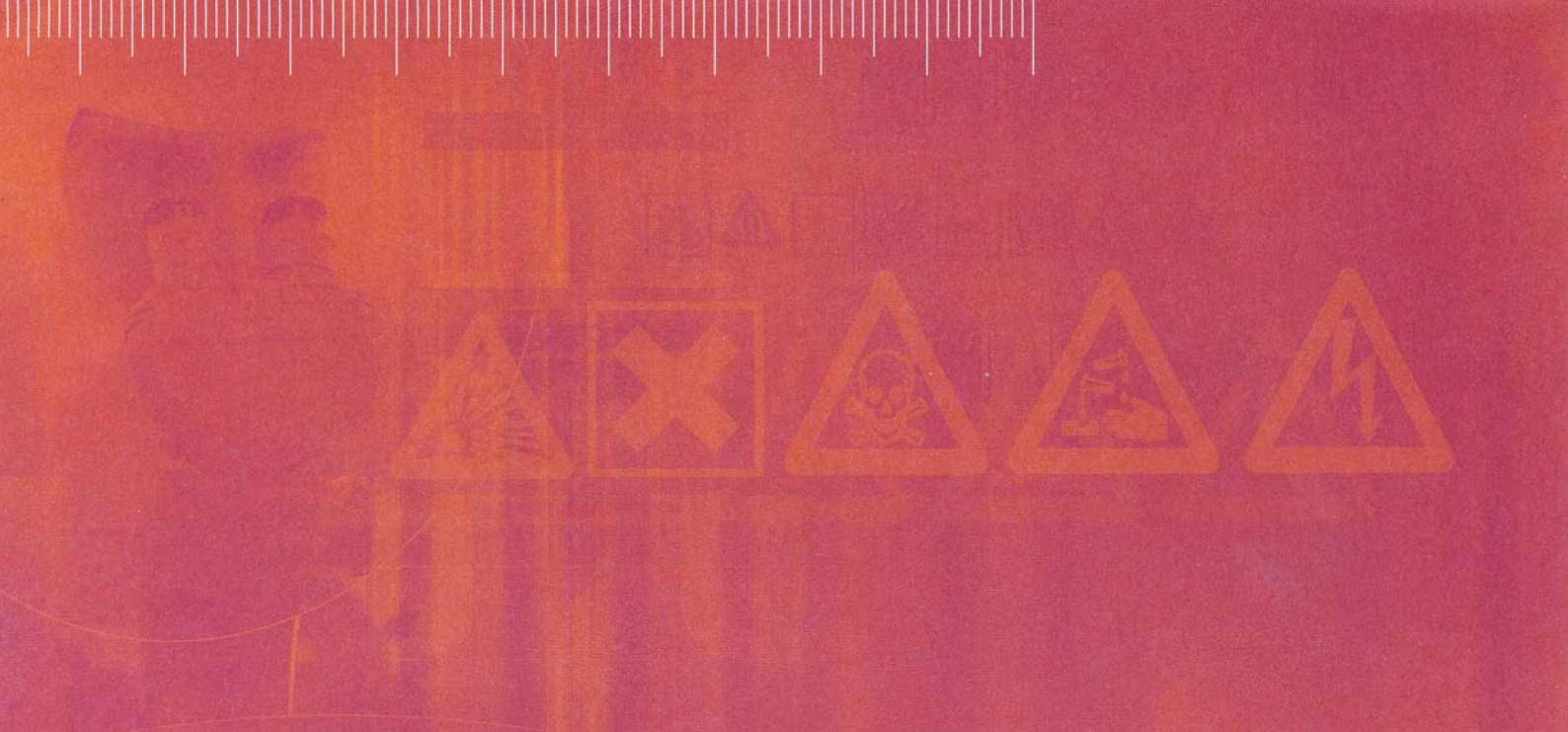




RAPPORT D'ÉTUDE
N° DRC-10-102861-02416A

05/03/2010

Convention ONEMA-INERIS 2009

Action 15

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) :
Etablissement d'une stratégie de réduction des
concentrations dans les cours d'eau

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Convention ONEMA-INERIS 2009

Action 15

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) : Etablissement d'une stratégie de réduction des concentrations dans les cours d'eau

INERIS

Direction des Risques Chroniques

Client : ONEMA

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

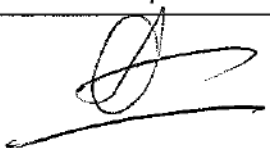
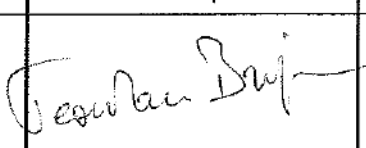
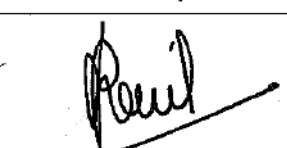
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Géraldine DUCOS	Jean-Marc BRIGNON	Laurence ROUIL
Qualité	Ingénieur de l'unité Economie et décision pour l'environnement (EDEN) Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'unité Economie et décision pour l'environnement (EDEN) Direction des Risques Chroniques	Responsable du pôle Modélisation environnementale et décision (DECI) Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

RESUME	7
ABSTRACT	8
SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE	9
1. GLOSSAIRE	11
2. INTRODUCTION.....	12
3. LES PRINCIPAUX FAITS CONCERNANT LES HAP	13
3.1 Le mode de production et les principaux usages intentionnels des HAP	13
3.2 Sources de contamination des cours d'eau par les HAP.....	15
3.3 Etat de la contamination des milieux par les HAP et transfert vers les eaux	17
4. PRIORISATION DES SOURCES DE CONTAMINATION DES COURS D'EAU PAR LES HAP	23
5. ACTIONS POUR REDUIRE LES EMISSIONS ET CONCENTRATIONS DE HAP	27
5.1 Actions pour réduire les émissions intentionnelles (quelque soit le milieu):	28
5.2 Actions pour réduire les émissions non-intentionnelles atmosphériques.....	29
5.3 Actions pour réduire les rejets directs ponctuels dans l'eau.....	34
5.4 Actions pour réduire les rejets directs diffus dans l'eau.....	35
5.5 Actions pour réduire les émissions non-intentionnelles terrestres	38
6. LEVIERS D'ACTION ET MARGE DE PROGRES	39
7. BIBLIOGRAPHIE.....	43
8. ANNEXE	47

RESUME

Résumé

L'objectif de ce rapport est d'établir les premiers fondements d'une stratégie de réduction des émissions et des concentrations de HAP dans les cours d'eau en France. Il y est plus particulièrement question des HAP de la liste des substances prioritaires et des substances dangereuses prioritaires de la Directive Cadre sur l'Eau. Les objectifs du rapport sont de (i) rappeler les principaux faits concernant les HAP en France (leur production, leurs utilisations, niveau de contamination des cours d'eau), (ii) effectuer une première tentative de priorisation des sources de contamination des cours d'eau, (iii) faire un inventaire des mesures réglementaires, incitatives et techniques réalisées et/ou disponibles pour réduire les émissions et la concentration de HAP dans les cours d'eau, et, (iv) proposer des leviers d'actions avec les marges de progrès associées pour réduire les concentrations de HAP dans les cours d'eau.

La production de HAP en France est quasiment nulle. On les retrouve cependant dans les distillats de houille (les dérivés huileux), la créosote et certaines huiles. Les utilisations de ces produits sont nombreuses : traitement des bois, peintures, graphite, anodes, fluxant de bitumes routiers, pneumatiques, ...

D'après les informations disponibles dans cette étude, les HAP ne sont pas recherchés de façon homogène d'un bassin versant à l'autre. Lorsqu'ils sont mesurés, le Benzo(g,h,i)peryène et l'Indénopyrène atteignent fréquemment le niveau « mauvais état » dans les zones urbaines et industrielles alors que le naphthalène n'est pas préoccupant.

Les principales sources de contamination des cours d'eau par temps de pluie par les HAP sembleraient être, par ordre d'importance, le relargage des sédiments, les dépôts atmosphériques provenant essentiellement de la combustion domestique et des transports, les déchets laissés en zones urbaines sur les voies publiques et transportés par ruissellement, les effluents industriels (essentiellement des secteurs de la chimie et parachimie, métallurgie, industrie pétrolière et traitement des textiles), les effluents des stations d'épuration urbaines et mixtes, le lessivage des sols des sites industriels en friches et le lessivage des sols agricoles où des boues de stations d'épuration ont été épandues. Par temps sec, les principales sources sont les dépôts atmosphériques, les effluents industriels et les effluents des stations d'épuration urbaines et mixtes.

L'inventaire des mesures de réduction des émissions et des concentrations de HAP dans les cours d'eau présente chaque mesure par type d'émission, à savoir : les émissions intentionnelles par secteur d'activité, les émissions non-intentionnelles atmosphériques par secteur d'activité, les rejets directs ponctuels (stations d'épuration urbaines, mixtes et industrielles), les rejets directs diffus (débordement des réseaux d'assainissement, ruissellement, transport maritime et relargage des sédiments) et les émissions non-intentionnelles terrestres. A chaque fois, les mesures sont présentées selon leur nature réglementaire, incitative ou technique. Les informations sur la mise en œuvre de ces mesures en France sont encore très incomplètes.

Deux tableaux de synthèse des leviers d'actions par temps sec et par temps de pluie, ainsi que les marges de progrès réalisables pour réduire la concentration des HAP dans les cours d'eau sont proposés à la fin de ce rapport.

Mots clés : Directive Cadre Eau, HAP, stratégie de réduction des concentrations, France, priorisation des sources, inventaire des mesures de réduction.

ABSTRACT

Abstracts

This report aims at laying the foundation of a strategy to reduce the PAHs emissions and concentrations in French rivers. It particularly deals with PAHs from the Water Framework Directive list of priority substances and priority hazardous substances. The objectives of this report are (i) to remind the main facts about PAHs in France (their production, uses, contamination level of rivers), (ii) to try a prioritisation of sources of river PAHs contamination, (iii) to make an inventory of regulatory, incentive and technical measures already implemented and/or available to reduce PAHs emissions and concentrations in rivers, and, (iv) to suggest actions and associated progress margins to reduce PAHs concentrations in rivers.

PAHs production in France is very low. However, it is present in coal distillates (oil derivatives), creosote and some oils. These products have several uses: wood impregnation, paints, graphite, anodes, fluxing agent for road bitumen, tires...

According to available information in this study, PAHs are not searched in a homogenous way from a water basin to another. When they are measured, Benzo(g,h,i)perylene and Indenopyrene frequently reach the "bad state" level in urban and industrial areas whereas naphthalene is not at a similar level of concern.

The main sources of river PAHs contamination when it is raining, seem to be, by order of importance, sediments, atmospheric deposits principally coming from domestic combustion and transports, waste left on public roads and carried by runoff, industrial effluents (mainly from the chemical and parachechemical sector, metallurgy, oil industry and textile treatment), effluents from urban and mixed WWTPs, leaching from fallow industrial areas, and, leaching from agricultural land where WWTPs sludge have been spread. By dry weather, the main sources are atmospheric deposits, effluents from industries and effluents from urban and mixed WWTPs.

The inventory of measures to reduce PAH emissions and concentrations in rivers presents each measure by emission type, namely: intentional emissions by activity sector, non-intentional atmospheric emissions by activity sector, punctual direct effluents (urban, industrial and mixed WWTP), diffuse direct effluents (overflows from sewage network, runoff, shipping and sediments), and, non-intentional terrestrial emissions. Each time, measures are presented according to their regulatory, incentive or technical nature. Information on their implementation in France is still incomplete.

Two synthesis tables of actions, one for dry weather and the other for when it is raining, and possible progress margins to reduce PAH concentrations in rivers are suggested at the end of the report.

Key words: Water Framework Directive, PAHs, concentration reduction strategy, France, give priority to sources, abatement measure inventory.

SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE

CONTEXTE GENERAL ET RAPPEL DES OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET

Les HAP ont été identifiés parmi les substances les plus déclassantes de l'état chimique des cours d'eau français. Le présent rapport a pour but d'établir les premiers fondements d'une stratégie de réduction des émissions et des concentrations de HAP en France. Il a plus précisément pour objectifs de :

- ◆ Rappeler les principaux faits concernant les HAP (état de la contamination des milieux, la production et les utilisations de HAP, les voies de contamination et les sources d'émissions) ;
- ◆ Effectuer une première tentative de priorisation des sources de contamination des cours d'eau ;
- ◆ Citer les mesures réglementaires, incitatives et techniques réalisées et/ou envisageables pour réduire les émissions et les concentrations de HAP ;
- ◆ Indiquer les leviers d'actions et les marges de progrès pour réduire les concentrations de HAP dans les cours d'eau.

QUELQUES ELEMENTS DE METHODOLOGIE (ET EVENTUELLES DIFFICULTES RENCONTREES)

Cette étude étant la première étape du projet de réalisation d'une stratégie de réduction des concentrations de HAP, elle repose essentiellement sur une revue de la littérature académique (articles scientifiques, thèses de doctorat, rapports d'étude) et des publications mises en ligne par les acteurs économiques (industries et leurs représentants, collectivités locales, associations).

Concernant la priorisation des sources de contamination des cours d'eau, en plus des résultats présentés dans des thèses dédiées à ce sujet, les bases de données hébergées par l'INERIS ont été consultées afin d'identifier les sources de contamination et d'établir le bilan des émissions de HAP en France, à savoir :

- ◆ la base de données de l'inventaire exceptionnel RSDE concernant les rejets directs dans l'eau des installations classées, d'autres installations industrielles et des stations d'épuration mixtes et urbaines ;
- ◆ la base de données BDREP dans laquelle figurent les émissions des installations classées vers l'eau, les sols et l'atmosphère.

Les calculs effectués se trouvent en annexe dans ce rapport.

Cette méthode est très dépendante de l'information disponible. C'est pourquoi l'exercice de priorisation effectué dans cette étude est particulièrement pertinent pour le bassin Seine-Normandie.

Concernant l'inventaire des mesures de réduction des émissions et des concentrations de HAP, les fiches technico-économiques du portail Substances Chimiques de l'INERIS (www.ineris.fr/substances/fr) ainsi que le rapport sur les HAP du projet européen SOCOPSE (www.socopse.se) ont constitué la principale base d'information. Ces documents n'ont cependant pas permis de bien définir le taux d'adoption ou de succès de ces mesures. Une enquête auprès des émetteurs industriels, des collectivités ainsi qu'auprès des entreprises/associations spécialisées dans le traitement des HAP permettra, dans le futur, de mieux établir ces taux et, par conséquent de mieux préciser les marges de progrès estimées en dernière partie de l'étude.

Concernant les leviers d'actions et les marges de progrès réalisables, les 2 tableaux synthétiques présentés dans ce rapport ont été réalisés sur la base des résultats de la priorisation des sources de contamination et de l'inventaire des mesures. Ces 2 tableaux sont donc très dépendants de la qualité de l'information qui a pu être rassemblée. Ils gagneraient eux aussi en réalisme, s'ils étaient discutés auprès des parties intéressées.

PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS ET IMPLICATIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS, REALISATIONS PRATIQUES

Ce rapport présente les résultats suivants :

- ♦ Le bilan des sources et voies de contamination des cours d'eau en Europe et en France ;
- ♦ La priorisation de ces sources en France et plus particulièrement dans le bassin Seine-Normandie : par temps de pluie, les principales sources sont le relargage des sédiments, les dépôts atmosphériques provenant essentiellement de la combustion domestique et du transport, les déchets laissés en zones urbaines sur les voies publiques et transportés par ruissellement, les effluents industriels (essentiellement des secteurs de la chimie et parachimie, métallurgie, industrie pétrolière et traitement des textiles), les effluents des stations d'épuration urbaines et mixtes, le lessivage des sols des sites industriels en friches et le lessivage des sols agricoles où des boues de stations d'épuration ont été épandues. Par temps sec, les principales sources sont les dépôts atmosphériques, les effluents industriels et les effluents des stations d'épuration urbaines et mixtes ;
- ♦ Un inventaire des mesures réglementaires, incitatives ou techniques de réduction des émissions et des concentrations de HAP dans les cours d'eau. Chaque mesure est présentée par type d'émission, à savoir : les émissions intentionnelles par secteur d'activité, les émissions non-intentionnelles atmosphériques par secteur d'activité, les rejets directs ponctuels (stations d'épuration urbaines, mixtes et industrielles), les rejets directs diffus (débordement des réseaux d'assainissement, ruissellement, transport maritime et relargage des sédiments) et les émissions non-intentionnelles terrestres ;
- ♦ Un tableau de synthèse des leviers d'actions par temps sec et un autre par temps de pluie pour réduire la concentration des HAP dans les cours d'eau. Les marges de progrès réalisables sont également précisées dans ces 2 tableaux.

Ces résultats seront utilisés lors de l'élaboration de la stratégie de réduction des émissions et des concentrations de HAP dans les cours d'eau, et cela, en vue d'atteindre l'objectif de bon état chimique de la Directive Cadre sur l'Eau. Au préalable, les données devront être actualisées. De nouvelles données devront également être recueillies auprès des industriels et/ou de leurs représentants, des collectivités locales, des associations ou encore des entreprises spécialisées dans le traitement des eaux, déchets, sols et sédiments.

1. GLOSSAIRE

3RSDE	Action de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses dans l'Eau
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AESN	Agence de l'Eau Seine-Normandie
BDREP	Base de Données du Registre français des Emissions Polluantes
CE	Communauté Européenne
CEE-NU	Communauté Economique Européenne-Nations Unis
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
CTO	Composés Traces Organiques
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DIREN	Direction Régionale de l'Environnement
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HQE	Haute Qualité Environnementale
LIFE	<i>L'Instrument</i> Financier pour l'Environnement
LQ	Limite de Quantification
MEEDDM	Ministère de l'Écologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer
MS	Matière Sèche
MTD	Meilleure Technique Disponible
NQE	Norme de Qualité Environnementale
NQEp	Norme de Qualité Environnementales provisoire
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
STEP	STation d'EPuration des eaux usées
TVA	Taxe sur la Valeur Ajoutée
UE	Union Européenne
VLC	Valeur Limite de Concentration
WWTP	Waste Water Treatment Plant

2. INTRODUCTION

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ont été identifiés parmi les substances les plus déclassantes de l'état chimique des cours d'eau français. Le présent rapport a pour but d'établir les premiers fondements d'une stratégie de réduction des émissions et des concentrations de HAP en France. Il a plus précisément pour objectifs de :

- ♦ Rappeler les principaux faits concernant les HAP (état de la contamination des milieux, la production et les utilisations de HAP, les voies de contamination et les sources d'émissions) ;
- ♦ Effectuer une première tentative de priorisation des sources de contamination des cours d'eau ;
- ♦ Citer les mesures réglementaires, incitatives et techniques réalisées et/ou envisageables pour réduire les émissions et les concentrations de HAP ;
- ♦ Indiquer les leviers d'action et les marges de progrès pour réduire les concentrations de HAP dans les cours d'eau.

Les HAP sont des molécules organiques comportant plusieurs cycles benzéniques. A l'exception du naphtalène, les HAP sont des composés peu solubles dans l'eau et peu volatils. Ils se présentent à l'état pur sous forme de solide ou de liquide plus ou moins visqueux. Ce sont des molécules neutres, très réduites et hydrophobes.

Les HAP ont trois grandes origines¹ : pyrolytique (combustion de matériel organique par les industries, transports, incinérateurs, incendies,...), pétrogénique (bruts pétroliers et dérivés) et diagénétique (transformation des sédiments en pétrole). Leur formation peut ainsi être naturelle (feux de forêt, volcanisme, suintements,...), mais la majorité des HAP aujourd'hui retrouvés dans l'environnement provient d'activités humaines.

Les HAP sont une famille très nombreuse, au sein de laquelle les molécules prises en compte explicitement par la DCE en tant que substances prioritaires ou substances dangereuses prioritaires sont les suivantes :

Substances prioritaires :

- ♦ Anthracène : les utilisations sont très spécifiques (industrie de la pyrotechnie, laboratoires de recherche scientifique) ;
- ♦ Fluoranthène : pas d'utilisations commerciales connues ;
- ♦ Naphtalène : principalement utilisé en tant qu'intermédiaire chimique pour une large variété de produits (colorants, super plastifiant pour additifs de béton, pesticides non-agricoles, celluloïds, solvants, lubrifiants, préservatif de bois (ex : Créosote), asphalte,...).

Substances dangereuses prioritaires :

- ♦ Benzo(a)pyrène ;
- ♦ Benzo(b)fluoranthène ;
- ♦ Benzo(g,h,i)pérylène ;
- ♦ Benzo(k)fluoranthène ;
- ♦ Indéno(1,2,3-cd)pyrène.

¹ <http://seine-aval.crihan.fr/web/SystObs.jsp?currentBlocId=8¤tNodeId=47>

Ces 5 substances sont d'origine non intentionnelle (pas d'utilisation commerciale connue). D'autres HAP, qui ne sont pas cités par la DCE mais qui sont assez communément étudiés, ont pris en compte dans ce rapport (Acénaphène, Fluorène, Phénanthrène, Pyrène).

La première partie de ce rapport présente les principaux faits concernant la production et les utilisations de HAP, les sources, les voies de contamination et le niveau de contamination des cours d'eau français par les HAP. Puis, un exercice de priorisation des sources de contamination des cours d'eau est effectué. Une synthèse des actions politiques (réglementaires et incitatives) et des mesures techniques est ensuite présentée. Enfin, 2 tableaux récapitulatifs des leviers d'action et des marges de progrès réalisables par temps sec et par temps de pluie sont dressés en guise de conclusion.

3. LES PRINCIPAUX FAITS CONCERNANT LES HAP

3.1 LE MODE DE PRODUCTION ET LES PRINCIPAUX USAGES INTENTIONNELS DES HAP

La production de HAP

Il n'y a que très peu voire pas de production de HAP individuels. Il est probable que les rejets de HAP liés à leur production et à leur utilisation directe soient marginaux par rapport à leurs rejets totaux (Holland et al., 2001). On produit cependant des mélanges d'hydrocarbures dont certains sont riches en HAP :

- ◆ Le bitume : matériau provenant de la distillation du pétrole ;
- ◆ Le goudron : matériau provenant de la distillation du charbon ;
- ◆ Le goudron de houille : matériau produit au cours du traitement de pyrolyse de la houille pour fabriquer du coke ;
- ◆ Le brai de houille : résidu de distillation du goudron de houille ;
- ◆ Les créosotes : produits huileux issus de la distillation de la houille et des goudrons de houille.
- ◆ Les huiles : huiles anthracène, huile acénaphène, huile chrysène,...

Les principaux usages intentionnels des HAP

Certains HAP sont utilisés comme intermédiaires : le naphthalène, l'acénaphthène, l'anthracène, le fluorène, le fluoranthène, le phénanthrène et le pyrène. Ils sont utilisés dans des polymères, des teintures, des pigments, des surfactants, des dispersants, des agents tannants, des solvants, des résines insecticides et des ramollissants de caoutchouc (Royal Haskoning, 2003).

Le benzo(a)pyrène ne trouve actuellement aucune application dans l'industrie (Soleille et Brignon, 2006). Il entre, en revanche, dans la fabrication de produits étalons. Certains laboratoires d'analyse ou de toxicologie l'utilisent en très faible quantité (Palayer et al., 1997). Excepté pour la recherche, il n'existe pas d'utilisation connue du benzo(b)fluoranthène ou de l'indéno(1,2,3-cd)pyrène (INERIS 2003-2004).

Concernant l'utilisation des mélanges d'hydrocarbures :

- ♦ Le goudron est utilisé pour fabriquer le brai de houille et serait parfois lui même utilisé principalement dans l'imprégnation de matériaux ou dans des peintures. Il fournit également des dérivés huileux pouvant servir comme fluxants des bitumes. Les principaux HAP contenus dans le goudron de houille sont par ordre d'importance : naphtalène: 10,0 %, phénanthrène: 4,5 %, fluoranthène: 3,0 %, pyrène: 2,0 %, fluorène: 1,8 %, anthracène. Mais il contient en faibles quantités d'autres HAP.
- ♦ Le brai de houille (solide) est utilisé pour fabriquer le graphite (lui même utilisé dans des électrodes en aciérie, dans des moteurs,...), des anodes, et comme liant dans des revêtements anticorrosion pour conduites, fibres et mousses de carbone, des liants réfractaires, des agents utilisés en fonderie. Il n'est (en principe) plus utilisé dans les travaux routiers. Il peut aussi être mélangé aux huiles (anthracénique, naphténique,...). Le principal HAP contenu dans le brai de houille est le pyrène. Il contient en faible quantité du benzo[a]pyrene.
- ♦ Les huiles couvrent des domaines d'application très variés : pneumatiques, fabrication de créosote, caoutchoucs, bitumes,... Elles servent aussi à produire certains HAP isolés, qui sont eux-mêmes utilisés individuellement, principalement le naphtalène (intermédiaire de synthèse chimique pour les phtalates, la vitamine K, parfums et colorants,...), et de façon plus confidentielle le fluoranthène (industrie pharmaceutique), le fluorène (Intermédiaire de synthèse pour des polymères semi-conducteurs (polyfluorènes), des composés à usage confidentiel, des médicaments,...), le pyrène (teintures, substances utilisées en optique ,...).

Concernant la créosote en particulier, les quantités de HAP impliquées dans la production de créosote en Europe sont de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers de tonnes par an (40 000 tonnes en 1999 d'après EU RAR, 2000 ; 17 000 tonnes/an de phénanthrène et de naphtalène, soit environ 27 200 tonnes pour le total des HAP, d'après l'International Programme on Chemical Safety, 1998) (Royal Haskoning, 2003). La créosote a des propriétés insecticides, fongicides et hydrofuges et sont peu sensibles à la lixiviation. Elles sont utilisées pour le traitement des bois destinés à un usage extérieur (Schnuriger B., 2008). La consommation de créosotes en France a beaucoup baissé. De l'ordre de 30 000 à 40 000 t/an en 1960, elle était descendue à environ 10 000 t/an au milieu des années 1990 (essentiellement pour traiter les traverses de chemin de fer et certains poteaux de transport des lignes électriques aériennes) (Rayzal et al., 1998). On peut supposer que cette tendance s'est poursuivie avec l'utilisation du béton pour les traverses de chemin de fer (renouvellement et nouvelles lignes), l'enfouissement des lignes électriques et la substitution de la créosote par des sels métalliques.

Concernant les bitumes, l'ajout d'huile de houille est encore parfois pratiqué pour les enduits superficiels ou lors de préparations spéciales. Les goudrons et les brais de houille ne sont en principe plus utilisés en France dans les enrobés routiers classiques. Ils peuvent subsister dans des revêtements « anti K » résistants aux carburants, notamment au kérosène dans les zones d'avitaillement des aéroports.

3.2 SOURCES DE CONTAMINATION DES COURS D'EAU PAR LES HAP

Les sources de la contamination des eaux par la voie atmosphérique

Le tableau suivant présente les émissions dans l'air en France métropolitaine par secteur.

Tableau 1 : Emissions dans l'air en France métropolitaine (unité tonnes) de benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène et indeno(1,2,3-cd)pyrène

Année	1990	1991	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008**
Transformation énergie	0.8	0.8	0.7	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Industrie manufacturière	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Résidentiel/ tertiaire	37.7	45	33.9	26.7	22.1	21	19.5	18	16.1	15.1
Agriculture/ sylviculture	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
Transport routier	2.5	2.7	3.2	3.7	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.3
Autres transports (*)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
TOTAL	42.4	50	39.1	31.9	27.7	26.6	25.1	23.8	21.9	20.7
Hors total (*)	16.4	3	5.6	5.4	13.8	3.4	5.1	2.1	2.3	2.2

Source : CITEPA, 2009

(*) Selon définitions de la CEE - NU - les émissions répertoriées hors total ne sont pas incluses, à savoir les émissions maritimes internationales, les émissions des trafics aériens phase croisière (≥ 1000 m) domestique et international, ainsi que les émissions des sources biotiques des forêts et les émissions des sources non anthropiques.

(**) Estimations

D'après ce tableau, les sous-secteurs prépondérants en 2007 (≥ 95 % des émissions totales) sont :

- 1 - Résidentiel 73 % : chauffage domestique (combustion de la biomasse)
- 2 - Voitures particulières diesel catalysées 9,0%
- 3 - Véhicules utilitaires diesel catalysés 3,9 %
- 4 - Voitures particulières diesel non catalysées 2,5 %
- 5 - Poids lourds diesel 2,3 %
- 6 - Véhicules utilitaires diesel non catalysés 1,5 %
- 7 - Autres sources de l'agriculture 1,4 %
- 8 - Métallurgie des métaux non-ferreux 0,9 %

Il est important de remarquer que toutes ces émissions sont non-intentionnelles.

Une étude menée par l'INERIS pour le Ministère de l'Ecologie réalisée dans 4 grandes agglomérations françaises (Paris, Grenoble, Lille et Strasbourg) lors de l'hiver 2006-2007, montre des résultats proches du CITEPA. Elle met, en effet, en évidence une contribution supérieure à 50% de la source « combustion de biomasse » dont le chauffage au bois (Pissot et al., 2008).

Les sources de la contamination des eaux par la voie directe (émissions ponctuelles)

Les 5 HAP dangereux prioritaires sont identifiés dans 6 à 12% des rejets mesurés dans un échantillon de rejets d'installations classées lors de l'action 3RSDE² (Gréaud, 2008). Le tableau 2 présente les flux de HAP des établissements industriels et des STEP urbaines de l'action 3RSDE³.

Tableau 2 : Flux en HAP des installations classées et STEP urbaines de l'échantillon 3RSDE (2005) (en g/j et, pour les flux industriels, en % secteur sur flux total industriel)

Rejets des installations classées (vers milieu naturel ou réseaux collectifs d'eaux résiduaires)	Nb. étab	Flux (g/j)		
		Max	Moy	Med
Benzo(a)pyrène				
Chimie et parachimie : 43% Métallurgie : 37% Autres sites* : 7% Industrie pétrolière : 7%	237/2648	14.28	0.20	LQ
STEP urbaines	13/167	0.32	0.05	0.01
Benzo(b)fluoranthène				
Chimie et parachimie : 48% Métallurgie : 33% Autres sites* : 9%	322/2648	26.65	0.21	LQ
STEP urbaines	14/167	0.65	0.07	0.02
Benzo(gui)pérylène				
Chimie et parachimie : 78% Métallurgie : 13%	219/2648	82.81	0.46	LQ
STEP urbaines	7/167	0.11	0.02	LQ
Benzo(k)fluoranthène				
Métallurgie : 37% Traitement des textiles : 29% Chimie et parachimie : 23%	180/2648	8.51	0.18	LQ
STEP urbaines	1/167	0.12	0.12	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène				
Chimie et parachimie : 52% Métallurgie : 38% Autres sites* : 5%	173/2648	18.08	0.22	LQ
STEP urbaines	9/167	0.15	0.03	0.01

* « autres sites » comprend les activités suivantes : menuiserie/Traitement du bois, imprimeries, industries extractives, laboratoires de recherche, production d'eau potable, hypermarché, parc de loisir.

