pollués ainsi que des décharges ;
- les retombées atmosphériques, une partie arrivant directement à la surface des cours d'eau, une autre sur des surfaces imperméabilisées qui sera orientée directement vers les cours d'eau ou les stations de traitement des eaux usées (STEU) en fonction du type de réseau d'assainissement (unitaire ou séparatif) recueillant les eaux de pluie ;
- le lessivage de voiries, bâtiments... ;
- l'excrétion humaine liée à l'exposition alimentaire ainsi qu'à l'imprégnation de la population ;
- les effluents de STEU. L'origine des PCB en entrée de STEU peuvent être diverses (excrétion humaine, retombées atmosphériques, lessivage des voiries, des bâtiments, ou de sites pollués, rejets d'industriels raccordés) ;
- des accidents ou incidents impliquant des appareils contenant des PCB (incendie, acte de vandalisme sur transformateurs...).
- mais également d'autres contribution difficilement quantifiables telles que la remobilisation de sédiments contaminés, le flux de PCB du Rhône à son entrée sur le territoire français...

Pour chacune de ces sources, le travail présenté dans ce rapport a consisté à partir de données récemment acquises, à évaluer le flux de PCB vers le fleuve Rhône, dans le but de relativiser le flux total évalué pour l'ensemble de ces sources par rapport au flux de sortie vers la méditerranée (estimé au niveau de la station SORA - Arles). Ce travail d'évaluation a été réalisé à l'échelle du bassin-versant français du Rhône, par conséquent il est important de noter que des entrées de PCB peuvent également avoir lieu en amont de ce territoire<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Néanmoins, la superficie du bassin versant du Rhône situé sur le territoire suisse ne représente que 8% de la superficie totale du bassin du Rhône. Nous pouvons donc considérer, qu'à contributions équivalentes, les apports de PCB via le bassin-versant suisse du Rhône sont relativement faibles par rapport aux contributions du bassin-

Etant donné la forte variabilité des concentrations observées dans la littérature que ce soit en fonction du pays, ou de l'année d'étude, l'estimation quantitative de la contribution de chacune des sources est réalisée sur la base de références essentiellement récentes et issues du bassin du Rhône ou du territoire national. L'ensemble des flux ainsi que la plupart des références bibliographiques citées sont basées sur des résultats exprimés en somme des 7 PCB indicateurs (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180).

Le travail réalisé a conduit à établir un diagramme des flux de PCB à l'échelle du bassin du Rhône (Figure 1). Ce rapport a vocation à détailler les estimations de chacune des sources contributrices affichées dans le diagramme des flux détaillés, présenté en fin de rapport.

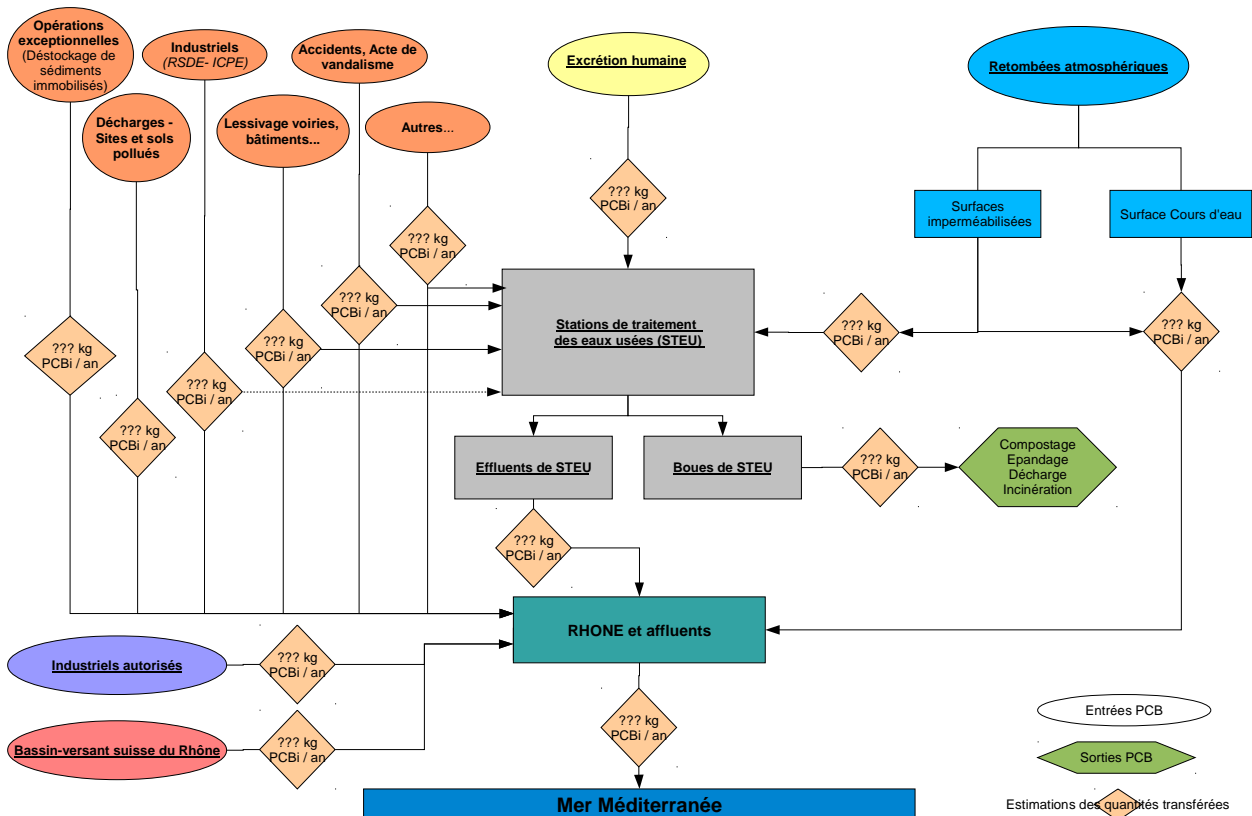


Figure 1 : Diagramme des flux de PCB à l'échelle du bassin du Rhône

A noter que les valeurs affichées dans ce rapport doivent être considérées comme des ordres de grandeurs. En effet, les évaluations de flux réalisées dans le cadre de cette étude présentent des niveaux d'incertitude relativement importants. Néanmoins, ces ordres de grandeurs sont suffisants pour mettre en évidence les sources contributrices qui représentent des apports significatifs de PCB à l'échelle du bassin du Rhône.

versant français. Et d'autant plus si l'on considère l'effet de piégeage que peut jouer le Léman vis à vis d'une pollution par des composés essentiellement transportés par les matières en suspension.



## A. SOURCES CONTRIBUTRICES A LA POLLUTION PCB DU RHONE

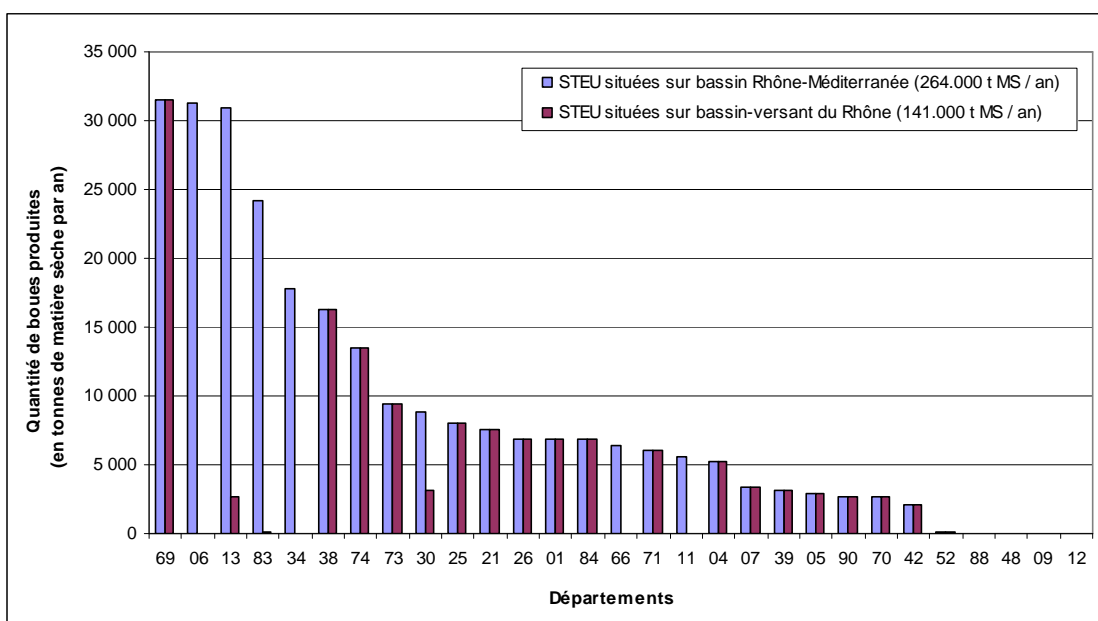
### 1. Stations de Traitement des Eaux Usées (STEU)

Faute de résultat de concentrations en PCB dans les effluents de stations de traitement des eaux usées (STEU), l'évaluation du flux de PCB rejetés par les STEU du bassin-versant français du Rhône est basée sur la production totale de boues de ces STEU ainsi que sur les concentrations moyennes en PCB mesurées dans les boues destinées à l'épandage ou compostage. Ce travail permet dans un premier temps d'évaluer la quantité de PCB retenue annuellement dans les boues de STEU. Dans un second temps, à partir des données de taux d'abattement des STEU du bassin Rhône-Méditerranée, une évaluation de la quantité de PCB rejetés au milieu via les effluents de STEU peut être réalisée.

Une seconde évaluation de ce flux est réalisé à partir des flux estimés en entrée de STEU aux points A.2. et A.3. du rapport.

