

HAP

Dernière mise à jour : 03/04/2006

RESPONSABLE DU PROGRAMME

J.-M. BRIGNON : jean-marc.brignon@ineris.fr

EXPERTS AYANT PARTICIPE A LA REDACTION

S. SOLEILLE, J.-M. BRIGNON

HAP

SOMMAIRE

| | | |
|------|---|----|
| 1 | Généralités | 4 |
| 1.1 | Définition et caractéristiques principales | 4 |
| 1.2 | Réglementation | 6 |
| 2 | Production et utilisation | 8 |
| 2.1 | Production | 8 |
| 2.2 | Utilisations | 8 |
| 3 | Rejets et présence dans l'environnement | 9 |
| 3.1 | Sources évaporatives et sources thermiques de HAP | 9 |
| 3.2 | Combustion domestique | 10 |
| 3.3 | Utilisation de crésote | 11 |
| 3.4 | Production de coke | 17 |
| 3.5 | Sidérurgie et métallurgie | 19 |
| 3.6 | Raffinage de pétrole | 20 |
| 3.7 | Transport automobile | 20 |
| 3.8 | Goudron de houille | 22 |
| 3.9 | Pneumatiques et caoutchouc | 24 |
| 3.10 | Bilan des rejets industriels | 25 |
| 3.11 | Rejets aqueux diffus | 28 |
| 3.12 | Rejets par substance | 28 |
| 3.13 | Bilan des rejets et perspectives | 29 |
| 3.14 | Présence dans l'environnement | 31 |
| 3.15 | Conclusion sur les rejets | 36 |
| 4 | Possibilités de réduction des rejets | 37 |

HAP

| | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | Produits de substitution pour les pneumatiques | 37 |
| 4.2 | Réduction des émissions liées à l'utilisation de créosote..... | 37 |
| 4.3 | Goudron | 38 |
| 4.4 | Pollution automobile | 38 |
| 4.5 | Chauffage domestique | 39 |
| 4.6 | Limitation des rejets industriels..... | 40 |
| 5 | Aspects économiques | 43 |
| 5.1 | Éléments sur certains secteurs économiques concernés..... | 43 |
| 5.2 | Éléments de coûts pour certains moyens de réduire les émissions..... | 44 |
| 6 | Conclusion | 45 |
| 7 | Références..... | 46 |
| 7.1 | Personnes interrogées..... | 46 |
| 7.2 | Bibliographie | 46 |
| 7.3 | Autres..... | 47 |

HAP

1 GENERALITES

1.1 Définition et caractéristiques principales

1.1.1 Définition

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques, ou HAP, sont des composés organiques issus de la fusion de cycles benzéniques. Le plus simple des HAP est le naphtalène (deux cycles) et le plus complexe est le coronène (sept cycles). Leur masse moléculaire varie de 166 à plus de 300 g.mol⁻¹. Ils ont un point de fusion supérieur à 100 ° C et un point d'ébullition élevé (supérieur à 3 000 ° C) [Palayer et al., 1997]. Cette famille comprend de nombreux composés différents.

La décision n° 2455/2001/CE¹ a classé plusieurs HAP comme substances prioritaires. Cinq d'entre eux sont regroupés dans cette décision sous le terme générique de HAP : le benzo(a)pyrène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(ghi)pérylène, le benzo(k)fluoranthène et l'indéno(1,2,3-cd)pyrène.

Tableau 1. Noms, formules et numéros CAS des cinq composés considérés par la décision n° 2455/2001/CE comme formant la famille des HAP

| Nom de la substance | Formule chimique | Numéro CAS | Groupe Borneff-6 | Protocole POP | USEPA |
|------------------------|---------------------------------|------------|------------------|---------------|-------|
| Benzo(a)pyrène | C ₂₀ H ₁₂ | 50-32-8 | Oui | Oui | Oui |
| Benzo(b)fluoranthène | C ₂₀ H ₁₂ | 205-99-2 | Oui | Oui | Oui |
| Benzo(ghi)pérylène | C ₂₂ H ₁₂ | 191-24-2 | Oui | | Oui |
| Benzo(k)fluoranthène | C ₂₀ H ₁₂ | 207-08-9 | Oui | Oui | Oui |
| Indéno(1,2,3-cd)pyrène | C ₂₂ H ₁₂ | 193-39-5 | Oui | Oui | Oui |

Trois autres HAP sont également considérés comme substances prioritaires mais sont considérés séparément : l'anthracène (dangereuse prioritaire), le naphtalène et le fluoranthène. L'anthracène et le naphtalène sont traités dans des fiches séparées dans ce rapport.

¹ Décision n° 2455/2001/CE du Parlement européen et du Conseil du 20 novembre 2001 établissant la liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau et modifiant la directive 2000/60/CE.