D'après ces résultats, les flux de STEP urbaines contiennent moins de HAP que les rejets industriels des secteurs les plus préoccupants : métallurgie, chimie et parachimie, traitement des textiles et industrie pétrolière. Et, il faut remarquer que pour 4 des 5 HAP (sauf le benzo(k)fluoranthène), un site de la chimie est le principal émetteur (le même pour les 4).

² Les résultats d'analyse supérieurs à 10µg/l sont uniquement pris en compte dans ces résultats.

³ L'action 3RSDE a permis la réalisation d'un inventaire de 106 substances chimiques dans les rejets aqueux de 2876 site volontaires, majoritairement des installations classées mais aussi 167 STEP urbaines et 22 centres de production d'électricité. L'échantillon des installations classées est représentatif du tissu industriel français. L'inventaire est constitué de prélèvements représentatifs d'une journée d'activité normale du site prélevé.

Les travaux de Gasperi (2006) ont cherché à mettre en évidence l'origine des HAP présents dans les eaux usées. Il montre que les flux de HAP rejetés quotidiennement par les activités domestiques sont importants et que leur rôle est prépondérant dans la contamination en hydrocarbures des eaux usées de temps sec. Ce résultat est original car il pointe non plus les activités industrielles, souvent considérées comme les sources majoritaires d'hydrocarbures, mais incrimine pour la première fois les rejets domestiques. L'origine des HAP domestiques est, cependant, encore mal identifiée. Leurs sources possibles sont les émissions physiologiques, les résidus alimentaires de certains corps gras, des produits sanitaires, le tabac ou d'autres sources.

Les sources de la contamination des eaux par la voie directe (émissions diffuses)

Les émissions provenant du débordement des réseaux d'assainissement et du ruissellement sont à distinguer des émissions provenant du relargage des sédiments :

- ♦ Concernant les émissions provenant du débordement des réseaux d'assainissement et du ruissellement : quelque soit le bassin considéré, l'érosion, par temps de pluie, des stocks accumulés par temps secs constitue une source importante de HAP. Cette contribution semble augmenter avec l'intensité de l'évènement pluvieux jusqu'à une intensité limite, pour laquelle la contribution maximale du réseau peut avoisiner 75% (Gasperi, 2006).
- ♦ Relargage des sédiments : la contamination des sédiments dépend de l'ensemble des flux passés et présents atteignant les cours d'eau.

Les sources de la contamination des eaux par la voie terrestre

Concernant la pollution industrielle des sols, « un type de pollution très répandue en France est le cas des sites où des combustibles fossiles ou leurs dérivés ont été utilisés. C'est par exemple le cas des sites de traitement du bois où la créosote et l'huile d'anthracène [...] servaient en tant que conservateurs. Un autre cas à citer est celui des goudrons de houille obtenus lors de la pyrolyse du charbon (usines à gaz, cokeries) (Jouannin, 2004) ». Ces sites pollués sont aujourd'hui, pour la plupart, abandonnés. On compte en France de l'ordre de 700 à 800 anciennes usines à gaz (Jouannin, 2004). Le devenir de ces friches pose des problèmes majeurs de risques de transfert de pollution vers le milieu aquatique.

Pour le secteur agricole, en 2006 en France, 60% des boues d'épuration (eq. 1,3 millions de tonnes en poids sec) sont épandus sur les sols agricoles. La teneur moyenne pour la somme acénaphthène, phénanthrène, fluorène, fluoranthène, pyrène, benzo (b+j+k) fluoranthène, benzo (a) pyrène, benzo (ghi) pérylène, indéno (1, 2, 3-c,d) pyrène est de 6 mg par kilogramme de boue (Lepot, 2006), ce qui représente un flux non négligeable de HAP vers les sols (voir le chapitre 4 pour plus de détails).

3.3 ETAT DE LA CONTAMINATION DES MILIEUX PAR LES HAP ET TRANSFERT VERS LES EAUX

Ce chapitre décrit, à partir de l'information disponible, l'état de la contamination par les HAP de chaque compartiment de l'environnement, et, lorsque le cas se présente, le transfert des HAP vers le compartiment aquatique.

Matrice eau

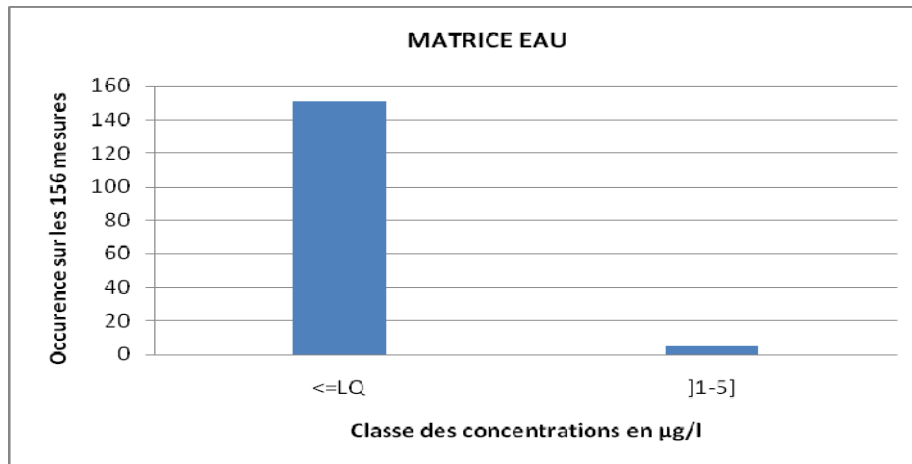
Ici, les concentrations de HAP mesurées sont comparées avec les NQEp de la circulaire du 7 mai 2007 :

- ♦ Benzo(a)pyrène = 0.05 µg/L
- ♦ Somme Benzo(b)fluoranthène et Benzo(k)fluoranthène= 0.03 µg/L
- ♦ Somme Benzo(g,h,i)pérylène et Indeno(1,2,3-cd)pyrène = 0.002 µg/L

Le seuil de quantification des HAP se situe à 0,01µg/L et donc au dessus de la NQEp du Benzo(g,h,i)pérylène et Indeno(1,2,3-cd)pyrène.

Concernant le Benzo(b)fluorantène, le graphique 1 présente les résultats de l'inventaire exceptionnel 3RSDE.

Graphique 1 : Concentration de Benzo(b)fluorantène dans les échantillons eau 3RSDE (2005)

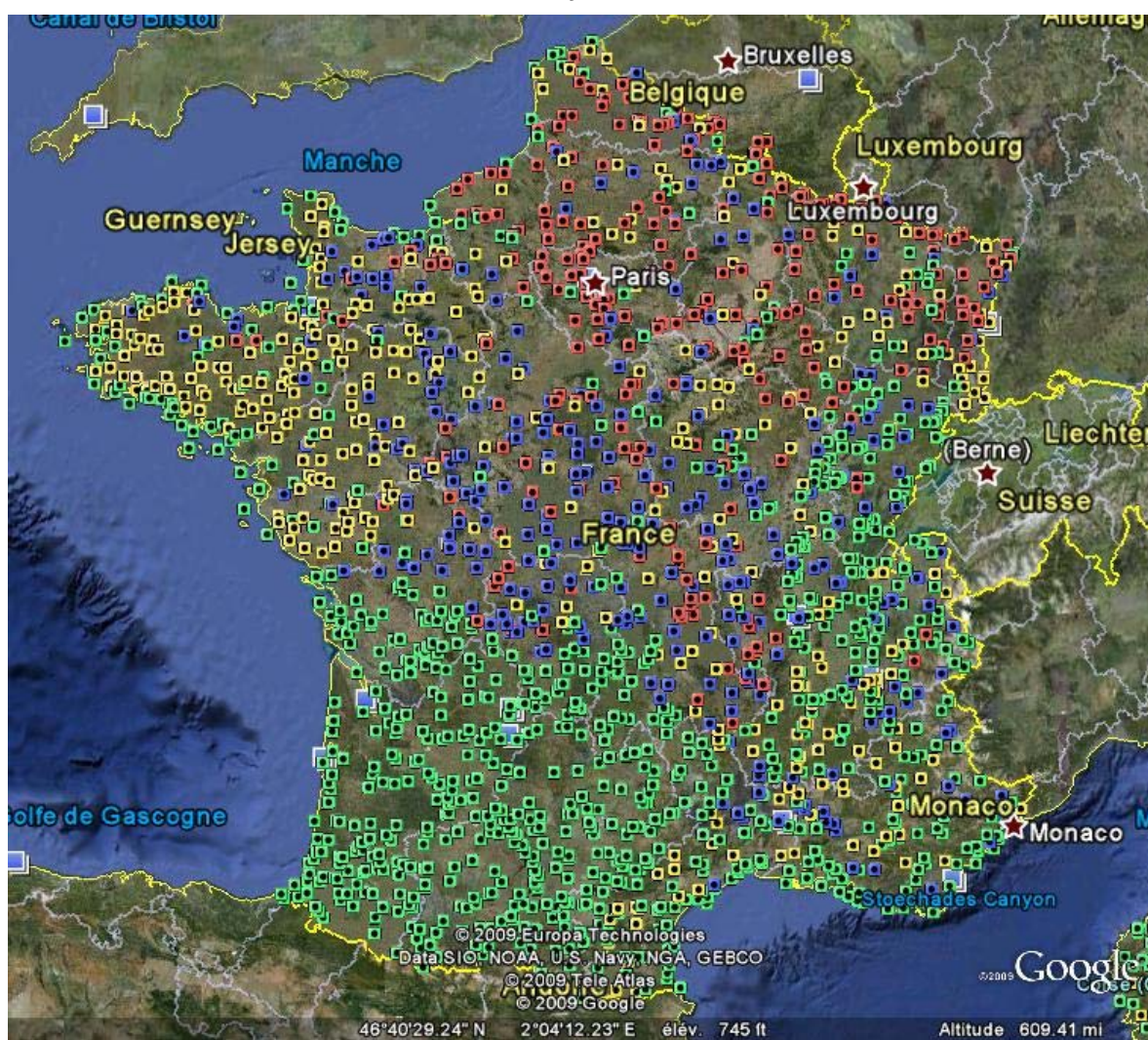


Source : Morin A, 2007

Plus de 96% des analyses sont inférieures ou égales à la LQ et qu'environ 3% se situent dans la classe]0-5]µg/L.

Concernant le Benzo(g,h,i)pérylène et l'Indénopyrène, la carte 1 présente l'état de la contamination des cours d'eau français.

Carte 1 : Etat de la contamination en Benzo(g,h,i)pérylène et Indénopyrène des eaux françaises



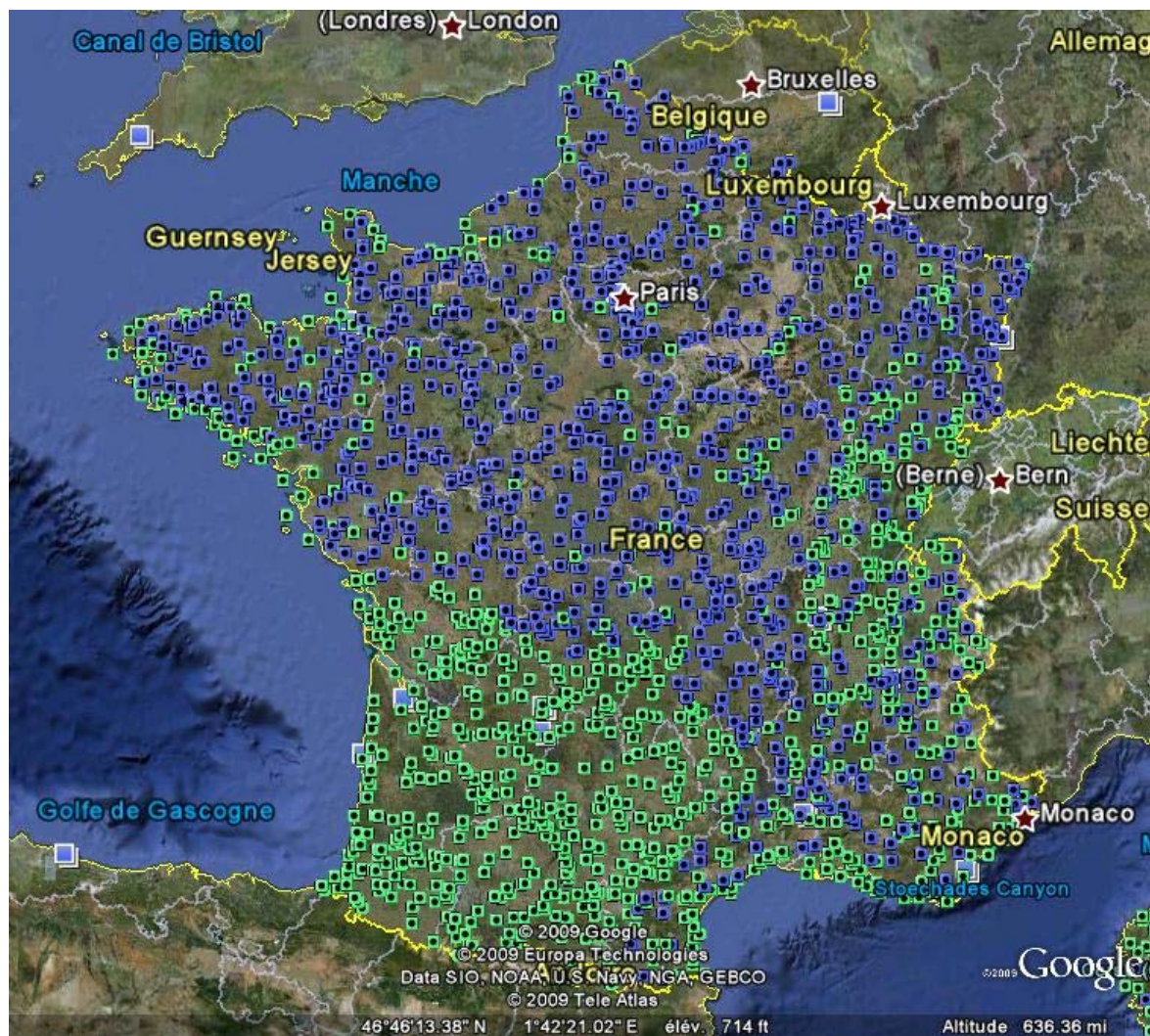
Légende : jaune = pb de LQ ; vert = pas de données sur la station ; bleu = bon état ; rouge = mauvais état

Source : ONEMA

Ces 2 HAP (Benzo(ghi)pérylène et l'Indénopyrène) sont très fréquemment recherchés dans les bassins Loire-Bretagne, Seine-Normandie, Artois-Picardie et Rhin-Meuse. Elles le sont moins en Rhône, Méditerranée Corse et encore moins dans le bassin Adour-Garonne. Les zones les plus contaminées en Benzo(g,h,i)pérylène et Indénopyrène sont : le bassin parisien, bassin de Lille-Valencienne, bassin Rhénan et bassin Lorrain. La LQ étant supérieure à la NQEp, on peut s'attendre à ce que la contamination des eaux soit en fait supérieure à celle indiquée dans cette carte.

La carte 2 présente l'état de la contamination des cours d'eau par le Naphtalène.