#### a) Evaluation des quantités de PCB stockées dans les boues des STEU du bassin du Rhône

Les stations de traitement des eaux usées (STEU) du bassin Rhône-Méditerranée et Corse produisent chaque année environ 280 000 tonnes de boues<sup>2</sup>. Plus de la moitié d'entre elles proviennent de stations situées dans le bassin-versant du Rhône<sup>3</sup> (Figure 2). Les données recueillies par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse, permettent d'estimer la production de boues du bassin-versant du Rhône à environ 141 000 tonnes par an.



**Figure 2 : Production annuelle de boues pour les départements du bassin Rhône-Méditerranée, en tonnes de matières sèches par an**

(Source des données: Portail d'information sur l'assainissement collectif)

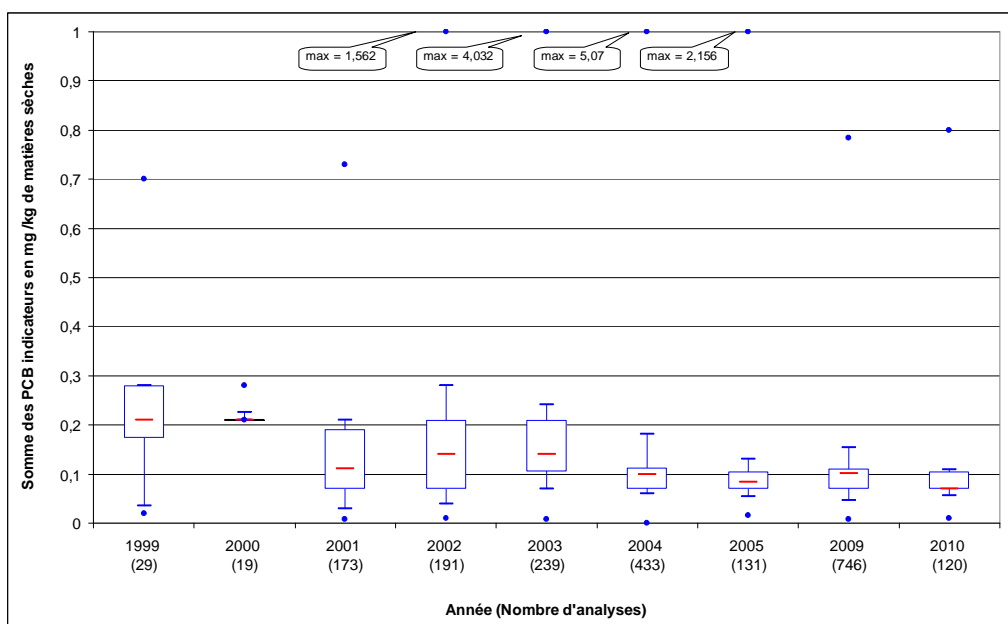
<sup>2</sup> Qualité des boues d'épuration urbaines recyclées sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse : Situation 2000-2010, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse, 16p.

<sup>3</sup> Portail d'information sur l'assainissement collectif : <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>

A l'échelle du bassin Rhône-Méditerranée, la destination des boues produites se répartit de la manière suivante<sup>2</sup>: compostage (33% du tonnage), incinération (29%), épandage (27%) et mise en décharge (11%).

Une surveillance qualité est réalisée pour les boues destinées à l'épandage (dans le cadre du suivi du plan d'épandage) ou au compostage (pour admission dans un centre de compostage). Les résultats de cette surveillance ont été recueillis par l'Agence de l'Eau auprès des Missions d'Expertise et de Suivi des Epandages (MESE) des départements du bassin ainsi qu'auprès des 51 centres de compostage du bassin Rhône-Méditerranée et Corse. Les derniers résultats transmis par les MESE et les centres de compostage, à l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée & Corse datent de 2009 et 2010. Des résultats d'analyses PCB sont disponibles pour la période 1999-2010 en ce qui concerne les boues destinées à l'épandage (Figure 3) et sur la période 2009-2010 pour les boues destinées au compostage (Figure 4).

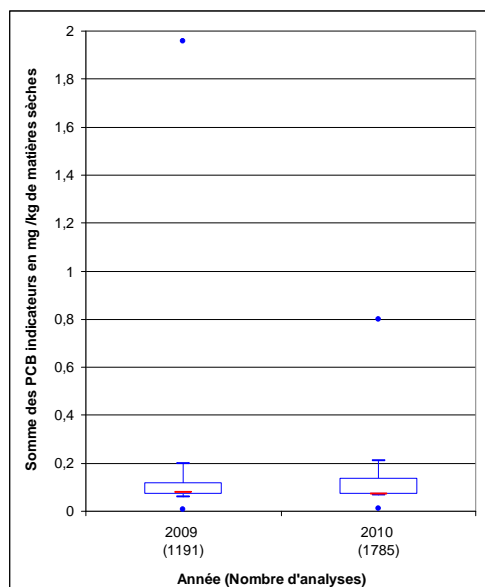
Les résultats d'analyses obtenus sur les boues destinées à l'épandage ne présentent pas de dépassement du seuil réglementaire<sup>4</sup> de 0,8 mg/kg de matière sèche autorisant l'épandage des boues. Les résultats d'analyses obtenus pour les boues destinées à l'épandage ou au compostage correspondent à la somme des 7 PCB indicateurs (pour la plupart sans détail par congénère). De plus, les valeurs affichées ne permettent pas de différencier si le résultat correspond à une somme de valeurs quantifiées ou à une somme des limites de quantification de chacun des 7 congénères. Toutefois certaines valeurs (0,07 ; 0,105 ; 0,14 ; 0,35 ou 0,7 mg/kg de matière sèche) observées un grand nombre de fois dans le jeu de données, peuvent être considérées comme la somme des sept limites de quantification alors égales à (0,01 ; 0,015 ; 0,02 ; 0,05 ou 0,1 mg/kg de matière sèche).



**Figure 3 : Résultats d'analyses PCB réalisées sur les boues destinées à l'épandage au cours de la période 1999-2010**

<sup>4</sup> Arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées

La diminution des valeurs observées sur la Figure 3 à partir de 2004 est en grande partie liée à une baisse des limites de quantification analytique. Sur la période 1999-2003 pour un grand nombre d'analyses les limites de quantification par congénère était comprises entre 0,01 et 0,03 mg/kg (voire 0,04 en 1999) tandis qu'à partir de 2004 les limites de quantification par congénère sont principalement comprise entre 0,01 et 0,015mg/kg.



**Figure 4 : Résultats d'analyses PCB réalisées sur les boues destinées au compostage pour les années 2009 et 2010**

La moyenne de la somme des PCB indicateurs des boues destinées à l'épandage pour les années 2009 et 2010 est de 0,104 mg/kg de matière sèche (866 résultats disponibles). Pour la surveillance des boues destinées au compostage cette moyenne est égale à 0,129 mg/kg (3164 résultats disponibles pour ces deux années). La moyenne pondérée de l'ensemble de ces boues est de 0,123 mg / kg de matière sèche. Cette moyenne serait toutefois surestimée puisque plus de la moitié des résultats du jeu de données semblent correspondre à la somme des limites de quantification de chacun des congénères. A titre de comparaison, dans un rapport de l'ADEME de 1995<sup>5</sup>, la concentration moyenne observée au niveau national dans les boues de STEP était de l'ordre de 1,5 mg / kg de matière sèche de boues (avec un minimum de 0,44 et un maximum de 5 mg par kg).

Dans un second temps, afin d'ajuster cette valeur de contamination moyenne, pour les échantillons de boues dont aucun congénère de PCB indicateur ne semble dépasser la limite de quantification de l'analyse, la somme des 7 PCB indicateurs a été considérée comme égale à la limite de quantification d'un des congénères<sup>6</sup>. Ainsi, les concentrations moyennes en PCB<sub>i</sub> des boues destinées à l'épandage et au compostage sont alors respectivement de 0,067 et 0,061 mg/kg. La moyenne globale serait alors de 0,063 mg/kg soit environ la moitié de celle estimée précédemment.

<sup>5</sup> ADEME, 1995. Les micro-polluants organiques dans les boues résiduelles des stations d'épurations urbaines - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 222p.

<sup>6</sup> C.E. (2009). Directive établissant, conformément à la directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil, des spécifications techniques pour l'analyse chimique et la surveillance de l'état des eaux. Journal officiel de l'Union européenne, 201/236 - 201/238

Les résultats d'analyses obtenus pour les boues de STEU du bassin Rhône-Méditerranée, destinées à l'épandage ou au compostage, permettent de considérer une concentration moyenne des boues de STEU comprise entre 63 et 123 mg / tonne de matière sèche.

**La quantité de PCB indicateurs stockés annuellement dans les boues des STEU du bassin du Rhône (soit 141.000 tonnes) peut ainsi être estimée entre 8 et 17 kg.**

Afin de réduire cette incertitude, il serait important d'homogénéiser et de diminuer les limites de quantification analytique pour les différents congénères et de pouvoir obtenir pour l'ensemble des échantillons analysés : des résultats détaillés par congénère.

### *b) Taux de répartition des PCB entre effluents et boues de STEU*

Des analyses réalisées au niveau de 27 STEU du bassin Seine-Normandie, mettent en évidence que 23 à 34% des PCB mesurés en entrée de stations se retrouvent dans les effluents de STEU (Merlet D. - 1990<sup>7</sup>). La majeure partie se retrouvant concentrée dans les boues. Cette proportion a été établie à partir des mesures de concentration en entrée et en sortie de STEU des congénères 28, 52, 101, 138, 153, 180 ainsi que de l'Arochlor 1260.

Les résultats du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France rapportées en 1991<sup>8</sup> concordent avec ces valeurs. Le suivi de 37 STEU a permis d'observer que 19 à 24% des PCB mesurés en entrées de STEU se trouvaient dans les effluents de la station.

Source de la donnée	Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (1991)				Agence de l'Eau Seine-Normandie (Merlet D. 1990)			
	Nombre de STEU	Amont µg/l	Aval µg/l	Rapport des concentrations (Effluents / Entrée de STEU)	Nombre de STEU	Amont µg/l	Aval µg/l	Rapport des concentrations (Effluents / Entrée de STEU)
STEU rurales / urbaines	25	0.26 µg/l	0.061 µg/l	24%	25	0.13 µg/l	0.045 µg/l	34%
STEU urbaines	12	0.28 µg/l	0.053 µg/l	19%	2	0.3 µg/l	0.07 µg/l	23%

**Tableau I : Concentrations en PCB (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180 et arochlor 1260) dans les eaux résiduaires et rendement des STEU urbaines (Source ADEME-IRH, 1995)**

### *c) Taux d'abattement des matières en suspension au niveau des STEU*

Les performances des stations de traitement des eaux usées ont évolué depuis le début des années 90. Les données issues des processus d'autosurveillance du fonctionnement des STEU (extraites sur le portail de bassin<sup>9</sup>) réalisé depuis 2009, permettent d'évaluer les performances de chacune d'elles. Les chiffres de performance des STEU, notamment vis à vis des matières en suspension, permettent d'espérer une répartition des PCB plus élevée en faveur des boues

<sup>7</sup> Merlet D., 1990 – Collectivités et industries – Estimation des flux de substances toxiques produites et rejetées. Agence de bassin Seine-Normandie, 26p.

<sup>8</sup> Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, 1991 – Recommandations sanitaires concernant l'utilisation, après épuration, des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation des cultures et des espaces verts. Ministère chargé de la Santé, Direction Générale de la Santé, 40p.

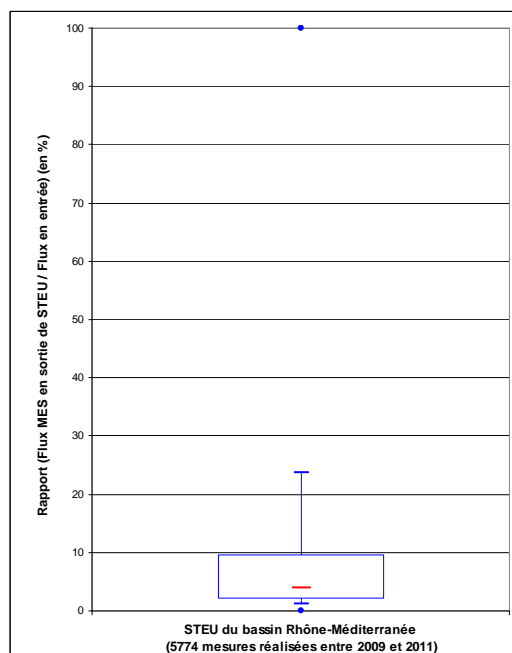
<sup>9</sup> <http://sierm.eaurmc.fr/telechargement/telechargement.php>

que celle estimée sur la base des taux de répartition effluents/boues des PCB au niveau des STEU dans le début des années 90.

De 2009 à 2011, 5774 estimations de taux d'abattement ont pu être réalisées pour les STEU du bassin Rhône-Méditerranée. Ces évaluations permettent d'établir un taux d'abattement médian des matières en suspension, de l'ordre de 96% (Figure 5).

90% des mesures réalisées aboutissent à un abattement du taux de matière en suspension supérieur à 75%. 75% des taux d'abattement estimés sont supérieurs à 90%. La moyenne est quant à elle égale à 91%.

**Figure 5 : Performances des stations de traitement des eaux usées, vis à vis des matières en suspension (Données issues des processus d'autosurveillance de 2009 à 2011 : Source Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse)**



#### *d) Evaluation des quantités de PCB rejetés par les STEU du bassin du Rhône*

Les taux d'abattement des matières en suspension au niveau des STEU ainsi que les taux de répartition effluents/boues des PCB permettent de considérer qu'**entre 10 et 20% des quantités de PCB entrant dans la STEU sont rejetés directement au milieu via les effluents.**

Par conséquent, en considérant que 8 à 17 kg de PCB indicateurs sont stockés annuellement dans les boues des STEU du bassin du Rhône, le flux annuel de PCB indicateurs au Rhône via les effluents de STEU peut être évalué entre 1 et 4 kg (Tableau II).

Répartition Boues / Effluents	Quantité de PCB <sub>i</sub> dans les boues de STEU	Quantité de PCB <sub>i</sub> en entrée de STEU	Quantité de PCB <sub>i</sub> dans les effluents de STEU
80% - 20%	8-17 kg	10-21 kg	1,9 - 4,3 kg
90% - 10%	8-17 kg	9-19 kg	0,9 - 2 kg

**Tableau II : Estimation des quantités de PCB indicateurs rejetées au milieu via les effluents des stations de traitement des eaux usées**

**La quantité de PCB indicateurs rejetée au milieu via les effluents des STEU du bassin du Rhône peut ainsi être estimée entre 0,9 et 4,3 kg par an.**

Il est important de noter que cette évaluation est basée sur les mesures de PCB réalisées sur les boues de STEU destinées au compostage ou à l'épandage. Des concentrations pourraient par conséquent être plus élevées pour certaines autres STEU dont la destination des boues est l'incinération ou la mise en décharge. Néanmoins, dans les résultats disponibles, la non-distinction des valeurs quantifiées par rapport aux limites de quantification conduit à une certaine surestimation de la concentration moyenne. Cette surestimation peut être compenser par la sous-estimation éventuelle des flux provenant de STEU dont les boues sont destinées à

l'incinération ou à la mise en décharge et pour lesquelles les concentrations pourraient être plus élevées. Ainsi, les flux de PCB en provenance des STEU du bassin du Rhône (tels qu'estimés ici) représentent des valeurs plausibles.

## **2. Excrétion humaine**

L'excrétion humaine de PCB est dépendante de **l'exposition alimentaire** des consommateurs, du **taux d'absorption** des PCB par l'organisme ainsi que du **niveau d'imprégnation de la population**. A partir de données bibliographiques concernant ces trois critères ainsi que sur la **population du bassin-versant français du Rhône raccordée à ces STEU**, il est possible de réaliser une estimation du flux de PCB d'origine humaine en entrée de STEU.

### **a) Exposition alimentaire française**

L'Etude de l'alimentation totale française (EAT) vise à évaluer l'exposition alimentaire des consommateurs français sur le long terme pour des substances chimiques d'intérêt en termes de sécurité sanitaire.

Une première étude de l'alimentation totale (EAT1<sup>10</sup>) a été réalisée de 2000 à 2004 par l'INRA et l'AFSSA. Elle a permis d'établir un bilan de l'exposition de la population (adultes et enfants) à 30 substances (contaminants inorganiques et minéraux, ainsi que mycotoxines).

En 2006, l'AFSSA s'est autosaisie pour lancer une deuxième étude (EAT2<sup>11</sup>) portant sur 445 substances (Métaux, PCB, dioxines, furanes, composés perfluorés, retardateurs de flamme bromés...). Cette seconde étude a été réalisée entre 2006 et 2010 sur 20 000 produits alimentaires représentant 90 % de la consommation française.

Un croisement de près de 250 000 résultats d'analyses avec les données sur les habitudes alimentaires a permis d'estimer l'exposition de la population (adultes et enfants de 3 à 17 ans).

Cette étude a également permis de mettre en évidence une réduction importante de l'exposition alimentaire aux dioxines et PCB de la population française par rapport aux estimations réalisées entre 2005 et 2007 dans le cadre de l'étude EAT1. En effet, malgré l'évolution des méthodes d'évaluation, **l'exposition alimentaire aux dioxines et PCB est considérée pour la période 2006-2010, comme étant 4 fois moins importante qu'au cours de la période 2000-2004.**

L'étude EAT2 a permis d'évaluer une exposition humaine moyenne aux 6 PCBndl (PCB "non dioxin-like") de 1,83 ng / kg de poids corporel / jour chez un adulte [1.4-2.04]. Cette valeur augmente à 2,71 ng / kg de poids corporel / jour chez un adulte lorsque sont pris en considération l'ensemble des produits de la mer consommés. Cette dernière valeur permet d'établir une exposition alimentaire moyenne aux 6 PCB ndl de 69 µg/an pour un adulte de 70kg.

Sachant que les poissons sont désignés comme principaux contributeurs de l'exposition alimentaire totale d'un adulte (37%), l'exposition aux 7 PCB indicateurs peut ainsi être

---

<sup>10</sup> INRA-AFSSA, 2004. Etude de l'alimentation totale française, Mycotoxines, minéraux et éléments traces. 72p.

<sup>11</sup> ANSES, 2011. Étude de l'alimentation totale française 2 (EAT 2) Tome 1, Contaminants inorganiques, minéraux, polluants organiques persistants, mycotoxines, phyto-estrogènes. 305p.

estimée en considérant la proportion du congénère 118 dans la somme des 7 PCB indicateurs mesurée pour les poissons du bassin Rhône-Méditerranée. Le congénère 118 représentant en moyenne 8,7% de la somme des PCB indicateurs des poissons analysés sur le bassin Rhône-Méditerranée,

**l'exposition alimentaire d'un adulte aux PCB indicateurs peut ainsi être considérée de l'ordre de 76 µg par an pour un adulte de 70kg**

### *b) Excrétion humaine*

Une étude japonaise<sup>12</sup> a mis en évidence que 51% de la quantité de dioxines et de furanes ingérés quotidiennement sont excrétés via le sébum (29%) et matières fécales (22%). Harrad *et al.* (2003)<sup>13</sup> ont également mis en évidence une relation entre absorption et excrétion. Cependant pour les composés les plus persistants (comme les congénères 135 ou 153), le taux d'excrétion est statistiquement plus élevé chez les sujets âgés, par conséquent une proportion de la quantité de PCB excrétée résulterait d'une excrétion endogène. Pour Schlummer *et al.*<sup>14</sup>, l'excrétion fécale de PCB est d'une part liée aux apports alimentaires, mais également à la concentration sanguine puisque pour certains congénères les quantités excrétées peuvent être supérieures aux quantités de PCB ingérées (notamment chez les sujets âgés présentant les niveaux de contamination les plus élevés). Il faut cependant noter que les individus de l'étude dont les quantités de PCB excrétées sont supérieures aux quantités ingérées, présentent des niveaux d'imprégnation 2 à 5 fois supérieurs à la moyenne des individus analysés dans le cadre de l'étude nationale d'imprégnation des consommateurs de poissons d'eau douce<sup>15</sup>. McLachlan *et al.*<sup>16</sup> mettent également en évidence que pour de faibles apports alimentaires en PCB, l'excrétion nette peut représenter jusqu'à plusieurs fois les quantités de PCB ingérées. Ils concluent également à une forte corrélation entre les quantités de contaminant (Dioxines, Furanes et PCB) excrétées et la concentration dans le sang.