Carte 2 : Etat de la contamination en Naphtalène des eaux françaises



Légende : jaune = pb de LQ ; vert = pas de données sur la station ; bleu = bon état ; rouge = mauvais état

Source : ONEMA

Le Naphtalène ne semble pas être préoccupant dans les bassins versants contrôlés.

Matrice air

Sur la période 1990-2007, les émissions ont diminué de 48% (-20,5 t). Cette baisse est observée dans l'ensemble des secteurs qui contribuent aux émissions, sauf dans le transport routier.

L'évolution des émissions suit d'assez près celle des conditions climatiques, traduisant ainsi le lien entre les émissions et la consommation d'énergie comme le reflète l'année 1991 qui constitue le pic des émissions sur la période 1990-2007 (CITEPA, 2009). Une partie des émissions de HAP suivent l'activité anthropique saisonnière. En hiver par exemple, le chauffage domestique entraîne le fonctionnement à haut régime des centrales électriques thermiques et des émissions de HAP élevées. La combustion du bois par les particuliers contribue également à des émissions de HAP plus élevées.

En ce qui concerne les transferts air- sol/eau, les résultats de la thèse de Motelay-Massei (2003) montrent une importante variation à la fois spatiale et temporelle des concentrations de HAP dans les dépôts atmosphériques. Les concentrations de HAP sont dépendantes de la nature du site (industriel, urbain, rural) et sont plus importantes en hiver qu'en été. Ainsi les flux hivernaux mesurés au Havre sont parmi les plus élevés en Europe. Selon Blanchard et al. (2007), la concentration de HAP dans les dépôts atmosphériques peut être jusqu'à 15 à 20 fois plus élevée en hiver qu'en été (région du bassin de la Seine).

Matrice sol

L'étude réalisée dans la thèse d'Anne Motelay-Massei (2003) montre que les sols du bassin versant de la Seine sont pollués par les HAP au-delà du niveau naturel, même pour les sites réputés éloignés des sources de contamination. Les teneurs en HAP dans les sols varient entre 450 et 5650 µg/kg de matière sèche. Dans les zones industrielles et urbaines, ces teneurs sont très élevées et sont supérieures d'au moins un ordre de grandeur à celles des zones rurales.

Le passé industriel de la France a des conséquences sur la contamination des sols en HAP et le transfert vers le compartiment aquatique. La thèse de Frédéric Jouannin (2004) étudie la mobilité des HAP dans les sols industriels pollués. Il analyse 2 formes de mobilité des HAP :

- ♦ Mobilité sous forme dissoute : sous cette forme, la mobilité des HAP pourrait être dépendante de la valeur de Carbone Organique Total contenu dans le sol, le débit de percolation et la température.
- ♦ Mobilité sous forme particulaire (fraction de la pollution qui correspond aux HAP mobilisés sous forme particulaire). Le phénomène d'entraînement particulaire pourrait être dépendant, notamment, de la salinité de l'eau avec laquelle les particules peuvent entrer en contact. Ainsi, il a été observé que le transport particulaire était maximal pour des conductivités <100µS/cm

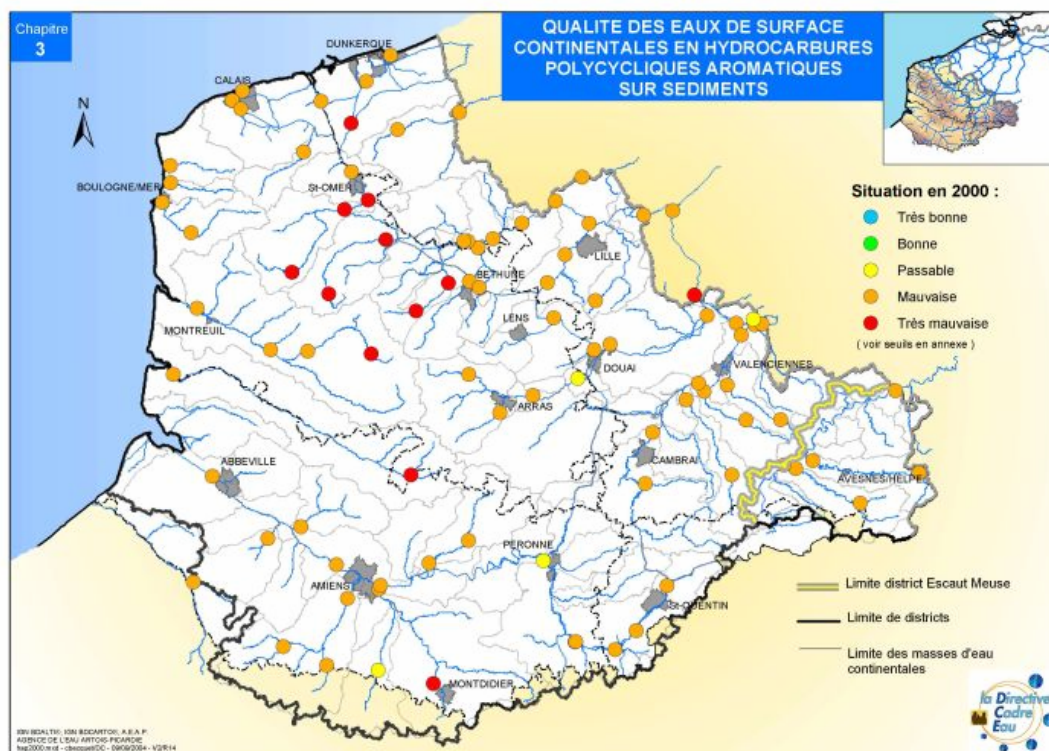
Concernant le secteur agricole, la demi-vie des HAP dans les sols est généralement inférieure à 180 jours (Nagpal, 1993). Les propriétés physico-chimiques des HAP déterminent leur comportement dans les sols après épandage des boues. Le transfert et la dégradation des HAP de faible poids moléculaire semblent plus rapides que ceux de poids élevé (Wild et Jones, 1995). Le transfert des HAP est ensuite dépendant des phénomènes d'érosion et de lessivage des sols.

Matrice sédiment

Les HAP imprègnent les sédiments des grands fleuves et des cours d'eau dans les zones urbaines ou industrielles et ils sont souvent une raison du déclassement de la qualité de masses d'eau.

La carte suivante présente l'état de la contamination des sédiments dans le bassin Artois-Picardie.

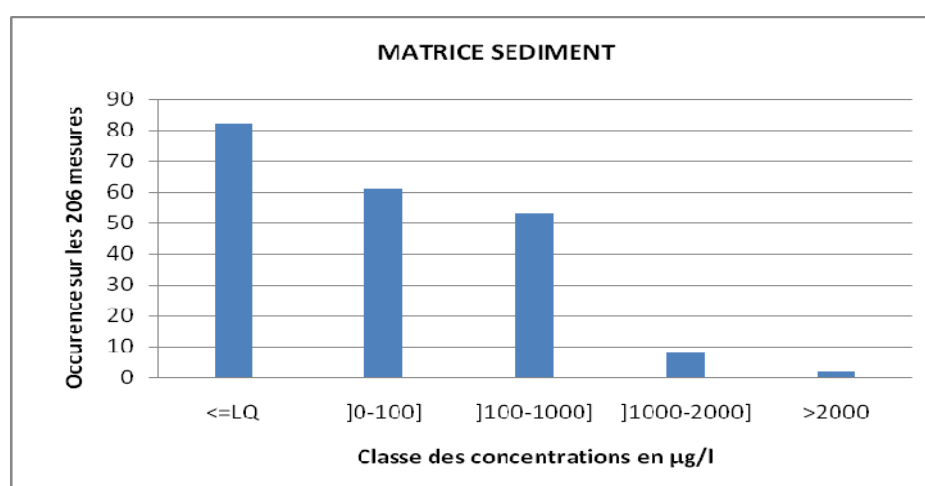
Carte 3 : Etat de la contamination des sédiments dans le bassin Artois-Picardie (situation en 2000)



Source : Agence de l'eau Artois-Picardie, 2005

Le graphique 3 est issu de l'inventaire exceptionnel RSDE. Il montre que plus de 40% des concentrations sont inférieures ou égales à la LQ et 60% se situent dans la classe]0-2000]µg/l pour le Benzo(b)fluoranthène.

Graphique 3 : Concentration de Benzo(b)fluoranthène dans les échantillons sédiments 3RSDE (2005)



Source : Morin A, 2007

Dans le bassin Seine-Normandie, les HAP sont omniprésents dans les sédiments. Sur les 6 HAP mesurés, le Fluoranthène a été détecté dans 87% des 130 mesures réalisées sur sédiment entre 1991 et 1995 (AESN, 1997). La contamination par les HAP des sédiments de la région Ile de France est généralisée (qualité médiocre à mauvaise dans toutes les stations pour la période 2001 à 2004) (DIREN Ile-de-France , 2005).

Le relargage des HAP provenant des sédiments peut survenir pendant les épisodes pluvieux ou à la suite d'activités de dragage.

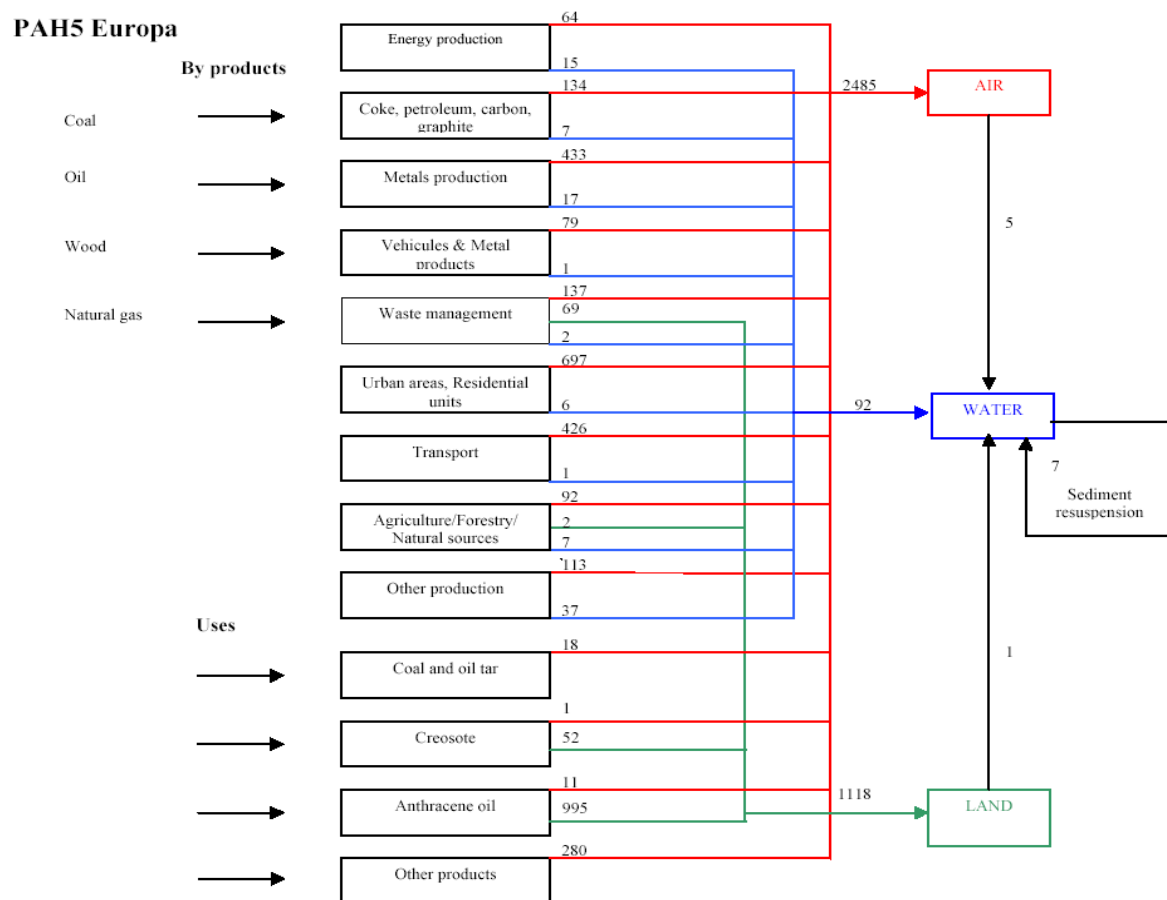
4. PRIORISATION DES SOURCES DE CONTAMINATION DES COURS D'EAU PAR LES HAP

La hiérarchie des sources d'émission et les voies d'apport dans les eaux de surface dépendent de l'échelle à laquelle on se place et du milieu :

- ♦ En milieu marin, les rejets directs dus à la navigation sont prépondérants par rapport aux apports atmosphériques
- ♦ En milieu littoral, la situation est intermédiaire entre le milieu marin et le milieu continental et probablement très variable en fonction du lieu (zones sous influence d'estuaires importants versus zones sous influence maritime).
- ♦ En milieu continental, à l'échelle de l'UE, les émissions sont dominées par les émissions vers l'atmosphère liées aux combustions de combustibles fossiles et évaporations diverses. Les rejets indirects dans l'eau (dépôts atmosphériques par lessivage de l'atmosphère et par ruissellement) sont une voie d'apport significative mais difficile à estimer.
- ♦ En milieu urbain, les rejets indirects dans l'eau par lessivage et ruissellement deviennent encore plus significatifs, et seraient une des explications aux pics de pollutions en HAP souvent consécutifs aux événements pluvieux.

Le diagramme suivant présente les principales sources de HAP en Europe en milieu continental et les voies de contamination.

Diagramme 1 : Material Flow Analysis pour benzo(a)pyrène, benzo(k)fluoranthène, benzo(b)fluoranthène, Indeno(1,2,3-cd)pyrène et benzo(a)pyrène en Europe en 2000 (en tonnes par an)



Le tableau 3 présente les émissions françaises de HAP provenant des installations classées⁴ sur la période 2003-2008 en fonction du compartiment environnemental.

⁴ Emissions déclarées dans le cadre de l'arrêté du 31 janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets

Tableau 3 : Emissions de HAP des installations classées en France (en kg/an) :

		2003	2004	2005	2006	2007	2008
Air	Benzo(a)pyrène	27,4	45,5	46,3	61,4		
Déchet	Benzo(a)pyrène		323,8	170,2	120,1		
Eau (direct)	Benzo(a)pyrène	6,3	7,8	0,5	10,9	19,6	8,7
	Benzo(b)fluoranthène					21,4	13,7
	Benzo(g,h,i)pérylène					1,3	3,2
	Benzo(k)fluoranthène					1,5	4,5
	Indeno(1,2,3-cd)pyrène					0,3	3,1
	Anthracène	44,0	15,0	33,0		1,8	1,2
	Fluoranthène	2,1		100,0	5,0	38,9	18,9
	Naphthalène	160,0	193,0	1690,7	823,0	705,9	28,9
Eau (indirect)	Benzo(a)pyrène					0,0	0,1
	Benzo(b)fluoranthène					0,2	0,1
	Benzo(g,h,i)pérylène					0,5	0,1
	Benzo(k)fluoranthène					0,1	0,1
	Indeno(1,2,3-cd)pyrène					0,2	0,1
	Anthracène		2,4			0,0	0,1
	Fluoranthène	2100,0	14,0			1,8	16,1
	Naphthalène	110,0	18,0	24,0	26,0	30,1	59,1
Sol	Benzo(a)pyrène			0,1	0,8		
	Naphthalène			16,3			

Source : Portail Substances Chimiques INERIS
<http://www.ineris.fr/substances/fr/>

Les émissions de HAP dans le bassin Seine-Normandie sont présentées dans le diagramme 2. Ce diagramme est une synthèse des résultats de la littérature (les références sont citées en notes de bas de page). Certaines valeurs ont été calculées à l'échelle du Seine-Normandie (les calculs se trouvent en annexe).

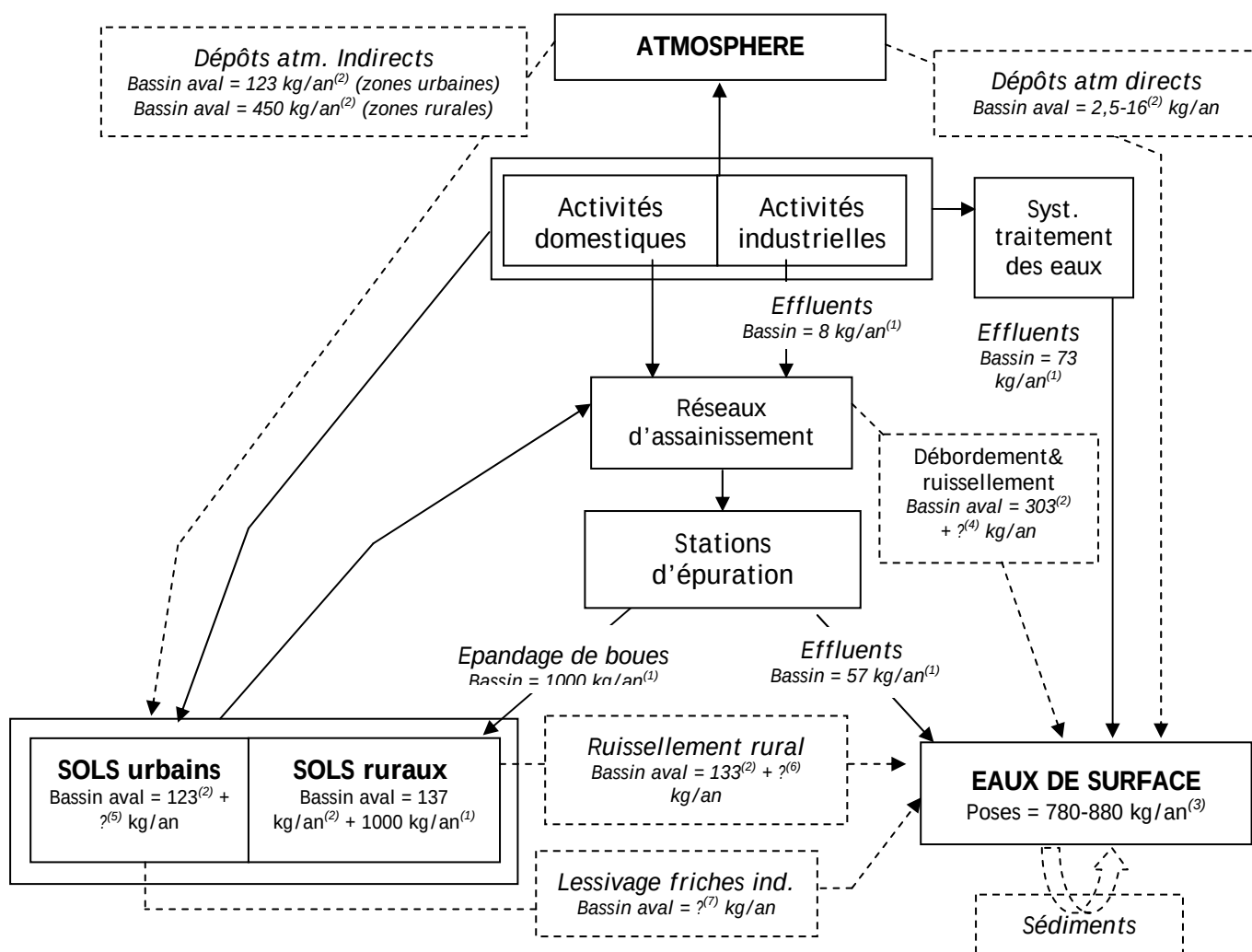


Diagramme 2 : flux de HAP dans le bassin versant de la Seine-Normandie (ou dans le bassin aval de la Seine ou à Poses, station en aval de la Seine, lorsque les données sur l'ensemble du bassin ne sont pas disponibles)

Source : INERIS

⁽¹⁾ Calculs INERIS pour le bassin Seine-Normandie (voir annexe pour le détail des calculs).

⁽²⁾ Thèse de Motelay-Massei (2003) sur le devenir des dépôts atmosphériques dans le bassin versant intra estuarien de la Seine (« bassin aval »).

⁽³⁾ Programmes PIREN-Seine et Seine-Aval.

⁽⁴⁾ Quantité inconnues de HAP provenant des déchets liquides/solides laissés sur les voies publiques (et non enlevés par les services de nettoyage)

⁽⁵⁾ Quantité inconnue de HAP provenant des déchets liquides/solides laissés sur les voies publiques et des sites de friche industrielle

⁽⁶⁾ Quantité inconnue de HAP provenant du lessivage des boues d'épuration

⁽⁷⁾ Quantité inconnue de HAP provenant du lessivage des sites de friche industrielle

D'après les informations ci-dessus, par temps sec, les émissions de HAP semblent provenir :

- ◆ Principalement, des dépôts atmosphériques (plus élevés en hiver qu'en été). La présence de HAP dans les dépôts dépend de la combustion domestique (augmente très fortement en hiver) et des transports (véhicules diesel essentiellement) ;
- ◆ Des effluents industriels (essentiellement des secteurs de la chimie et parachimie, métallurgie, industrie pétrolière et traitement des textiles) et des effluents de STEP urbaines et mixtes.

Par temps de pluie, les émissions de HAP semblent provenir :

- ◆ Du relargage à partir des sédiments. La présence des HAP dans les sédiments dépend elle-même des émissions passées et des activités de dragages ;
- ◆ Des dépôts atmosphériques. L'origine des HAP est la même que par temps sec ;
- ◆ Des déchets laissés en zones urbaine sur les voies publiques et transportés par ruissellement. La présence de HAP dans les eaux de ruissellement urbain dépend de l'érosion des stocks de HAP présents sur les voiries, chaussées et dans le réseau d'évacuation des eaux de pluie ;
- ◆ Des effluents industriels et des effluents de STEP urbaines et mixtes.
- ◆ Du lessivage des sols des sites industriels en friches ;
- ◆ Du lessivage des sols agricoles où des boues de stations d'épuration ont été épandues. La présence des HAP dépend de la teneur en HAP des eaux usées domestiques et industrielles.

5. ACTIONS POUR REDUIRE LES EMISSIONS ET CONCENTRATIONS DE HAP

Au niveau communautaire, deux Directives font références à la mise en œuvre de technologies d'abattement des émissions de HAP :

- ◆ La Directive 96/61/CE du Conseil du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (Directive IPPC) à travers les Meilleures Techniques Disponibles (MTD). Bien que les HAP ne soient pas toujours explicitement cités parmi les cibles des MTD, celles-ci doivent être appliquées par toutes les installations classées depuis le 30 octobre 2007 ;
- ◆ La Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau à travers les « programmes de mesures »⁵. Les programmes de mesures seront élaborés au plus tard en 2009. Doivent y figurer des mesures complémentaires conçues afin de réaliser les objectifs de la DCE sur les substances dangereuses prioritaires (dont HAP), à savoir arrêter ou supprimer progressivement les rejets, les émissions et les pertes de HAP.

Ce chapitre donne des exemples de réglementations (européennes, nationales, locales), de mesures incitatives, et des techniques mises en œuvre et/ou possibles en France pour réduire la contamination des masses d'eau en HAP.

Seules les actions concernant les sources d'émission les plus importantes sont présentées.

⁵ Le programme de mesures est exigé au niveau européen pour atteindre les objectifs de la DCE. Il doit comporter des mesures concrètes et chiffrées qui doivent permettre d'atteindre le bon état des masses d'eau en 2015.

5.1 ACTIONS POUR REDUIRE LES EMISSIONS INTENTIONNELLES (QUELQUE SOIT LE MILIEU):

Utilisation de HAP dans les pneus

♦ Règlementation :

La Directive 2005/69/EC restreint le commerce et l'utilisation d'huiles ou de mélanges riches en HAP dans la production de pneus.

♦ Actions techniques :

Les producteurs européens de pneus ont annoncé publiquement en 2003 qu'ils adopteraient une approche dictée par le principe de précaution. Ils se sont engagés à éliminer l'utilisation d'huiles de dilution riches en HAP. Cette substitution est complexe et ne devait pas être achevée avant décembre 2009 (BLIC, 2004).

Utilisation de HAP dans les produits cosmétiques

♦ Règlementation :

L'utilisation d'huile et de goudron de houille à base d'anthracène dans les produits cosmétiques est interdite par les Directives 76/768/EC et 97/45/EC.

Utilisation de créosote dans le traitement du bois

♦ Règlementation :

La Directive 2001/90/EC relative à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses, intervient dans ce domaine en instaurant une restriction sur la commercialisation et l'utilisation de créosote dans le traitement du bois. Des exceptions existent cependant pour :

- Les installations industrielles et professionnelles de retraitement exclusif in-situ lorsque ces préparations contiennent une concentration de benzo[a]pyrène inférieure à 0,005 % en poids ou une concentration de phénols extractibles par l'eau inférieure à 3 % en poids. Dans ce cas, les bois traités sont réservés à un usage exclusivement professionnel et industriel, comme, par exemple, dans les chemins de fer, les lignes électriques, les clôtures,...
- La mise sur la marché de l'occasion en vue d'une réutilisation des bois traités avec les substances visées par la directive (créosote, huile anthracénique,...) avant l'entrée en vigueur de la directive.

♦ Mesures techniques :

Les émissions de HAP se produisent lors de l'imprégnation, du stockage, de la manipulation et de l'utilisation du bois traité. Les techniques consistent à :

- Améliorer les conditions de stockage sur les sites de traitement des bois
- Modifier le procédé d'imprégnation du bois (contrôle des émissions entre le stade d'imprégnation et de stockage du bois, optimisation de la quantité de produit imprégné)

Il existe d'autres moyens de réduire les émissions de HAP à des stades de développement différents (synthèse de la journée « Traitement du bois⁶ » et du rapport de Ullrich, 2009) :

⁶ Journée organisée par le projet Interreg TRANSVAL (valoriser les agro-ressources par une approche transfrontalière) à Charleville-Mézières le 15 octobre 2009.

- Techniques alternatives de traitement du bois n'ayant pas recours à la créosote: oléothermie (technique développée et commercialisée), procédé d'imprégnation d'huile par autoclave (technique développée mais non encore commercialisée), procédé sous CO₂ caloporteur (technique en développement), procédé de traitement thermique ou réification (technique bien développée et commercialisée) ;
- Produits de substitution de la créosote : créosote modifiée (faible teneur en HAP, ce produit est actuellement commercialisé), résine furannique ou acétylique (technique développée et commercialisée), composés à base de silice (technique en phase de développement), sels métalliques,...
- Utilisation de matériaux alternatifs. Le béton pour les travées de chemin de fer ou encore le plastique pour les poteaux utilisés dans le maraîchage sont des matériaux actuellement utilisés.

La diffusion des techniques alternatives de traitement du bois est déjà bien amorcée avec l'impulsion donnée par la réglementation européenne. Les performances technico-économiques des mesures de réduction des HAP s'améliorent encore et on peut espérer qu'elles permettront que l'expansion prévue de l'utilisation de bois comme matériau de construction se fasse sans générer une hausse significative des émissions de HAP.

5.2 ACTIONS POUR REDUIRE LES EMISSIONS NON-INTENTIONNELLES ATMOSPHERIQUES

Avant de passer aux actions par secteur, la présence de HAP dans l'air ambiant est réglementée par les textes suivants :

- ♦ Dans le cadre de la CEE-NU et de la convention de Genève sur la pollution atmosphérique longue distance, le protocole d'Aarhus adopté en 1998 vise une réduction des émissions de HAP (Benzo(a)anthracène , Dibenz(a,h)anthracène , Benzo(k)fluoranthène , Benzo(g,h,i)pérylène , Benzo(b)fluoranthène , Indéno(1,2,3-c,d)pyrène , Benzo(a)pyrène , Fluoranthène) en dessous des niveaux de 1990.
- ♦ En France, le seul HAP réglementé dans l'air ambiant est le benzo(a)pyrène (Directive fille 2001/107/CE sur la qualité de l'air et concernant, entre autres, les hydrocarbures aromatiques polycycliques et le Décret n°2008-1152 relatif à la qualité de l'air). La valeur cible fixée pour cette substance est de 1,0 ng/m³ dans l'air ambiant⁷. Cette valeur limite ne devra plus être dépassée à partir du 31 décembre 2012. D'autres HAP (Benzo(a)anthracène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(j)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, et Dibenz(a,h)anthracène) devront être contrôlés sur certains sites dans l'air ambiant et dans les dépôts.

⁷ Moyenne, calculée sur une année civile, du contenu total de la fraction PM₁₀. Le volume d'échantillonnage se réfère aux conditions ambiantes.

Emissions provenant de l'industrie

◆ Règlements :

L'arrêté du 11/08/1999, portant sur les turbines, les moteurs et les chaudières utilisées comme équipement de postcombustion de puissance supérieure à 20 MWth, fixe une valeur limite à l'émission pour les HAP de 0,1 mg/Nm³ si le flux massique horaire dépasse 0,5 g/h. L'arrêté du 20/06/2002, relatif aux chaudières non utilisées comme appareils de postcombustion et présentes dans une installation nouvelle ou modifiée d'une puissance supérieure à 20 MWth, fixe une valeur limite à l'émission pour les HAP de 0,1 mg/Nm³ (somme des 8 composés de la norme NF X 43-329). Entre 2 et 20 MW, les installations sont concernées par l'arrêté du 25/07/97 qui ne fixe pas de valeurs limites sur les émissions de HAP.

◆ Mesures techniques :

Il est encore difficile de faire le bilan des techniques déjà mises en œuvre en France. Cette section vise donc plutôt à citer certaines techniques disponibles ou émergentes. Un inventaire beaucoup plus complet se trouve dans le rapport de Ullrich (2009).

Industrie chimique : Il existe un BREF sur les traitements et systèmes de gestion des effluents atmosphériques dans le secteur de la chimie⁸ où il est fait explicitement référence à des mesures de réduction des émissions de HAP (la filtration catalytique).

Production d'aluminium : Le tableau 4 présente les mesures d'abattement des émissions de HAP dans ce secteur.

Tableau 4 : Mesures d'abattement des émissions atmosphériques de HAP (production d'aluminium)

Technologies	Description
Alumina scrubber	Emissions from the electrolysis and process gases from the anode plant should be treated by an alumina scrubber and fabric filter system. Ventilation gases can also be treated.
Wet scrubber	Primarily used for SO _x removal. Also removes fluorides, tars, PAHs, and other pollutants.
Low NO _x burners/ Oxy-fuel firing	The firing of the furnace should be optimised to reduce PAH and NO _x emissions.
Afterburner	Used to destroy cyanides, tars and PAHs if these are not removed by other abatement.
Anodes inertes sans carbone	Technique émergente développée pour réduire les émissions de CO ₂ . Or, elle permet également de réduire les émissions d'autres polluants dont les HAP.

Source : Ullrich, 2009

Production de carbone et de graphite : Le tableau 5 présente les mesures d'abattement des émissions de HAP dans ce secteur.