Ces différentes études permettent de considérer qu'environ la moitié des quantités de PCB ingérées sont directement excrétées par l'organisme, mais que l'excrétion dépend également du niveau d'imprégnation sanguine des individus, elle peut ainsi pour des sujets contaminés atteindre un niveau équivalent aux quantités ingérées.

Nous retiendrons que l'excrétion humaine représente environ 50% de l'exposition alimentaire, cependant en raison de l'imprégnation sanguine, elle peut atteindre les 100%.

### *c) Population du bassin-versant français du Rhône*

D'après la mise à jour 2012 de la BD Cartho (base de données cartographique de référence - IGN), la population du bassin versant du Rhône est évaluée à **8,5 millions d'habitants**.

<sup>12</sup> Kitamura 2001. Balance of intake and excretion of 20 congeners of polychlorinated dibenzo-p-dioxin, polychlorinated dibenzofuran and coplanar polychlorinated biphenyl in healthy Japanese men. *Journal of health science*, 47-2. p145-154

<sup>13</sup> Harrad *et al.* 2003

<sup>14</sup> Schlummer *et al.* 1998. Digestive tract absorption of PCDD/Fs, PCBs and HCB in humans : Mass balances and Mechanistic considerations. *Toxicology and applied pharmacology*, 152. p128-137.

<sup>15</sup> ANSES-INVS 2011. Etude nationale d'imprégnation aux polychlorobiphényles des consommateurs de poissons d'eau douce. 169p.

<sup>16</sup> Moser *et Mc Lachlan* 2001. The influence of dietary concentration on the absorption and excretion of persistent lipophilic organic pollutants in the human intestinal tract. *Chemosphere* 45, p 201-211.

Selon les chiffres de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse, à l'échelle des bassins Rhône-Méditerranée et Corse, **15% de la population** sont raccordés à un système d'**assainissement non collectif**.

#### **d) Evaluation du flux total de PCB indicateurs en entrée de STEU lié à l'excrétion humaine**

Sur la base des estimations réalisées précédemment, le flux de PCB indicateurs entrant dans les stations de traitement des eaux usées du bassin du Rhône peut être évalué entre 200 et 500 grammes par an (Tableau III).

	Estimation
Population du bassin du Rhône	8,5 millions d'habitants
% de la population raccordée aux STEU du bassin du Rhône ( <i>Source AERM</i> )	85 %
Exposition alimentaire (7PCBi)	76 µg / an
Taux d'excrétion	0,5 à 1
<b>Flux de PCB<sub>i</sub> en entrée de STEU lié à l'excrétion humaine</b>	<b>0,28 à 0,55 kg</b>

**Tableau III : Evaluation du flux total de PCB indicateurs à l'entrée de l'ensemble des STEU du bassin du Rhône lié à l'excrétion humaine**

**Les apports de PCB aux STEU, liés à l'excrétion humaine, peuvent ainsi être estimés à 280 g de PCB indicateurs par an, et jusqu'à plus 500g en considérant l'imprégnation de la population** (voir paragraphe sur l'excrétion humaine).

L'excrétion humaine de PCB par la population du bassin du Rhône est de l'ordre de quelques centaines de grammes par an. Cette valeur est estimée à partir de l'étude de l'exposition alimentaire de la population française de 2006 à 2010. Elle a diminué d'un facteur 4 en six ans (selon l'étude EAT2) et devrait continuer de décroître au cours des prochaines années suite aux actions menées au niveau national dans le cadre des programmes de lutte contre la pollution PCB.

D'après les taux de répartition (effluents / boues) retenus précédemment pour les STEU du bassin Rhône-Méditerranée (soit 80 à 90% dans les boues), **la part de l'excrétion humaine dans les effluents de STEU serait comprise entre 30 et 110g par an** pour l'ensemble des STEU du bassin du Rhône.

### **3. Retombées atmosphériques**

La contribution des retombées atmosphériques à la pollution du Rhône peut être considérée via les retombées directes de PCB à la surface des cours d'eau, mais également celles observées au niveau des surfaces imperméabilisées du bassin. Concernant ces dernières, suite au lessivage des sols lors des épisodes pluvieux, les PCB peuvent être orientés directement vers le milieu lorsque le réseau d'assainissement est séparatif ou vers les STEU dans le cas où le réseau d'assainissement est unitaire. Afin d'évaluer ces différents flux, il est nécessaire de connaître : **l'intensité des retombées atmosphériques** de PCB à l'échelle du bassin versant du Rhône, la superficie totale de **surfaces imperméabilisées** du bassin, ainsi que le **type de réseau recueillant les eaux pluviales**.



De cette manière, seront évaluées à l'échelle du bassin-versant français du Rhône : la quantité de PCB d'origine atmosphérique orientée vers les stations de traitement des eaux usées ainsi que celle rejetée directement au milieu.

### a) Intensité des retombées atmosphériques de PCB

Les études ayant évalué les retombées atmosphériques de PCB indicateurs sont relativement rares, d'autant plus concernant le territoire français. Cependant, l'étude réalisée en 2008 par ATMO Rhône-Alpes<sup>17</sup> a permis d'estimer les concentrations de PCB dans les retombées atmosphériques de 23 sites situés sur les départements du Rhône et de l'Isère. 21 d'entre eux sont situés sous le vent de 11 incinérateurs (dans les zones de retombées maximales), ainsi que sur deux sites de référence (urbain et rural). Sur le site de référence rurale (Saint-Germain au Mont d'Or), les 6 campagnes de mesures (de 2 mois consécutifs chacune), affichent une valeur moyenne des retombées atmosphériques de PCB<sub>i</sub> égale à 9,8 ng /m<sup>2</sup>/jour. Au niveau de la référence urbaine, la moyenne est de 12,8 ng /m<sup>2</sup>/jour, contre 11,2 pour les stations placées sous le vent d'incinérateurs (Tableau IV). Les valeurs observées ne mettent pas en évidence de différence significative liée au profil de la station.

Profil de la station (nombre)	Station	Campagnes de mesure (nombre / durée)	Valeur moyenne annuelle estimée des retombées atmosphériques de PCB <sub>i</sub> (ng/m <sup>2</sup> /j) (min - max)
Référence rurale (1 station)	Saint-Germain au Mont d'Or	6 / 2 mois	9.8 (2.25 – 23.98)
Référence urbaine (1 station)	Lyon	6 / 2 mois	12.8 (6.56 – 20.17)
Sites industriels (21 stations)	Sous le vent de 11 incinérateurs distants de 120 à 3752 m	2 / 2 mois	11.2 (4.2 – 26.4)

**Tableau IV : Estimation des retombées atmosphériques de PCB indicateurs sur les départements du Rhône et de l'Isère**  
(Source ATMO Rhône-Alpes)

Il existe peu de données disponibles concernant les retombées atmosphériques de PCB indicateurs permettant de positionner la teneur de ces résultats. De 1999 à 2000, Teil *et al.*<sup>18</sup> ont mis en place un suivi des retombées atmosphériques de PCB indicateurs au niveau de 5 stations positionnées sur un axe Bretagne - Lorraine (Tableau V).

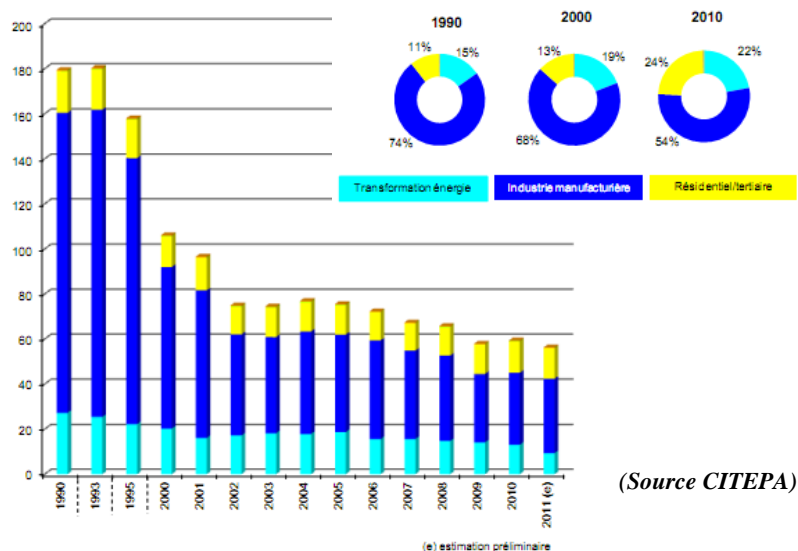
Station	Profil de la station	Valeur moyenne annuelle estimée des retombées atmosphériques de PCB <sub>i</sub> (ng/m <sup>2</sup> /j)
Pleumeur	Secteur agricole	33
Paris	Zone urbaine	106
Coulommiers	Agriculture intensive	85
Eclaron	Secteur agricole	46
Abreschwiller	Forêt des Vosges	128

**Tableau V : Retombées atmosphériques annuelles de PCB indicateurs**  
(Estimations Teil *et al.*, 2000)

<sup>17</sup> AASQA Rhône-Alpes, 2010. Etat des concentrations de PCB dans l'air et les retombées atmosphériques - Mesures réalisées en 2008 dans les départements du Rhône et de l'Isère. 72p

<sup>18</sup> Teil *et al.*, 2004. Atmospheric deposition of organochlorines (PCBs and pesticides) in northern France. Chemosphere 55, p 501-514

Les retombées atmosphériques de PCB indicateurs estimées par Teil *et al.* en 2000 sont plus élevées que celles d'ATMO-Rhône-Alpes en 2008, cependant cette différence peut s'expliquer par une diminution des retombées atmosphériques de PCB entre 2000 et 2008. Cette baisse est à mettre en relation avec une diminution des émissions atmosphériques de PCB. Le CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique), évalue la diminution des émissions de PCB de 67% entre 1990 et 2010<sup>19</sup>, qui sont pour cette dernière année estimées à 59kg de PCBdl, principalement liés à l'industrie manufacturière (Figure 6).



**Figure 6 : Evolution des émissions atmosphériques de PCBdl (en kg) par secteur en France métropolitaine de 1990 à 2011**

Les valeurs des retombées atmosphériques de PCBdl (PCB « dioxin-like ») mesurées par ATMO Rhône-Alpes sont néanmoins du même ordre de grandeur (légèrement supérieures) que celles mesurées par ATMO Nord-Pas-de-Calais en 2009. Pour les sites exposés la moyenne est de 0.72 pg I-TEQ<sub>1998</sub>/m<sup>2</sup>/jour (min-max : 0.09-1.36) dans le Nord-Pas-de-Calais contre 1.2 pg I-TEQ<sub>1998</sub>/m<sup>2</sup>/jour (0.2-3) pour les sites sous le vent d'incinérateurs de Rhône-Alpes. Les résultats de la station de référence rurale de l'étude ATMO Nord-Pas-de-Calais sont également plus faibles que pour la station de référence rurale de Rhône-Alpes (0.28 contre 0.6 pg I-TEQ<sub>1998</sub>/m<sup>2</sup>/jour).

Dans son rapport annuel de 2009, la CITEPA, classe la région Rhône-Alpes en deuxième position par rapport aux quantités de PCBdl émises dans l'atmosphère au cours de l'année 2000 (Figure 7). PACA arrive en troisième position, avec des quantités émises proches de celles de Rhône-Alpes. Quant aux trois autres régions du bassin Rhône-Méditerranée, les quantités émises sont trois fois moins importantes que pour PACA et Rhône-Alpes.

En admettant que la relation PCBdl /PCBi est la même dans l'atmosphère de toutes ces régions, nous pouvons considérer que les valeurs moyennes de retombées atmosphériques de PCB indicateurs mesurées par ATMO Rhône-Alpes sur les départements de l'Isère et du Rhône sont représentatives des valeurs moyennes maximales potentielles des retombées atmosphériques de PCB indicateurs à l'échelle du bassin du Rhône.

<sup>19</sup> CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique)

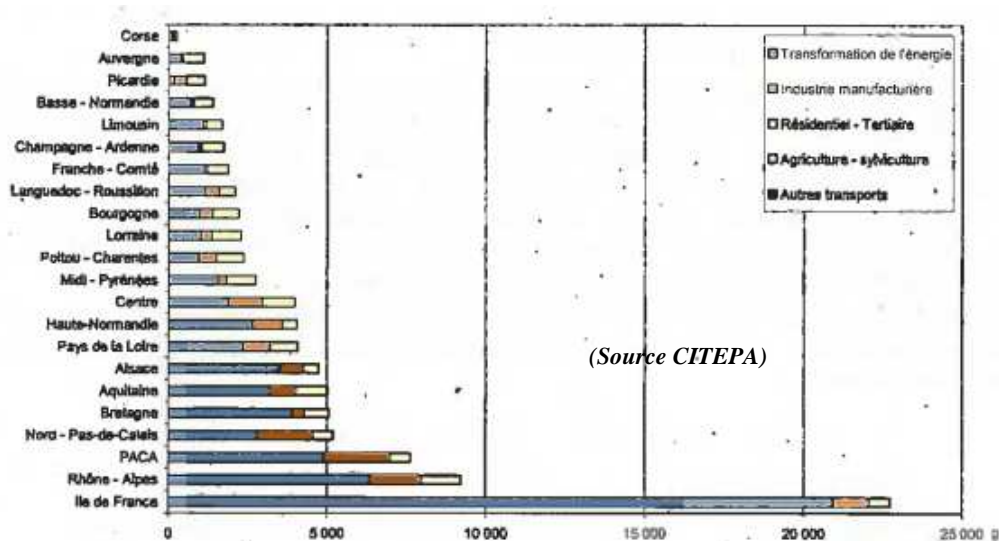


Figure 7 : Répartition des émissions annuelles de PCB par SECTEN (SECTeurs Economiques et énergie) en région pour l'année 2000

Les retombées atmosphériques de PCB indicateurs sur le bassin du Rhône peuvent donc être considérées de l'ordre de 10 à 13 ng/m<sup>2</sup>/j soit de 36,5 à 47,5 mg de PCB indicateurs par hectare et par an.

### *b) Surfaces imperméabilisées et surfaces de cours d'eau du bassin-versant français du Rhône*

Les surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône ont été évalué à partir de la cartographie haute résolution du degré d'imperméabilisation des sols (Soil Sealing), réalisée en 2010 pour l'ensemble de l'Europe par l'Agence Environnementale Européenne<sup>20</sup>. Cette cartographie a été réalisée à partir des mêmes images satellites (datant de 2006) que celles utilisées pour réaliser la description de l'occupation des sols de Corine Land Cover. Un découpage de l'Europe a été réalisé en pixel de 100 mètres par 100. Pour chacun de ces pixels a été déterminé le pourcentage de surface imperméabilisée. Cette cartographie permet ainsi de réaliser une évaluation relativement précise des surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône (Figure 8). Les surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône sont estimées à 235.800 hectares (soit 2,6% de la superficie du bassin).

Les surfaces de cours et voies d'eau ont quant à elles été évalués à partir de Corine Land Cover à 30.200 hectares.

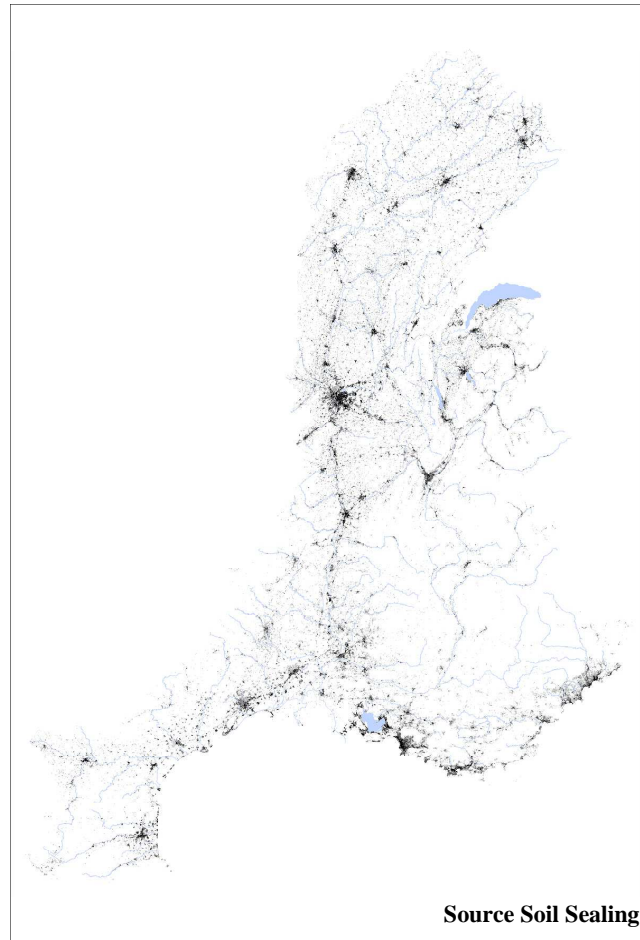
#### **Les surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône recevraient ainsi :**

- 36,5 à 47,5 mg / ha / an \* 235.800 hectares = **8,6 à 11,2 kg de PCBi par an**

**Le Rhône et les cours d'eau de son bassin versant recevraient quant à eux directement :**

- 36,5 à 47,5 mg / ha / an \* 30.200 hectares = **1,1 à 1,4 kg de PCBi par an**

<sup>20</sup> <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-fast-track-service-precursor-on-land-monitoring-degree-of-soil-sealing>



**Figure 8 : Surfaces imperméabilisées du bassin Rhône-Méditerranée**

Les retombées atmosphériques à la surface des cours d'eau sont considérées comme entrées directement dans le système « Bassin du Rhône ». En revanche pour ce qui est des retombées atmosphériques au niveau des surfaces imperméabilisées du bassin, en fonction du type de réseau d'assainissement collectif, les quantités de PCB recueillies peuvent soit aller directement au milieu (en cas de réseau séparatif) soit être orientées vers les stations de traitement des eaux usées (en cas de réseau unitaire).

### *c) Type de réseau d'assainissement*

Le type de réseau d'assainissement a donc une grande importance quant à la destination des PCB arrivés au niveau des surfaces imperméabilisées du bassin via les retombées atmosphériques. Il est par conséquent important de connaître pour chacune des stations de traitement des eaux usées du bassin du Rhône, le type de réseau d'assainissement qui leur est raccordé. L'objectif est de pouvoir évaluer la proportion de PCB indicateurs retombés sur les surfaces imperméabilisées du bassin-versant du Rhône, dirigée directement vers les cours d'eau via les réseaux d'assainissement séparatifs, de celle orientée vers une station de traitement des eaux usées par l'intermédiaire de réseaux d'assainissement unitaires. Pour effectuer cette estimation a été pris en compte, pour chacune des stations de traitement des eaux usées du bassin du Rhône, le type de réseau d'assainissement raccordé ainsi que la superficie totale de surfaces imperméabilisées associées à ce réseau.