⁸ BREF Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector, 2003 (BREF CWW)

Tableau 5 : Mesures d'abattement des émissions atmosphériques de HAP (production de carbone et de graphite)

Etape du procédé	Technologie d'abattement
Materials handling and storage	Prevention, Cooler, Afterburner
Mixing and forming	Afterburner, Coke filter
Anode baking	Afterburner. Cooler, lime/carbon adsorption and fabric filter. Alumina scrubber and fabric filter if integrated with primary aluminium smelter.
Baking or re-baking of other electrodes	Cooler and coated filter. Afterburner (and fabric filter).
Impregnation	Afterburner. Gas collection and filter.

Source: Ullrich, 2009

Production d'énergie (combustion de charbon, bois, huile) : la mise en œuvre de techniques de réduction des émissions de NOx, SO2 et de particules peut aussi réduire les émissions de HAP : SCR, wet/dry scrubbing, filtre électrostatique. Ces technologies sont globalement bien implantées dans les centrales thermiques.

De nombreuses autres technologies sont également citées dans le rapport de Ullrich (2009).

Emissions provenant du transport

♦ Réglementation :

Les normes anti-pollution Euro 5 et 6 acceptées par le parlement européen imposent que tout nouveau véhicule Diesel sortant des chaînes à partir de Septembre 2011 soit équipé d'un filtre à particules. Cette obligation permettra une réduction de 80% des émissions de particules (5 mg/km) par rapport à la norme Euro 4, donc normalement autant pour les HAP. Ces préconisations ont été reprises par le PNSE (Leoz-Garziandia et Collet, 2008).

Les pots catalytiques ne sont pas obligatoires pour les voitures à essence mises en circulation avant le 1^{er} janvier 1993.

Concernant les carburants, la réglementation européenne a instauré depuis 2000 (programme européen Auto-Oil) une teneur maximum de HAP dans les carburants diesel à 11% (en poids). Récemment il a été proposé d'abaisser cette limite à 8%. Une inconnue demeure cependant : la fourniture de carburants de ce type.

♦ Mesures techniques :

Il existe des mesures concernant le procédé de combustion et également concernant le traitement des gaz d'échappement (ADEME, 2005).

Les actions permettant la réduction de la formation des HAP lors de la combustion peuvent être les suivantes:

- Formulation du carburant: Pour les motorisations à allumage commandé, la diminution de la teneur en aromatiques dans le carburant permet de limiter la production de HAP. La réglementation européenne va d'ailleurs dans ce sens dans le programme Auto-Oil (voir ci-dessus) ;
- Développer la technologie moteur pour améliorer la qualité de la combustion. La maîtrise des émissions de HAP des motorisations Diesel est difficile à acquérir car elle repose sur le lien étroit entre les émissions de HAP et les émissions d'oxydes d'azote dont il faut également maîtriser le niveau.

Parmi les actions de traitement des gaz d'échappement on peut citer:

- Pour les véhicules à essence : les pots catalytiques sont en fonctionnement depuis un certain temps. Plusieurs études montrent que leur utilisation fait chuter

les quantités de HAP émises d'un facteur compris entre 20 et 1000 (Albinet, 2006) ;

- Pour les véhicules diesel : Filtres à particules couplés à un catalyseur d'oxydation. Outre la très grande efficacité d'élimination des fines particules, les filtres éliminent quasiment totalement les fractions particulaires de HAP ;
- Pour les véhicules diesel : Filtres à particules ouverts. L'efficacité de réduction est moindre que pour le filtre précédent mais avec un fonctionnement simplifié par rapport aux technologies précédentes.

Les émissions de HAP devraient donc diminuer, grâce aux progrès techniques des motorisations et à l'évolution des formulations de carburant en relation avec la sévèrisation des normes. Cette diminution va se poursuivre par diffusion de ces technologies dans le parc au fur et à mesure de l'arrivée des nouveaux véhicules équipés et l'équipement des véhicules lourds existants.

Emissions provenant du chauffage domestique

La filière bois énergie est amenée à se développer fortement suite à la décision prise lors du Grenelle de l'Environnement quant à l'augmentation de la part de la consommation d'énergies en énergies renouvelables.

♦ Réglementation :

Il n'existe pas de réglementation nationale sur les installations de combustion en deçà de 2 MW et les émissions de HAP provenant du chauffage domestique sont très peu contrôlées. Les études Léoz-Garziandia et al. (2008) et Collet (2009) visent, cependant, à mieux rendre compte de l'évolution des émissions de HAP émises ces dernières années par les installations de chauffage domestique au bois, au fioul et au gaz.

♦ Mesures incitatives :

L'Etat a mis en œuvre des mesures incitatives telles que :

- la TVA à 5,5% concernant la fourniture de chaleur distribuée par réseau lorsqu'elle est produite à 50% au moins à partir de sources d'énergies renouvelables comme le bois. Cette mesure est prévue jusqu'à fin 2010 ;
- L'éco-prêt à taux zéro qui vise à accélérer la réhabilitation énergétique des logements.

Par ailleurs, l'ADEME a accompagné les professionnels du secteur bois afin qu'ils s'organisent autour de démarches de certification, en s'appuyant aussi sur une fiscalité et une réglementation favorable au développement de la filière (crédit d'impôt pour l'achat d'un appareil de chauffage ou d'une chaudière à bois, si son rendement dépasse 70% et s'il respecte les normes françaises⁹ et européennes¹⁰).

⁹ Le label « Flamme verte » est attribué depuis 2007 à des appareils qui ont de bonnes performances environnementales mais surtout un rendement supérieur ou égal à 70 % pour les poêles, les inserts et les foyers fermés et 80-85% pour les chaudières.

La part des ventes labellisées « Flamme Verte » est en constante progression sur ce marché avec 89% des ventes en 2007 contre 81% en 2006.

¹⁰ The European Committee for Standardization (CEN) issued voluntary emission standards for solid fuel residential combustion appliances (stoves, cookers, boilers, open fire places, and insert appliances – EN 12809, 12815, 13229, 13240) in 2001 which may also contribute to reducing PAH emissions to air.

L'ADEME anime également un programme de recherche et développement dédié à l'amélioration des performances du bois-énergie. Au sein de ce programme, le projet « Mise au point d'un procédé de traitement catalytique des émissions issues du chauffage au bois » a permis d'expérimenter l'insertion d'un catalyseur directement en sortie du foyer. L'étude montre que ce dispositif permet de diminuer fortement les émissions d'hydrocarbures d'environ 40 % lors de la phase d'allumage, 20 % en fonctionnement normal et 60 % en fonctionnement réduit. (ADEME, 2009).

♦ Mesures techniques :

Le secteur résidentiel nécessite une attention particulière en raison de la vétusté des équipements et de la qualité du combustible vendu (ADEME, 2009). Les actions techniques à mener sont les suivantes :

Moderniser le parc vers des appareils de chauffage performants : le parc d'appareils à foyer ouvert et d'appareils anciens (supérieur à 5 ans) peu performants est important (voir tableau 6).

Tableau 6 : Répartition du parc français par type d'appareil de chauffage et leur facteur d'émission respectif.

Equipement	Parc	Consommation (TJ)	Répartition de la conso (%)	Facteur d'émission (g/GJ)
Chaudières	366 000	48 304	15.9	0.034-0.055
Cuisinières	504 000	41 450	13.7	0.602
Poêles	739 000	45 707	15.1	0.602
Inserts et foyers fermés	2 516 000	125 217	41.2	0.224
Cheminées ouvertes	1 502 000	42 985	14.2	0.284

Source : CEREN, 2001 et CITEPA, 2003

Les facteurs d'émissions sont très différents d'une étude à l'autre et laissent penser que les émissions retenues par le CITEPA sont sous-estimées (Leoz-Garziandia et Collet, 2008).

Selon le rapport EMEP/CORINAIR (2006), le passage d'une technologie traditionnelle à une technologie avancée permet une réduction des émissions de HAP d'environ 60%.

Leoz-Garziandia et Collet (2008) recensent les équipements domestiques pouvant conduire à une réduction des émissions de HAP. Parmi eux :

- Les appareils permettant une combustion optimisée couplée à un système d'accumulation de chaleur : les émissions de HAP peuvent être abaissées de 50 à 80% ;
- Les appareils à granulés : Ils sont parmi les plus performants du marché avec un abaissement des émissions de HAP d'environ 90%.

Améliorer la qualité du combustible : Le secteur domestique utilise, dans une proportion encore trop importante, un combustible de mauvaise qualité (bois trop verts et trop humides) qui contribue à l'émission des HAP. Les bois « souillés » issus de récupération (chantier de démolition, vieux meubles, bois échoués en bord de mer, etc.) sont également à proscrire. Le choix d'un bois de qualité est donc essentiel. Le consommateur doit exiger de son fournisseur des informations précises sur l'humidité, les essences de bois et le volume livré. Certaines marques garantissent une information fiable sur la qualité du bois commandé (le groupe d'essences / chêne, hêtre, charme,..., la longueur, le niveau d'humidité)

Le renouvellement du parc est déjà bien amorcé mais trop long vis-à-vis des échéances de la DCE. Une évaluation récente montre qu'en 2020 d'importantes réductions des émissions de HAP sont possibles (-89% par rapport à 2001) si la politique de modernisation du parc et de réduction de consommation d'énergie des logements particuliers se poursuit. L'expansion prévue de la combustion de la biomasse pour lutter contre le changement climatique doit aussi se faire dans de bonnes conditions pour minimiser les émissions de HAP.

5.3 ACTIONS POUR REDUIRE LES REJETS DIRECTS PONCTUELS DANS L'EAU

Rejets des industries

Comme pour les émissions atmosphériques, nous ne disposons pas d'un bilan des techniques déjà mises en œuvre en France pour réduire les émissions directes de HAP vers l'eau. Ce chapitre vise alors plutôt à citer certaines techniques disponibles ou émergentes. Un inventaire beaucoup plus complet se trouve dans le rapport de Ullrich (2009).

Industrie chimique : le BREF sur le traitement des effluents dans le secteur de la chimie fait explicitement référence à des mesures de réduction des émissions de HAP provenant des eaux usées (oxydation chimique).

Industrie de cokéfaction : On peut citer parmi les technologies disponibles : le prétraitement physico-chimique, le traitement biologique et le dégoudronnage. Ce dernier est recommandé avant d'effectuer un traitement biologique.

Industrie pétrochimique : le principal procédé utilisé est la séparation gravitationnelle, des traitements plus avancés de type floculation, sédimentation et filtration, et, des traitements biologiques (biofiltres, boues activées et bassin d'aération). Il existe des technologies plus émergentes :

- il a récemment été montré que l'utilisation de résidus solides provenant de l'agriculture peut adsorber efficacement des HAP (pyrène, anthracène, acénaphthalène, naphthalène) ;
- une autre étude récente montre que la combinaison de sorption et de biodégradation a un bon potentiel.

Rejets des stations d'épuration urbaines et mixtes

La configuration de traitement des eaux usées la plus courante est la suivante :

Décanteur primaire → bassin d'aération avec boues activées → Clarificateur

L'efficacité de cette configuration vis-à-vis des HAP est présentée dans le tableau 7.

Tableau 7: Efficacité moyenne d'abattement des traitements physico-chimique et biologique

Substance	Taux d'abattement moyen (%)	
	Traitement physico-chimique	Traitement biologique
Naphthalène	27%	62%
Benzo(a)pyrène	75%	79%
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	80%	83%

Source : Ullrich, 2009

Les configurations présentées dans le tableau 8 comprennent un traitement tertiaire en vue d'améliorer la réduction des HAP :

Tableau 8 : Configuration avec traitement tertiaire

Configuration classique + tertiaire	Efficacité d'abattement des HAP
<i>Décanteur primaire → bassin d'aération avec boues activées → Filtration avec charbon actif</i>	99,9% pour le naphthalène et de plus de 99% pour les HAP en général
<i>Décanteur primaire → bassin d'aération avec boues activées → Micro-ultrafiltration (par membrane bioréacteur)</i>	98% lorsque combiné avec l'adsorption sur charbon actif ; Très bonne efficacité également lorsque combiné avec une oxydation à l'ozone

Source : Ullrich, 2009

Il existe d'autres traitements tertiaires pouvant produire des effets intéressants sur la teneur en HAP mais qui sont encore en cours de développement, ou qui sont disponibles mais dont la mise en œuvre est trop coûteuse ou trop complexe pour une efficacité peu probante : filtration biologique aérobie (traitement adapté pour de grands volume d'eau), filtration sur sable, traitement par lagunage, zone humide.

5.4 ACTIONS POUR REDUIRE LES REJETS DIRECTS DIFFUS DANS L'EAU

Réduire le débordement des réseaux d'assainissement et le ruissellement

Cette action consiste à réduire le débordement des réseaux d'assainissement et le ruissellement. Réduire les émissions diffuses urbaines pourrait présenter une certaine efficacité pour diminuer les pointes de concentration dans le milieu associées aux crues et événements pluvieux. Pour cela 2 alternatives :

1- Réduire les débordements de réseaux d'assainissement :

Cette option repose sur les 2 principes suivants :

- ◆ Retarder le ruissellement de l'eau pluviale en répartissant des ouvrages de stockage sur le réseau de collecte
- ◆ Traiter l'eau si possible à la source en favorisant l'infiltration sur place.

Si le réseau d'assainissement est unitaire, les gestionnaires du réseau essaieront de remédier à la sous-capacité de leur installation par la construction de bassins d'orage, l'agrandissement du réseau et de la station d'épuration existants, la construction de réseaux séparatifs ou encore à la déconnexion des eaux pluviales du réseau. Même si le réseau est séparatif, la pollution peut rester importante car les effluents des réseaux d'eau pluviale sont pollués par le lessivage des toits et des chaussées. La remise en suspension des dépôts au sein du réseau vient aussi contribuer à la pollution des eaux pluviales.

Il existe différents type de bassins de rétention (Chouli, 2006):

- ◆ Grands bassins de rétention-infiltration en eau, soit en amont de la ville, soit incorporés dans le tissu urbain, aménagés comme lacs artificiels avec un marnage en temps de pluie.
- ◆ Grands bassins de rétention-infiltration secs, aménagés comme bois, parcs ou aires de sport et inondables en temps de pluie.
- ◆ Bassins de stockage couvert qui peuvent aussi accueillir les eaux du système unitaire en temps de pluie.
- ◆ Petits bassins de rétention ou/et infiltration.

- ◆ Noues (fossé peu profond et large servant au recueil, à la rétention et/ou l'infiltration des eaux pluviales)
- ◆ Chaussées structure réservoir.

Ces techniques facilitent la maîtrise de la quantité et de la qualité de l'eau pluviale. En effet (Ullrich, 2009):

- ◆ en cas d'infiltration, la grande majorité des polluants reste dans les premiers cinq centimètres du sol mais cette technique reste controversée;
- ◆ en cas de stockage, les polluants de l'eau pluviale sont décantables, ce qui entraîne leur captage dans une installation bien dimensionnée. Les travaux effectués sur la vitesse de sédimentation des HAP particuliers indiquent que le traitement par décantation des effluents unitaires de temps de pluie est un moyen adapté pour réduire efficacement les HAP. Les techniques de traitement des HAP peuvent alors consister, par exemple, en une sédimentation puis filtration up-flow avec un media à base de polypropylène poreux (adapté aux réservoirs de chaussées par ex. pour une efficacité de 60 à 75%, technique émergente) ;
- ◆ dans le cas des noues ou autres terrains végétalisés, la végétation garde et traite une grande partie des HAP. Par exemple :
 - l'utilisation de biofiltres (matrice à base de bois, technique émergente) permet une réduction comprise entre 20 et 65% en poids des HAP,
 - un système de biorétention (couche de maximum 1 m d'un mélange de terre, sable et de matière organique, puis couche de surface d'un mulch et différentes formes de végétation, technique existante) permet une réduction de HAP pouvant aller de delà de 80%.

Il faut noter que les techniques d'infiltration présentent certains risques : un danger accru d'inondations locales dues à un entretien insuffisant des installations ; une probabilité accrue d'inondation des sous-sols ou de dégâts dans les fondations en raison de l'humidité supplémentaire ; une contamination éventuelle de l'eau souterraine par les polluants des eaux pluviales (Butler et Maksimovic dans UNESCO, 2001). Tous ces nouveaux risques devraient être réduits si on diminue par exemple la vulnérabilité d'une zone inondable (Eurydice 92, 1997).

2-Limiter le transport par ruissellement des déchets laissés dans l'environnement :

Des mesures préventives et/ou correctives sont déjà ou peuvent être mises en place :

- ◆ Les mesures préventives vont s'attaquer aux sources diffuses, à savoir: les flaques et fuites diverses d'hydrocarbures, les habitations, les garages des particuliers, les garages auto, les huiles de restauration, les revêtements imperméabilisants (sols, toitures),... Parmi elles, les huiles usagées ont, par exemple, depuis longtemps donné lieu à une réglementation européenne (directive du Conseil n°75-439 du 16 juin 1975 concernant l'élimination des huiles usagées)¹¹. En France, le dispositif de ramassage et d'élimination des huiles usagées est administré par le décret du 21 novembre 1979 modifié et les arrêtés du 21 janvier 1999. La filière huiles usagées bénéficie, en outre, d'un nouveau régime d'indemnisation, entré en vigueur le 1er janvier 2007, et qui repose sur le versement par l'ADEME aux ramasseurs agréés d'une indemnité uniforme pour le ramassage des huiles usagées (ADEME, 2008¹²). On peut aussi compter parmi les actions préventives,

¹¹ Un compromis sur une version de nouvelle directive cadre a été adopté fin juin 2008 par le Conseil.

¹² <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=57171&p1=02&p2=05&ref=17597>

mais à une étape plus en amont, des actions telles que la réduction des teneurs en HAP de certains produits (solvants, lubrifiants, imperméabilisants), ou encore la substitution des HAP par d'autres substances moins toxiques.

- ♦ Les mesures de correction viseront essentiellement à réduire les stocks de polluants présents dans le réseau. Les actions permettant d'améliorer les conditions de transport solide par temps sec (reprofilage de collecteurs, cunettes glissantes,...) ou assurant un lessivage des stocks constitués (système de chasse) sont à privilégier (Gasperi, 2006).

Les mesures de correction peuvent aussi aller vers une systématisation de la construction de réseaux séparés d'assainissement pour les eaux pluviales afin d'éviter tout versement direct des eaux pluviales vers le milieu.

Réduire les émissions provenant des transports maritimes

Le transport maritime étant une source importante d'émissions de HAP en mer, on peut s'interroger sur l'importance du trafic fluvial pour certains cours d'eau (produits de protection de la coque des navires, fuites d'hydrocarbures). Mais peu d'informations sont disponibles, et les délais d'acquisition de l'information, puis de mise en œuvre de mesures de réduction, semblent incompatibles avec ceux de la DCE.

Les opérations de dragage et les conditions de rejet en mer des sédiments portuaires sont désormais bien encadrées juridiquement, ce qui a permis, par la limitation des pratiques systématiques d'immersion, une amélioration notable de la qualité des milieux marins.

Réduire le relargage des sédiments

Réduire ce type d'émissions peut se faire en prévention, i.e. par des mesures centrées sur les zones urbaines (voir les autres sections sur les émissions directes et les sections sur les émissions indirectes), ou alors par le dragage et le traitement des sédiments.

Les actions en zones urbaines ne pourront pas réduire à elles seules la contamination des sédiments qui sont historiquement contaminés. Les opérations de dragage¹³ pourront alors contribuer à la décontamination des sédiments. Dans cette optique, un inventaire détaillé des techniques de curage, transport, traitement et usages des sédiments a été développé dans le cadre d'un projet d'étude européen LIFE par des organismes publics français, néerlandais et belges¹⁴. Il faut savoir que les étapes d'une opération de dragage sont interdépendantes et que les techniques et protocoles sont en constante évolution. Très récemment, un groupe de travail ad hoc a été constitué au sein du MEEDDM dont l'objectif consiste en l'émergence de filières de gestion et de valorisation, à terre, des sédiments de dragage portuaires et fluviaux (projet Sédimatériaux).

¹³ Obligation de dragage/curage pour les cours d'eau domaniaux (l'Etat est le propriétaire) selon le Code du Domaine Public Fluvial.

¹⁴ <http://www.eau-artois-picardie.fr/IMG/pdf/gestionsediments.pdf>

5.5 ACTIONS POUR REDUIRE LES EMISSIONS NON-INTENTIONNELLES TERRESTRES

Emissions ponctuelles (friches industrielles)

♦ Réglementation :

Les sites et sols (potentiellement) pollués par l'industrie sont encadrés juridiquement par le Code minier, notamment :

- Livre I, Titre IV, Chapitre III, Section 1 : de l'arrêt des travaux miniers
- Livre I, Titre IV, Chapitre III, Section 2 : de la Prévention et de la surveillance des risques miniers

Le code de l'environnement également avec le Livre V, Prévention des pollutions, des risques et des nuisances, Titre 1^{er} : Installations classées pour la protection de l'environnement.

♦ Mesures techniques :

La gestion et le traitement des sites industriels pollués est complexe du point de vue scientifique, technique et financier. Une première étape consiste en l'identification de la pollution, de son ampleur et de sa répartition sur le site, y compris dans la nappe. L'instrumentation et le suivi en temps peut donner des informations importantes quant à l'urgence de la mise en œuvre du processus de réhabilitation/traitement (Jouannin, 2004).

Emissions diffuses (épandage des boues d'épuration)

♦ Réglementation :

L'épandage agricole des boues est encadré par la directive 86/278/CEE du 12 juin 1986 au niveau de l'UE. En revanche, aucune Valeur Limite de Concentration pour les Composés Traces Organiques n'est fixée par cette directive. Depuis 1998, la commission européenne envisage de réviser cette directive en intégrant pour la première fois des valeurs limites de concentration pour les HAP. La concentration maximale proposée pour 11HAP est de 6mg/Kg MS (acénaphthène, phénanthrène, fluorène, fluoranthène, pyrène, benzo(b,j,k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, benzo(ghi)pérylène, indène(123-cd)pyrène).

En France, l'épandage des boues d'épuration est encadré par le décret du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles. L'arrêté du 3 juin 1998 a introduit des valeurs limites pour les HAP dans les boues, ainsi que des maximums cumulés apportés par les boues sur 10 ans (Lepot, 2006). Ces valeurs sont présentées dans le tableau 9.

Tableau 9 : Teneurs limites en CTO dans les boues (tableau 1B, Arrêté du 3 juin 1998)

Composés Traces Organiques (CTO)	VLC (mg/kg MS) dans les boues		Flux maximum cumulé, apporté par les boues en 10 ans (mg/m ²)	
	Cas général	Epandage sur pâturage	Cas général	Epandage sur pâturages
Fluoranthène	5	4	7,5	6
Benzo[b]fluoranthène	2,5	2,5	4	4
Benzo[a]pyrène ¹⁵	2	1,5	3	2

¹⁵ Le benzo [a] pyrène est le composé le plus étudié et le plus représentatif des effets causés par les substances appartenant au groupe des HAP. Il est jugé prioritaire par tous les experts. L'impact environnemental des HAP est donc souvent exprimé en termes d'équivalents de benzo [a] pyrène.

La réglementation interdit par ailleurs l'épandage lorsque les risques de lessivage sont importants et impose des distances minimales aux cours d'eau afin de se prémunir de ce risque.

♦ Mesures techniques :

Réduire les émissions à partir de cette source peut se faire en prévention, i.e. mesures centrées sur la contamination des eaux usées, ou en correction, i.e. traitement des boues d'épuration.

Concernant les actions de prévention, voir ci-dessus §5.3.

Concernant le traitement des HAP dans les boues, il est généralement effectué par digestion anaérobie ou par digestion aérobie. La digestion aérobie est plus efficace que la digestion anaérobie (60-80% de réduction de la concentration de HAP contre 50%) et se prête donc plutôt bien au traitement des boues destinées à être épandues sur les sols agricoles.

L'incinération des boues présente également de bonnes performances de réduction des HAP.

Il existe enfin des technologies émergentes et pouvant servir de traitement des boues d'épuration utilisées en agriculture :

- Le compostage: l'efficacité de réduction des HAP peut être très médiocre (autour de 15%) comme excellente (jusqu'à 100%) (Ullrich, 2009). L'efficacité du compostage dépend du type de boues, du type de HAP présent dans les boues et des conditions de compostage. Concernant le type de HAP, ceux ayant les masses moléculaires les plus élevées sont en général les mieux dégradés, mais cela est variable avec la durée de compostage. Par exemple, dans Hafidi et al. (2008), le compostage de boues activées avec des déchets verts pendant 90 jours a conduit à un abaissement régulier des HAP ayant maximum 3 anneaux aromatiques (sauf pour le phénanthrène), alors que les concentrations de HAP ayant au moins 4 anneaux et le phénanthrène ont augmenté entre les jours 30 et 60, cela probablement à cause du fait que les HAP de masse moléculaire élevée sont plus difficilement accessibles aux attaques microbiennes. A la fin de la période des 90 jours, une baisse de 96.4% des HAP totaux a été observée avec des écarts de performance selon le composé, allant de 67.8% pour le naphthalène à 100% pour les HAP avec les poids moléculaires les plus élevés.
- L'ozonation puis digestion anaérobie : l'ozonation des boues peut améliorer significativement l'efficacité de la digestion anaérobie pour aller jusqu'à une réduction de 80% de la concentration de HAP (Ullrich, 2009).

6. LEVIERS D'ACTION ET MARGE DE PROGRES

Les 2 tableaux figurant dans cette section dressent un état des lieux très simplificateur (et certainement discutable étant données les nombreuses incertitudes) des mesures de réduction possibles et de leur efficacité **en termes de réduction des concentrations de HAP dans les eaux de surface** selon les conditions climatiques (temps sec ou pluvieux).

Tableau 10 : Leviers d'action et marge de progrès par temps sec

Source d'émission de HAP par temps sec ¹⁶	Actions de réduction des émissions de HAP	Efficacité de l'action sur la réduction des concentrations de HAP dans le milieu « eau » par temps sec	Marge de progrès et délais
1°) Emissions et Dépôts atmosphériques			
Remarque générale : La contribution des dépôts atmosphériques aux apports aquatiques est importante, mais l'efficacité réelle de la réduction des apports atmosphériques est difficile à estimer			
Combustion domestique	Moderniser le parc des appareils de chauffage	Bonne efficacité des appareils fermés. Diffusion progressive de la technologie avec des incitations financières (crédit d'impôt, éco-prêt à 0%) et un dispositif de certification des appareils (flamme verte).	Marge de progrès importante. Le renouvellement du parc est déjà bien amorcé mais trop long vis-à-vis des échéances de la DCE. Une évaluation récente montre qu'en 2020 d'importantes réductions des émissions de HAP sont possibles (-89% par rapport à 2001) si la politique de modernisation du parc et de réduction de consommation d'énergie des logements particuliers se poursuit. L'expansion prévue de la combustion de la biomasse pour lutter contre le changement climatique doit aussi se faire dans de bonnes conditions pour minimiser les émissions atmosphériques de HAP.
	Améliorer la qualité du combustible	Un bois sec et non souillé émet moins de HAP qu'un bois vert. Certaines marques garantissent une information fiable sur la qualité du bois mais cette pratique est encore difficilement contrôlable.	
	Amélioration des performances des appareils de combustion du bois	Bonne efficacité observée avec l'insertion d'un catalyseur directement en sortie de foyer.	
Transports	Abaissement de la teneur en HAP du carburant	Réduit les émissions de HAP mais incertitude sur l'approvisionnement de ce type de carburant.	Marge de progrès moyenne. On observe une diminution des émissions de HAP grâce aux progrès techniques des motorisations, des traitements des gaz d'échappement et à l'évolution des formulations de carburant. Cette évolution va se poursuivre avec l'arrivée progressive de véhicules équipés de filtres à particules.
	Améliorer la qualité de la combustion des moteurs diesel	Nécessité de maîtriser les émissions de HAP sans augmenter les émissions de NOx. Cette technologie est encore en développement.	
	Filtres à particules	Bonne efficacité de réduction des HAP. Diffusion de la technologie au fur et à mesure de l'arrivée de nouveaux véhicules équipés.	
Industrie chimique, métallurgie, énergie	Mise en œuvre des MTD	De nombreuses techniques existent et peuvent même être déjà mises en place pour d'autres polluants (NOx, SO2 notamment).	Marge de progrès assez faible.
2°) Effluents industriels dans l'eau et rejet des STEP urbaines et mixtes			
Traitement du bois	Réduire l'utilisation de créosote	Des techniques alternatives de traitement du bois sont déjà commercialisées (traitement thermique et oléothermie). Des produits de substitution de la créosote avec de bonnes performances environnementales sont également commercialisés (résine furannique, créosote modifiée). On trouve également des alternatives au bois créosoté dans certains domaines (béton pour travées de chemin de fer par ex).	Marge de progrès moyenne. La diffusion des techniques alternatives de traitement du bois est déjà bien amorcée avec l'impulsion donnée par la réglementation européenne. Les performances technico-économiques des mesures de réduction des HAP s'améliorent encore et on peut espérer qu'elles permettront que l'expansion prévue de l'utilisation de bois comme matériau de construction se fasse sans générer une hausse significative des émissions de HAP.
Traitement des eaux dans l'industrie et dans les STEP urbaines	Mise en œuvre de traitements tertiaires	Les traitements tertiaires peuvent réduire de 15% supplémentaires la concentration des HAP dans les rejets.	Marge de progrès assez faible.