Dans un premier temps, la surface imperméabilisée a été déterminée pour chacune des communes du bassin du Rhône. Ensuite à partir du fichier de situation de l'assainissement par commune (téléchargeable sur le site de bassin Rhône-Méditerranée, mis à jour en 2011), ont été mis en relation la commune, le réseau d'assainissement et le cas échéant la STEU.

Ainsi, il est ensuite possible à partir du fichier du descriptif technique des stations de traitement des eaux usées (téléchargeable sur le site de bassin Rhône-Méditerranée, mis à jour en 2011), d'identifier les réseaux d'assainissement ainsi que les communes raccordées à chacune des STEU. Pour chacun des réseaux d'assainissement est mentionné le type de réseau majoritaire (unitaire, séparatif, mixte ou inconnu). C'est à partir de ces données que peut être évaluée la distribution des surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône en fonction du type de réseau d'assainissement majoritaire.

Certaines communes ne sont cependant pas raccordées à un réseau d'assainissement collectif, les surfaces imperméabilisées de ces communes représentent 20.300 ha.

**La quantité de PCB indicateurs d'origine atmosphérique se déposant sur les surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône, non raccordées à un réseau d'assainissement collectif peut ainsi être estimée entre 0,7 et 1 kg par an.**

Près de la moitié des surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône, conduisent à des systèmes de collecte de type mixte (Tableau VI), contre environ 19% à des réseaux majoritairement unitaires et 24% à des réseaux majoritairement séparatifs.

Type de réseau majoritaire	Surface imperméabilisée (en ha)	% des surfaces imperméabilisées
Unitaire	40 356	18,7 %
Séparatif	52 210	24,2 %
Mixte	97 262	45,2 %
Inconnu	25 660	11,9%
<b>Total</b>	<b>215 488</b>	<b>100%</b>

**Tableau VI : Répartition des surfaces imperméabilisées par type de réseau d'assainissement majoritaire**

Le type de réseau majoritaire est connu pour près de 90% des systèmes de collecte. Cependant, pour un type de réseau majoritaire donné, la proportion du type de réseau majoritaire peut en théorie varier de la moitié à la totalité du système de collecte. C'est pourquoi, afin d'estimer la proportion des eaux de ruissellement orientée vers les STEU via les réseaux unitaires et celle dirigée directement vers les cours d'eau par l'intermédiaire des réseaux séparatifs, il a été décidé d'attribuer des coefficients de répartition (réseau unitaire / réseau séparatif) pour les différents types de réseaux majoritaires mentionnés dans le Tableau VI. Les différents coefficients retenus (considérés comme moyen) sont indiqués dans le Tableau VII.

Type de réseau majoritaire	Proportion considérée de réseau unitaire	Proportion considérée de réseau séparatif
Unitaire	80%	20%
Séparatif	20%	80%
Mixte	50%	50%
Inconnu	50%	50%

**Tableau VII : Proportion de réseaux unitaires et séparatifs attribués à chacun des types de réseau majoritaire.**

Ces coefficients permettent d'évaluer la proportion des eaux de ruissellement (et par conséquent des quantités de PCB provenant des retombées atmosphériques) rejetées directement dans les cours d'eau et celles orientées vers les STEU.

Ainsi à partir des deux tableaux précédents, les retombées atmosphériques de PCB indicateurs sur les surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône peuvent être considérées comme réparties de la manière suivante :

Type de réseau	Estimation de la proportion de surface imperméabilisée (%)	Répartition des surfaces imperméabilisées (ha)	Répartition des retombées atmosphériques de PCB indicateurs (kg)
Unitaire	48,3	104 188	3,8 - 4,9
Séparatif	51,7	111 300	4,1 - 5,3
Total	<b>100</b>	<b>215 488</b>	<b>7,9 - 10,2</b>

**Tableau VIII : Répartition des retombées atmosphériques de PCB<sub>i</sub> sur les surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône (minimum et maximum basés sur des retombées atmosphériques respectivement de 10 et 13 ng/m<sup>2</sup>/j)**

La répartition des quantités de PCB indicateurs issus des retombées atmosphériques, vers les réseaux d'assainissement peuvent être évaluées de 3,8 à 4,9 kg par an vers les réseaux de type unitaire contre 4,1 à 5,3 kg par an vers les réseaux de type séparatif.

Afin d'obtenir un ordre de grandeur de l'incertitude liée au type de réseau s'assainissement l'estimation des retombées atmosphériques par type de réseau majoritaire a été recalculée en modifiant les coefficient associés : soit en minimisant la proportion de réseaux séparatif (Tableau IX - Cas 1) soit en la maximisant (Cas 2).

Type de réseau majoritaire	Cas 1 - Proportion considérée de réseau unitaire/séparatif (%)	Cas 2 - Proportion considérée de réseau unitaire/séparatif (%)
Unitaire	90 - 10	60 - 40
Séparatif	40 - 60	10 - 90
Mixte	60 - 40	40 - 60
Inconnu	90 - 10	10 - 90

**Tableau IX : Proportion de réseaux unitaires et séparatifs attribués à chacun des types de réseau majoritaire en minimisant (Cas 1) ou maximisant (Cas 2) la proportion de réseaux majoritairement séparatif**

Ainsi à partir des coefficients présentés dans le tableau ci-dessus, la répartition des retombées atmosphériques de PCB peut se faire de la façon suivante pour chacun des deux types de réseaux d'assainissement.

	Retombées atm. de PCB <sub>i</sub> en kg (Base 10 ng / m <sup>2</sup> / j)	Retombées atm. de PCB <sub>i</sub> en kg (Base 13 ng / m <sup>2</sup> / j)
Cas 1		
Unitaire	5,1	<b>6,6</b>
Séparatif	<b>2,8</b>	3,6
Cas 2		
Unitaire	<b>2,6</b>	3,4
Séparatif	5,3	<b>6,8</b>

**Tableau X : Répartition des retombées atmosphériques de PCB<sub>i</sub> sur les surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône en fonction des coefficients attribués aux différents types de réseau d'assainissement**

En tenant compte de l'incertitude concernant les types de réseaux d'assainissement collectifs, les quantités de PCB indicateurs d'origine atmosphérique orientés vers les réseaux de type unitaire seraient comprises entre 2,6 à 6,6 kg par an, contre 2,8 à 6,8 kg vers les réseaux de type séparatif.

En conclusion, il peut être considéré que **8,6 à 11,2 kg de PCB indicateurs retombent annuellement sur les surfaces imperméabilisées du bassin du Rhône**. Parmi celles-ci : **3,8 à 4,9 kg** sont orientés vers les stations de traitement des eaux usées via les réseaux d'assainissement de type unitaire. De **4,1 à 5,3 kg** sont recueillis annuellement via les réseaux d'assainissement de type séparatif et dirigés directement vers le milieu naturel. Au total entre les rejets directs des réseaux de type séparatif, les surfaces imperméabilisées des communes non raccordées à un réseau d'assainissement collectif ainsi que les surfaces des cours d'eau du bassin du Rhône, les quantités de PCB indicateurs d'origine atmosphérique regagnant le Rhône peuvent être évaluées entre **5,9 et 7,7 kg** par an.

Ces proportions estimées présentent une forte incertitude quant à la redistribution des retombées atmosphériques vers les différents types de réseau d'assainissement collectif. Néanmoins l'ordre de grandeur des retombées atmosphériques à l'échelle du bassin versant du Rhône permet de relativiser l'impact des retombées atmosphériques par rapport aux autres sources de PCB identifiées dans ce rapport. Les estimations réalisées à l'échelle du bassin du Rhône sont basées sur des mesures de retombées atmosphériques observées au niveau de la région Rhône-Alpes qui se trouve être avec PACA l'une des régions dont les émissions de PCB sont les plus importantes à l'échelle nationale (Source CITEPA 2000). Les émissions de PCB au niveau des régions de Bourgogne et de Franche-Comté sont quant à elles 3 à 4 fois moins importantes que celles de la région Rhône-Alpes. Par conséquent, à l'échelle du bassin du Rhône la valeur moyenne des retombées atmosphériques pourraient s'avérer plus faible que celle observée en région Rhône-Alpes et réduire ainsi modérément le flux de PCB estimé.

### **Impact des déversoirs d'orages**

Les débits et plus particulièrement le suivi des flux de matières en suspension au niveau des déversoirs d'orages sont à ce jour relativement peu connus. Il est actuellement difficile d'estimer une proportion du débit annuel d'un réseau d'assainissement unitaire qui est directement rejetée au milieu via les déversoirs d'orages. Cependant la surveillance de ses réseaux d'assainissement a permis à Valence Agglo Sud Rhône-Alpes d'évaluer à 7% : les volumes rejetés directement au Rhône par les déversoirs d'orages au cours de l'année 2012 (ou 8% en tenant compte des rejets dans des affluents du Rhône).

Sur la base de ces résultats, pour une évaluation à l'échelle du bassin du Rhône, il pourra être considéré qu'entre 5 et 10% des volumes transportés par les réseaux d'assainissement de type unitaire sont directement rejetés dans le milieu. Etant donné également le manque de connaissance concernant la cinétique des flux de matières en suspension au niveau des déversoirs d'orage lors des épisodes orageux, il sera également considéré (même si cette relation est loin d'être aussi simple) que 5 à 10 % des flux de PCB orientés vers les stations de traitement des eaux usées sont rejetés directement dans le milieu via les déversoirs d'orage.

Ainsi sur les 3,8 à 4,9 kg de PCB indicateurs estimés dans les réseaux d'assainissement de type unitaire, **de 0,2 à 0,5 kg seraient rejetés annuellement dans les cours d'eau via les déversoirs d'orages**. Ce qui porterait le flux total de PCB d'origine atmosphérique arrivant au Rhône entre 6,1- 8,2 kg par an.