¹⁶ Par ordre d'importance

Tableau 11 : Leviers d'actions et marges de progrès par temps de pluie

Source d'émission de HAP <u>par temps de pluie</u>	Actions de réduction des émissions de HAP	Efficacité de l'action sur la réduction des concentrations de HAP dans le milieu <u>par temps de pluie</u>	Marge de progrès et délais
1°) HAP présent dans les sédiments			
Relargage des HAP par les sédiments	Réduire la teneur en HAP des sédiments	Voir les autres sections sur la réduction des effluents et émissions.	Marge de progrès intéressante. Le relargage de HAP par les sédiments a un fort impact sur les concentrations en temps de pluie et il est encore rare que les sédiments soient traités. Les actions en zones urbaines ne pourront pas réduire à elles seules la contamination des sédiments qui sont historiquement contaminés. A condition que les coûts ne soient pas trop élevés, les opérations de dragage et de traitement des sédiments pourraient en revanche produire à terme des résultats intéressants.
	Traiter les sédiments	Pas de recommandations réglementaires concernant le traitement des sédiments. Il existe cependant un inventaire des techniques de dragage et, récemment, un groupe de travail sur ce sujet s'est constitué au niveau national (projet Sédimatériaux).	
2°) Dépôts atmosphériques			
Combustion domestique	Mêmes actions que par temps sec		
Transports	Mêmes actions que par temps sec		
3°) Déchets laissés sur les voies publiques/privées urbaines			
Limitier le transport par ruissellement	Mesures préventives de limitation des rejets diffus en zone urbaine	L'origine de la pollution domestique de HAP n'est de façon générale pas encore bien déterminée, de même que les moyens de la réduire. La collecte des huiles usagées est déjà bien implantée avec le soutien technique et financier de l'ADEME, et devrait produire des résultats intéressant quant aux émissions de HAP.	Marge de progrès moyenne à importante.
	Mesures de correction	Le reprofilage des collecteurs, la mise en place de système de chasse d'eau devraient réduire significativement les dépôts présents dans le réseau d'assainissement. La pratique de ces techniques est encore peu fréquente.	
Réduire les débordements du réseau d'assainissement	Séparation des eaux usées et pluviales dans les réseaux unitaires	La déconnexion des eaux pluviales avec les eaux usées permettra aux stations d'épuration de récupérer de la capacité de traitement lors des événements pluvieux et d'assurer un meilleur traitement des eaux. La plupart des villes nouvelles sont équipées d'un réseau séparatif et les autres villes le mettent en place progressivement.	Marge de progrès inconnue.
	Gestion des débordements avec bassin de rétention-infiltration, bassin de stockage, chaussées-réservoir...	Mise en place très progressive de techniques de gestion des débordements avec des efficacités très variables.	
4°) Effluents industriels et des STEP urbaines et mixtes			
Traitement du bois	Mêmes actions que par temps sec		
Traitement des eaux	Mêmes actions que		

Source d'émission de HAP <u>par temps de pluie</u>	Actions de réduction des émissions de HAP	Efficacité de l'action sur la réduction des concentrations de HAP dans le milieu <u>par temps de pluie</u>	Marge de progrès et délais
dans l'industrie et dans les STEP urbaines	par temps sec		
5°) Friches industrielles			
Sites industriels contaminés	Analyse des sites et, si nécessaire, traitement des sols.		Marge de progrès inconnue. Il existe de nombreux sites industriels délaissés et dont le niveau de la contamination des sols reste encore inconnu.
4°) Emissions diffuses en zone rurale			
Epandage des boues d'épuration sur les sols agricoles	Mesures préventives sur les effluents domestiques	L'origine de la pollution domestique de HAP n'est pas encore bien déterminée et les moyens de la réduire encore moins. Des recherches sont en cours.	Marge de progrès moyenne. Pour l'instant, il existe peu de moyens disponibles et mis en œuvre pour réduire les émissions de HAP lors de l'épandage des boues d'épuration. Des progrès sont cependant en vue avec le développement à venir de techniques plus performantes de traitement des boues. Des améliorations sur le plus long terme pourraient être envisageables en identifiant les moyens de réduire à la source les émissions domestiques de HAP.
	Mesures correctives de traitement des boues (digestion anaérobie, incinération)	On obtient des réductions de HAP intéressantes et les techniques sont déjà bien développées. En revanche, la mise en œuvre est encore peu fréquente. Des techniques plus performantes mais encore émergentes (compostage, ozonation puis digestion anaérobie) sont en cours de développement.	

7. BIBLIOGRAPHIE

ADEME, 2005. Barbusse S. et Plassat G. Les particules de combustion automobile et leurs dispositifs d'élimination. Résultats du programme mené par l'ADEME depuis 1995 « Particules automobiles » Caractérisation physico-chimique des particules Efficacité des dispositifs de dépollution, 132p.

ADEME, 2009. La filière bois-énergie et le chauffage au bois pour les particuliers. Dossier de presse, 10p.

Agence de l'eau Artois-Picardie, 2005. Les sédiments pollués, présentation .ppt pour « Les conférences professionnelles », 13 décembre 2005 (http://www.eau-artois-picardie.fr/IMG/pdf/les_sediments_pollues_13dec05-2.pdf).

Agence de l'eau Seine-Normandie, 1997. *Le point sur les hydrocarbures aromatiques polycycliques*, 63 p.

Albinet A., 2006. Hydrocarbures aromatiques polycycliques et leurs dérivés nitrés et oxygénés dans l'air ambiant : caractérisation physico-chimique et origine, Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1, 408p.

Blanchard M., Teil M.J., Guigon E., Larcher-Tiphagne K., Ollivon D., Garban B., Chevreuil M., 2007. Persistent toxic substance unputs to the river Seine basin (France) via atmospheric deposition and urban sludge application, *Science of the Total Environment*, 375, pp 232-243.

BLIC, 2004. Replacement of highly aromatic oils in tyres – frequently asked questions, European Association of the Rubber Industry.

CEREN, 2001. Enquête sur la consommation de bois des ménages en 2001.

Chouli E., 2006. La gestion des eaux pluviales urbaines en Europe : analyse des conditions de développement des techniques alternatives, Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 266p.

CITEPA, 2003. Estimation des émissions de polluants liées à la combustion du bois en France.

CITEPA, 2009. Emissions dans l'air en France métropole : Substances relatives à la contamination par les polluants organiques persistants, 13p.

Collet S., 2009. Facteurs d'émission de polluants des installations de chauffage domestique au gaz et au fioul, Rapport d'étude n° INERIS-DRC-09-103316-10816A, INERIS, 33p.

DIREN Ile-de-France, 2005. Etat de la contamination des eaux superficielles par les toxiques en région Île-de-France, Info-toxiques, 1, 36p. Document disponible en ligne sur le site : <http://www.ile-de-france.environnement.gouv.fr/docenconsult/toxic/infotoxiques.pdf>.

EMEP/CORINAIR, 2006. Emission Inventory Guidebook. Document disponible en ligne sur le site : <http://reports.eea.europa.eu/EMEPCORINAIR4/en/BPAH.pdf>.

EURYDICE 92, 1997. Encyclopedie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement, Editions Lavoisier, ISBN 2-7430-0126-7.

Gasperi J., 2006. Introduction et transfert des hydrocarbures à différentes échelles spatiales dans le réseau d'assainissement parisien, Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 272p.

Gréaud L., 2008. Les substances dangereuses pour le milieu aquatique dans les rejets industriels : bilan de l'action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau par les installations classées et autres installations, Rapport d'étude n° INERIS-DRC-07-82615-13836C, INERIS, 611p.

Hafidi M., Amir S., Jouraiphy A., Winterton P., El Gharous M., Merlina G., Revel J.C., 2008. Fate of polycyclic aromatic hydrocarbons during composting of activated sewage sludge with green waste. *Bioresource Technology* 99, pp 8819-8823.

INERIS, 2003-2004. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Pour les substances suivantes : benzo(a)pyrène, acénaphthène, fluorène, fluoranthène, benzo(b)fluoranthène, dibenzo(ah)anthracène, phénanthrène, indéno(1,2,3-cd)pyrène.

Jouannin F., 2004. *Etude de la mobilité des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) contenus dans un sol industriel pollué*, Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Thèse disponible en ligne sur le site : <http://docinsa.insa-lyon.fr/these/pont.php?id=jouannin>.

Leoz-Garziandia E. et Collet S., 2008. Grenelle – Action substances : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) : Note de synthèse, Rapport d'étude n° INERIS-DRC-08-94512-00572A, INERIS, 59p.

Leoz-Garziandia E., Mandin C. et Collet S., 2008. Evaluation de l'impact des appareils de chauffage à bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur, Rapport d'étude n° INERIS-DRC-08-70796-06684A, INERIS, 97p.

Lepot B., 2006. Etat de l'art - Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration, Rapport d'étude n° INERIS-DRC-05-66015-CHEN-06.0086/BLé, INERIS, 85p.

Holland M.R., Jones H.H., Berdowski J., Bleeker A., Visschedijk A.J.H., 2001. Economic Evaluation of Air Quality Targets for PAHs. AEA Technology/TNO, Final report for European Commission DG Environment.

Morin A., 2007. Document .ppt disponible sur le site : http://www.edf.fr/fichiers/fckeditor/File/EDF%20R&D%20-%20Hydrocologie/2_1_Morin.pdf; Présentation réalisée à partir de : Lepot B., 2006. Etat des lieux de la contamination des milieux aquatiques par les substances dangereuses, rapport n° INERIS - DRC - 06 - 66026 - CHEN - BLé - 06.0087, INERIS, 131 p.

Motelay-Massei A., 2003. Contribution du compartiment atmosphérique au transfert des HAP dans le bassin versant aval de la Seine : bilan à l'échelle de deux bassins versants expérimentaux, Thèse de doctorat, 359p.

Nagpal N., 1993. Ambient Water Quality Criteria For Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), Ministry of Environment, Lands and Parks, Province of British Columbia. Document disponible en ligne sur le site : <http://wlapwww.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/pahs/pahs-02.htm>

Palayer J., Degardin P., Lohest P., Mourey V., Pereira-Ramos L., 1997. Le point sur... Les Hydrocarbures aromatiques polycycliques. Agence de l'eau Seine-Normandie, direction de la recherche et des études sur l'agriculture et les milieux, service environnement.

Pissot N., Besombes J.-L., Leoz E., Jaffrezo J.-L., 2008. Impact de la combustion du bois sur la qualité de l'air ambiant de quatre grandes villes de France : Evaluation de l'approche par l'étude de traceurs organiques, Communication orale acceptée aux JIQA, 7 et 8 février 2008, Villeneuve d'Ascq.

Rayzal M., Deroubaix G., 1998. La pollution des sols liés aux activités de préservation du bois. ADEME, Direction de l'industrie.

Royal Haskoning, 2003. Fact sheets on production, use and release of priority substances in the WFD, PAH, Final version. Royal Haskoning.

Schnuriger B., 2008. Etude bibliographique relative aux traitements de réservation des bois et aux filières d'élimination de ces bois, Rapport d'étude n° INERIS-DRC-08-94472-01253A, INERIS, 35p.

Soleille S. et Brignon J-M., 2006. HAP, Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. Document disponible en ligne sur le site : <http://www.ineris.fr/substances/fr/page/14>.

Ullrich S., 2009. An inventory and assessment of options for reducing emissions: PAH, Projet de recherche européen SOCOPSE, D.3.1, 103p.

UNESCO, 2001. Les nouvelles frontières de la gestion urbaine de l'eau. Impasse ou espoir ?>> Sous la direction de Cedo Maksimovic, Jose Alberto Tejada-Guibert, Pierre-Alain Roche, Presse de l'Ecole nationale des Ponts et chaussées, ISBN 2-85978-345-8.

Wild S.R. and Jones K.C., 1995. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the United Kingdom environment: a preliminary source inventory and budget, Environmental Pollution Journal, 88, pp 91-108.

Sites internet consultés:

<http://seine-aval.crihan.fr/web/SystObs.jsp?currentBlocId=8¤tNodeId=47>

<http://www.eau-artois-picardie.fr/IMG/pdf/gestionsediments.pdf>

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=57171&p1=02&p2=05&ref=17597>

8. ANNEXE

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Calcul du flux de HAP provenant des industries du bassin de la Seine	2

ANNEXE 1

Calcul du flux de HAP provenant des industries du bassin de
la Seine

Calcul du flux de HAP provenant des industries du bassin de la Seine

Substance	Flux total (g/j), échantillon	Part du flux raccordé (%), échantillon	Par de l'émetteur principal (%), échantillon	Flux total (g/j), population SN ¹⁾	Flux total (kg/an), population SN ²⁾	Flux total raccordé (kg/an), population SN ³⁾	Flux total non raccordé (kg/an), population SN ⁴⁾
Benzo (b) Fluoranthène	10,33	12,32	31,71	79,46	29,00	3,57	25,43
Benzo (a) Pyrène	7,82	5,37	29,12	60,15	21,96	1,18	20,78
Benzo (k) Fluoranthène	4,47	5,83	53,75	34,38	12,55	0,73	11,82
Benzo (g,h,i) Pérylène	3,77	9,83	32,22	29,00	10,59	1,04	9,54
Indeno (1,2,3- cd) Pyrène	2,24	12,4	37,42	17,23	6,29	0,78	5,51
Somme	28,63			220,23	80,38	7,30	73,08

- 1) Règle de trois effectuée sur la base de l'échantillon 3RSDE, où les industries de l'échantillon représentent 13% de la population dans le bassin Seine-Normandie. Par exemple pour le flux total de la population Seine-Normandie : $(28,6 \times 100)/13 = 220,23$
- 2) Flux total journalier multiplié par 365
- 3) Nous utilisons la part du flux raccordé (%) dans l'échantillon 3RSDE pour calculer le flux total raccordé. Par exemple pour le Benzo(b)fluoranthène : $(29,00 \times 12,32)/100$

Différence entre le flux total de la population Seine-Normandie et les flux total non raccordé.

Emissions directes provenant des industries :

Sur l'ensemble du bassin Seine Normandie, 4462 sites sont soumis à la redevance pollution industrielle¹⁷. Les sites en deçà d'un certain seuil de redevance ne sont pas soumis à redevance. 587 établissements de l'échantillon 3RSDE sont soumis à redevance industrielle, ce qui représente 13% des redevables du bassin. Les secteurs d'activité pertinents sur le bassin sont tous représentés au sein de l'échantillon de sites sélectionnés pour l'action 3RSDE, avec toutefois une surreprésentation du traitement de surface. (Gréaud, 2009). Le flux total (somme des 5 HAP) de l'échantillon évalué est de 29g/jour dont 5 à 12% (en fonction de la substance) est raccordé au réseau d'assainissement collectif. Les émissions de HAP industriels dans les eaux du bassin Seine-Normandie sont donc de 7 kg/an.

¹⁷ Données Agence de l'eau Seine- Normandie 2004

Emissions directes provenant des STEP :

Le bassin Seine-Normandie compte sur son territoire environ 2 450 stations d'épuration (<http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=4717>). Ce qui fait 57kg par an de HAP (somme des 5 HAP) rejetés dans la Seine par les STEP.

Epandage des boues d'épuration :

La littérature - étude ADEME "Connaître pour Agir - Les micropolluants organiques dans les boues de stations d'épuration" - 1995 ainsi que INERIS "Etat de l'art - Problématique des substances prioritaires dans les boues d'épuration" -2006 fait consensus pour une teneur moyenne dans les boues de STEP de 6mg/kg pour la somme acénaphthène, phénanthrène, fluorène, fluoranthène, pyrène, benzo (b+j+k) fluoranthène, benzo (a) pyrène, benzo (ghi) pérylène, indéno (1, 2, 3-c,d) pyrène. Soit pour la France, en comptant 1000000 t de MS de boues produites valorisées à 62 % sur les sols, un flux estimatif d'environ 3.72 t de HAP retournant vers les sols par épandage agricole.

Pour le bassin Seine-Normandie : la production de boue de STEP est de l'ordre de 15 à 20 kg/habitant/an de MS (Lepot, 2006). Le bassin de la Seine représente 17 millions d'habitants. On a alors une production de 1.7t de HAP par an dont environ 1t retourne vers les sols.

Toujours selon les études ADEME (1995) et INERIS (2006), la quantité maximale de boues épandables tous les 10 ans est de 30 t de MS/ha soit (par extension du calcul précédant) un apport moyen annuel de 300 g/ha qui induit une augmentation de la concentration de l'horizon labouré de 80 mg/t de MS de sol. On obtient alors $(6 \times 80)/10^6 = 0,48\mu\text{g}$ de HAP par tonne de MS de sol, ou encore, $(6 \times 300000)/10^6 = 1,8\text{mg}$ de HAP par ha.