Les quantités évaluées annuellement en entrée des stations de traitement des eaux usées seraient alors comprise entre 3,6 et 4,4 kg de PCB indicateurs. Ainsi sur la base d'un tel flux annuel de PCB<sub>i</sub> d'origine atmosphérique en entrée des STEU du bassin du Rhône, et considérant que 80 à 90% des PCB se retrouvent concentrés dans les boues : **le flux de PCB<sub>i</sub> via les effluents de STEU peut être évalué entre 0,4 et 1 kg par an pour le bassin du Rhône**. Les PCB d'origine atmosphérique représenteraient ainsi, à l'échelle du bassin du Rhône, la majeure partie des PCB arrivant en entrée de STEU. Néanmoins pour certaines STEU, ce flux pourrait s'avérer négligeable face à d'autres contributions localement prépondérantes (rejet industriels, lessivage de site contaminé...). Ces contributions complémentaires pourraient être à l'origine de la différence observée entre les flux estimés en sortie de STEU, d'une part évalués à partir des concentrations mesurées dans les boues de STEU (0,9 à 4,3 kg par an) et d'autre part, à partir des flux liés aux retombées atmosphériques et à l'excrétion humaine (0,4 à 1kg par an). Néanmoins, les deux méthodes permettent d'estimer des flux de même ordre de grandeur.

#### **4. Rejets industriels**

##### **a) Industriels autorisés à rejeter des PCB**

Deux établissements industriels spécialisés dans la destruction par incinération des déchets contenant des PCB sont présents sur le bassin Rhône-Méditerranée. Il s'agit de TREDI à Saint-Vulbas (01) situé sur les bords du fleuve Rhône et d'ARKEMA Sait-Auban à Chateaux-Arnoux (04) situé sur les bords de la Durance.

Ces deux industriels sont soumis à des arrêtés préfectoraux établissant entre autre un flux maximal annuel autorisé de PCB indicateurs rejetés vers le milieu récepteur. Ce flux maximal autorisé est de 200 grammes de PCB<sub>i</sub> par an pour chacun des deux établissements.

Les résultats d'analyses de la surveillance des rejets mise en œuvre dans le cadre du programme PCB, permettent d'établir une estimation des rejets de ces deux établissements.

Concernant **TREDI-Saint-Vulbas**, les mesures réalisées en 2010 dans le cadre de l'action nationale de recherche et de réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans les Eaux (RSDE) n'ont pas permis d'identifier de PCB indicateur dans les rejets de cet établissement. Cependant les déclarations de l'exploitant renseignées dans le registre français des émissions polluantes (IREP) s'élèvent à environ **130 grammes pour l'année 2011** (140g en 2008).

Concernant **ARKEMA Saint-Auban**, les résultats de la campagne RSDE 2010, a permis de quantifier trois congénères de PCB<sub>i</sub> dans les rejets de l'industriel (138, 153 et 180). Les flux moyens journaliers étant respectivement de 0,118 ; 0,128 et 0,213 g/j, ce qui représente un flux de 0,459 g/j pour les PCB indicateurs soit **environ 168 grammes par an**. L'exploitant ayant déclaré pour cette même année : 280 grammes de PCB contre 170 grammes en 2011.

<p><b>Les quantités de PCB indicateurs rejetées dans le bassin du Rhône par les deux établissements autorisés sont comprises entre 300 et 400 grammes par an.</b></p>
---



### *b) Autres industriels*

Depuis 2010, dans le cadre de la campagne nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau (RSDE), le suivi des rejets des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation a mis en évidence des concentrations de PCB indicateurs supérieures aux limites de quantification pour **15 ICPE** du bassin-versant du Rhône. Les déclarations des industriels permettent d'établir des flux moyens journaliers et annuels pour chacun des 7 congénères de PCB indicateurs..

Le flux annuel en PCB indicateurs est estimé à moins de 3g pour dix des quinze établissements. Pour quatre d'entre eux, ce flux annuel est estimé à plus de 10 grammes, avec un maximum de 52 grammes pour un des établissements.

**Le flux total estimé pour les quinze établissements ayant déclarés, dans le cadre de la surveillance réglementaire RSDE, des rejets de PCB est de l'ordre de 150 grammes de PCB indicateurs par an.**

Au total, sur la base des estimations 2010-2012, les rejets industriels identifiés sur le bassin du Rhône représentent près de 150g par an, dont la quasi totalité est rejetée directement en cours d'eau. **Au total, les rejets industriels déclarés de PCB indicateurs sur le bassin du Rhône représentent un flux annuel de l'ordre de 500g.**

## **B. SUIVI DES FLUX DE PCB VERS LA MER MEDITERRANEE**

---

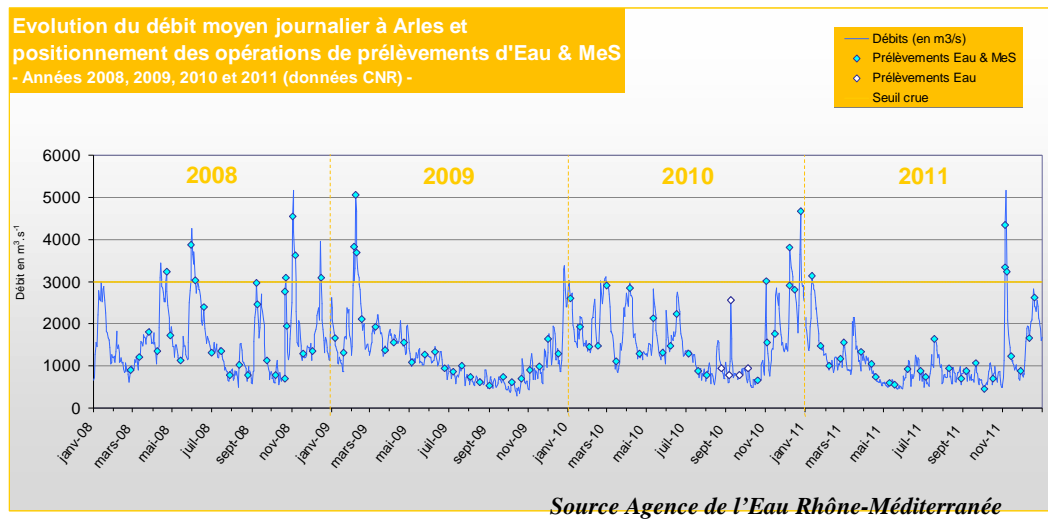
La Station Observatoire du Rhône en Arles (SORA) permet depuis 2008 d'évaluer les flux de matières en suspension ainsi que de pollution dissoute et particulaire du Rhône à la mer Méditerranée (Données : Compagnie Nationale du Rhône, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse, Centre d'Océanologie de Marseille). Les estimations des flux annuels de contaminants reposent sur des prélèvements bimensuels d'eau et de matière en suspension complétés par trois prélèvements supplémentaires lors des épisodes de crue (en phase de montée de crue, au pic de crue ainsi qu'en décrue).

Les quatre premières années de suivi ont permis d'évaluer le flux de PCB indicateurs à la mer Méditerranée. Ce flux est étroitement lié au flux de matières en suspension lui même dépendant de l'hydrologie du Rhône (Figure 9). Le flux de PCB du Rhône vers la Méditerranée est par conséquent relativement variable selon les années en fonction du débit moyen ainsi que du nombre et de l'intensité des crues.

**Les quantités de PCB indicateurs estimés à la station d'Arles varient de 21 kg en 2011 à 153 kg en 2008.**

Les deux années intermédiaires présentant des flux de 57kg pour 2009, et 76kg pour 2010. La Figure 9 permet de mettre en regard des flux de PCB évalués, les débits observés sur le Rhône aval.

Le flux annuel de PCB estimé pour l'année 2011 est relativement faible par rapport aux trois années précédentes en raison du faible débit du Rhône ainsi que du faible nombre de crues enregistré au cours de cette année.



**Figure 9 : Evolution du débit moyen journalier à Arles et positionnement des opérations de prélèvements d'eau et de matières en suspension pour les années 2008 à 2011**

De 2008 à 2011, le flux total de PCB indicateurs vers la Méditerranée est évalué, au niveau de la station SORA, à 307 kilogrammes.

Le flux moyen annuel de PCB à la méditerranée pourra être évalué d'ici quelques années lorsque la chronique de données sera plus importante.

## CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'évaluer (avec toutes les précautions à prendre sur les quantités affichées qui se veulent être des ordres de grandeurs) les flux d'entrée de PCB indicateurs sur le bassin versant du Rhône par rapport aux flux de sortie vers la Méditerranée (estimés entre 21 et 153 kg par an pour les années 2008 à 2011).

Les différentes sources de PCB pour lesquelles a pu être estimé la contribution à la pollution du Rhône, sont (Figure 10) :

- les retombées atmosphériques évaluées entre 9,7 et 12,6 kg sur les surfaces en eau et imperméabilisées du bassin du Rhône, dont 6,1 à 8,2 kg sont orientés directement vers le Rhône ou ses affluents. En entrée de STEU, les retombées atmosphériques représentent 3,6 à 4,4 kg par an, soit 0,4 à 0,9 kg par an dans les effluents des STEU du bassin du Rhône.
- l'excrétion humaine évaluée entre 0,2 et 0,5 kg par an en entrée de STEU, soit 20 à 100 grammes par an dans les effluents
- les rejets des deux établissements du bassin soumis à autorisation: soit 0,4 kg maximum
- les autres rejets industriels mesurés dans le cadre de la campagne RSDE (inférieurs à 0,2 kg par an) pour la plupart en rejet direct pour les sites identifiés
- les rejets des stations de traitement des eaux usées (contribution liée en partie à l'excrétion humaine et aux retombées atmosphériques) : évalués entre 0,4 et 4,3 kg par an.

Ce travail a permis de relativiser les apports des différentes sources contributrices connues et ainsi de mettre en évidence que les retombées atmosphériques représentaient une part prépondérante parmi les sources quantifiées dans ce rapport. La contribution de cette source réduit au cours des années avec la réduction des émissions atmosphériques (liée entre autre à l'industrie manufacturière, voir figure 6 page 12) et de l'imprégnation de l'environnement. Néanmoins, il est estimé que **chaque année, à l'échelle du bassin du Rhône, entre 4,1 et 5,3 kg de PCBi sont dirigés directement dans les cours d'eau du bassin du Rhône, via les réseaux d'assainissement de type séparatif.**



Figure 10 : Bilan des sources contributrices quantifiées au flux de PCB du Rhône à la Méditerranée (exprimées en kg de PCB indicateurs par an)

Bien que les stations de traitement des eaux usées ne semblent pas être une des principales sources contributrices, afin de réduire les apports de PCB au bassin du Rhône, un travail pourrait néanmoins être mené sur certaines stations dont les concentrations de PCB mesurées dans les boues sont supérieures aux valeurs attendues en ne considérant que les apports liés à

l'excrétion humaine et aux retombées atmosphériques. Dans ce cas, un inventaire des sources de pollutions raccordées à la station de traitement devra être réalisé.

Les autres contributions estimées semblent en revanche représenter des flux de PCB négligeables par rapport aux flux quantifiés en sortie du Rhône à Arles. Ainsi, la somme des flux de PCB au Rhône, évaluée à une dizaine de kilogrammes par an, est bien inférieure au flux estimé annuellement en sortie du Rhône à Arles (2 à 15 fois supérieur selon les années). Cette différence pourrait être expliquée soit uniquement par le flux de sédiments contaminés déjà présents dans les cours d'eau du bassin du Rhône, soit en partie par des contributions toujours actives mais encore difficiles à quantifier telles que:

- le lessivage des voiries et bâtiments de zones industrielles contaminées
- des rejets industriels non identifiés
- des contributions de décharges et de sols pollués via une reprise par érosion
- des accidents et actes de vandalisme. Néanmoins suite au plan d'élimination

des transformateurs de plus de 500 ppm et actuellement des transformateurs contenant de 50 à 500ppm, le risque d'accident et de vandalisme diminue.

Ce travail d'évaluation des sources contributrices pourra également permettre de relativiser l'impact de diverses opérations ou travaux impliquant un déstockage de sédiments contaminés par les PCB par rapport aux différentes sources contributrices identifiées et dont les apports de PCB ont pu être évalués.

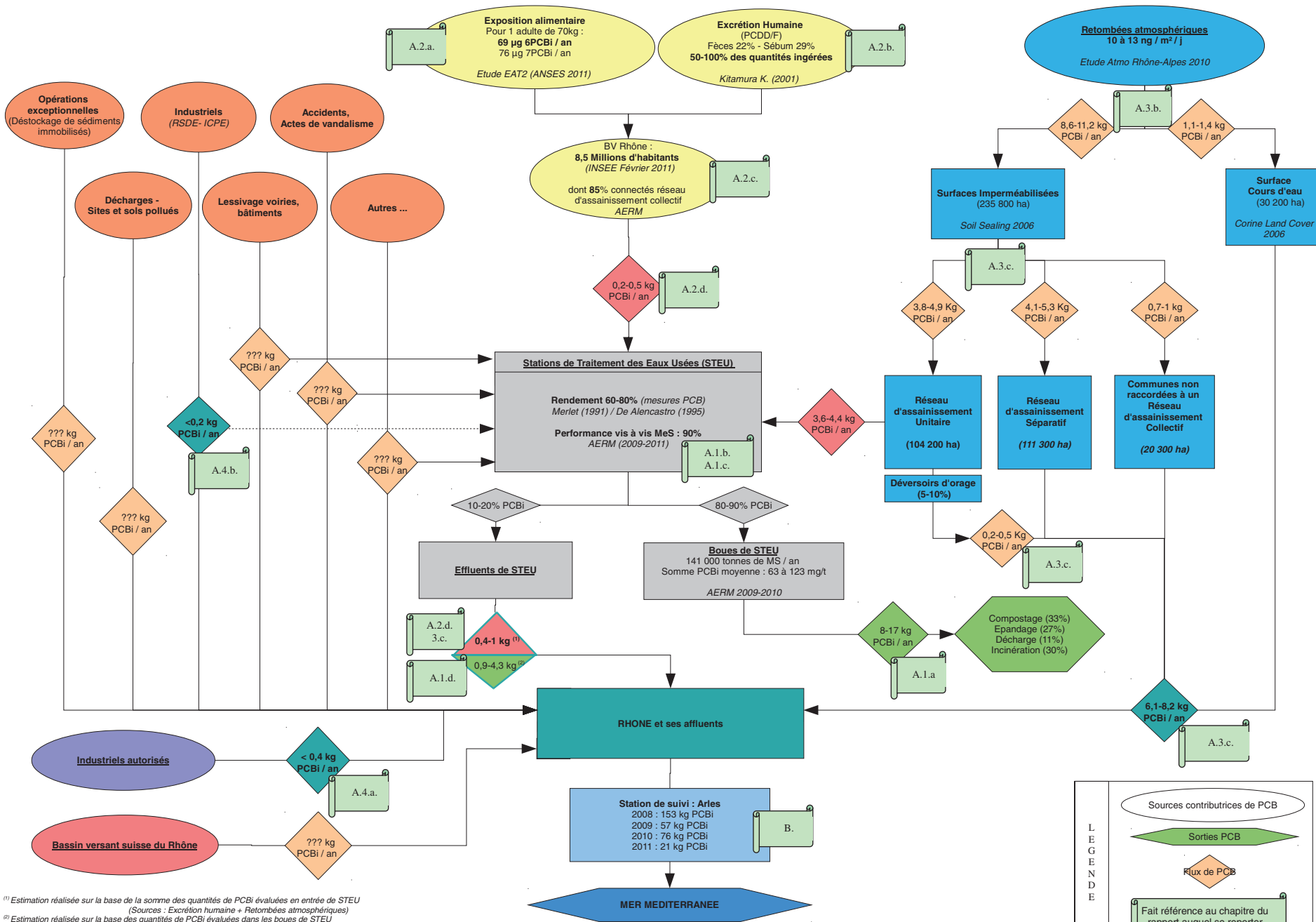
Enfin, en vue de réduire le flux de PCB à l'embouchure du Rhône, il semble indispensable de rechercher la présence d'éventuelles sources contributrices importantes à l'échelle du bassin-versant. En ce sens, des actions de recherches de sources ont été lancées en 2013 sur le bassin Rhône-Méditerranée (au niveau des régions Franche-Comté, Rhône-Alpes) afin d'identifier l'origine de la pollution mise en évidence localement.

Afin de pouvoir mener ce genre d'opération à l'échelle du bassin versant du Rhône, il est nécessaire de pouvoir dans un premier temps : quantifier le flux de PCB des principaux affluents du Rhône (Durance, Isère, Saône, Rhône amont), de manière à pouvoir se focaliser sur les principales contributions. Signalons par exemple que le Drac (affluent de l'Isère) qui fait l'objet d'un suivi à Fontaine (38), peut atteindre des teneurs de 2,4 mg/kg de PCB indicateurs dans les matières en suspension (novembre 2007). Le suivi des matières en suspension réalisé jusqu'en 2008 par l'Agence de l'Eau conduit à estimer grossièrement pour la période 2000-2008, un flux annuel moyen de PCB indicateurs du Drac compris entre 14 et 26 kg.

Le travail mené par l'IRSTEA et le CEREGE dans le cadre de l'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR) permettra d'ici fin 2013 de réaliser des bilans annuels de flux de matière et de contaminants en différents points du bassin du Rhône et ainsi de mettre en évidence certains des affluents contributeurs au flux de PCB enregistré au niveau de l'embouchure du Rhône. Des actions de recherche de sources pourront alors être menées sur ces affluents et dans le cas où les sources identifiées pouvaient voir leur contribution réduite (confinement, enlèvement des sédiments et terrains), il n'est pas interdit de penser que ces actions contribueraient de manière significative à la réduction de rejet de substances, PCB et autres contaminants, dans les cours d'eau.

# DIAGRAMME DES FLUX DE PCB INDICATEURS A L'ECHELLE DU BASSIN-VERSANT FRANCAIS DU RHONE

DREAL Rhône-Alpes – Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée



<sup>(1)</sup> Estimation réalisée sur la base de la somme des quantités de PCBi évaluées en entrée de STEU (Sources : Excrétion humaine + Retombées atmosphériques)

<sup>(2)</sup> Estimation réalisée sur la base des quantités de PCBi évaluées dans les boues de STEU



### Pilotage politique

Préfet coordonnateur  
du bassin Rhône- Méditerranée

### Pilotage technique

DREAL Rhône- Alpes / Délégation de bassin

## LA MISE EN ŒUVRE DU PLAN

#### *Au niveau national ou du bassin Rhône-Méditerranée :*

DREAL Rhône- Alpes / DBRM

DRAAF Rhône- Alpes

ARS Rhône- Alpes

IRSTEA (ex CEMAGREF)

Agence de l'Eau RM et Corse

ONEMA

ANSES / INVS – CIRE Rhône- Alpes

Pôle de compétitivité AXELERA

#### *Au niveau régional et départemental :*

Les DREAL du bassin

Les DDT du bassin

Les DDCSPP et DDPP du bassin

Les ARS et les DTD du bassin

Les DR et SD de l'ONEMA

#### *Autres partenaires pour la réalisation des prélèvements ou le financement des analyses :*

Pêcheurs professionnels et amateurs

Structures de gestion des rivières et des lacs

Partenaires du plan Rhône



Informations disponibles sur : [www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr](http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr)



PRÉFET COORDONNATEUR  
DE BASSIN  
RHÔNE-MÉDITERRANÉE