HAP

Tableau 2. Noms, formules et numéros CAS d'autres HAP

| Nom de la substance | Formule chimique | Numéro CAS | Groupe Borneff-6 | Protocole POP | USEPA |
|-------------------------|---------------------------------|------------|------------------|---------------|-------|
| Acénaphène | C ₁₂ H ₁₀ | 83-32-9 | | | Oui |
| Acénaphylène | C ₁₂ H ₈ | 208-96-8 | | | Oui |
| Anthracène ² | C ₁₄ H ₁₀ | 120-12-7 | | | Oui |
| Benz(a)anthracène | C ₁₈ H ₁₂ | 56-55-3 | | | Oui |
| Chrysène | C ₁₈ H ₁₂ | 218-01-9 | | | Oui |
| Coronène | C ₂₄ H ₁₂ | 191-07-1 | | | |
| Dibenz(ah)anthracène | C ₂₂ H ₁₄ | 53-70-3 | | | Oui |
| Fluoranthène | C ₁₆ H ₁₀ | 206-44-0 | Oui | | Oui |
| Fluorène | C ₁₃ H ₁₀ | 86-73-7 | | | Oui |
| Naphtalène ³ | C ₁₀ H ₈ | 91-20-3 | | | Oui |
| Phénanthrène | C ₁₄ H ₁₀ | 85-01-8 | | | Oui |
| Pyrène | C ₁₆ H ₁₀ | 129-00-0 | | | Oui |

Le terme générique de HAP peut correspondre, suivant le contexte, à des composés différents. La décision n° 2455/2001/CE regroupe sous ce terme six substances, le protocole sur les POP de l'UNECE en regroupe quatre, le groupe Borneff 6 (qui sert de référence pour l'OMS et pour certains inventaires d'émission) en regroupe six et l'USEPA classe comme substances prioritaires 16 HAP.

1.1.2 Remarque sur la mesure des HAP

La mesure des rejets de HAP ou des concentrations de HAP dans l'environnement est relativement difficile. En outre coexistent différents protocoles de mesure qui prennent en compte des groupes différents de HAP. Ces difficultés expliquent en partie la présence dans cette fiche de chiffres parfois contradictoires (le calcul des émissions de HAP par EPER et par le CITEPA par exemple).

Dans l'eau, les HAP sont généralement présents à l'état de 'traces', c'est-à-dire à des niveaux de concentration allant du nanogramme par litre à quelques dizaines de microgrammes par litre et leur concentration varie fortement dans le temps et dans l'espace.

² Cette substance est traitée dans une fiche séparée.

³ Cette substance est traitée dans une fiche séparée.

HAP

La mise en évidence d'une contamination de l'environnement par les HAP nécessite donc souvent la mise en œuvre de techniques analytiques performantes. Actuellement les normes AFNOR en vigueur⁴ prévoient le dosage de six HAP par chromatographie liquide à haute performance et fluométrie. Parmi ces six HAP figurent le benzo(a)pyrène (le plus étudié pour sa toxicité) et le fluoranthène (le plus répandu dans l'environnement [Palayer et al., 1997]).

1.2 Réglementation

1.2.1 Émissions et concentrations de HAP

De nombreux textes réglementaires concernent les HAP :

- La directive 96/61/CE (directive IPPC), la directive 2000/76/CE sur l'incinération des déchets et la directive 1999/31/CE sur la mise en décharge contrôlent toutes indirectement les émissions de HAP.
- La directive 98/83/CE relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine a fixé des valeurs limites dans l'eau potable pour le benzo(a)pyrène et pour la somme de quatre HAP⁵ (0,10 µg/l pour cette somme de HAP).
- Le décret français du 3 janvier 1989 a fixé le seuil de potabilité de l'eau à 0,2 µg/l pour la somme de six HAP⁶.
- Le Protocole sur les polluants organiques persistants (POP) de l'UNECE requiert de ses signataires qu'ils réduisent leurs émissions de plusieurs HAP (benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)-fluoranthène et indéno(1,2,3-cd)pyrène).
- Les HAP sont inclus dans l'annexe 2 de la stratégie OSPAR concernant les substances dangereuses.
- L'Arrêté type - Rubrique n°2415 : Mise en œuvre de produit de préservation du bois fixe une concentration limite de 1,5 mg/l en HAP si le flux de rejet dépasse 1g/j.

⁴ NF X 43-025 (qualité de l'air - air ambiant - détermination des HAP) et NF X 43-294 (air des lieux de travail - échantillonnage et analyse des HAP).

⁵ Il s'agit du benzo(b)fluoranthène, du benzo(k)fluoranthène, du benzo(ghi)pérylène et de l'indéno(1,2,3-cd)pyrène.

⁶ Les six substances sont les suivantes : benzo(3,4)fluoranthène, benzo(11,12)fluoranthène, benzo(1,12)pérylène, benzo(3,4)pérylène, fluoranthène et indéno(1,2,3-cd)pyrène (décret du 3 janvier 1989, annexe 1-1 et 1-3).

HAP

- Arrêté du 11 août 1999 relatif à la réduction des émissions polluantes des moteurs et turbines à combustion ainsi que des chaudières utilisées en postcombustion soumis à autorisation sous la rubrique 2910 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement : les rejets atmosphériques doivent avoir une concentration inférieure à 0,1 mg/Nm³ si le flux rejeté est supérieur à 0,5 g/h.
- Arrêté du 20 juin 2002 relatif aux chaudières présentes dans une installation nouvelle ou modifiée d'une puissance supérieure à 20 MWth : valeur limite d'émission atmosphérique de 0,1 mg/Nm³.

1.2.2 Utilisation de créosote

En outre d'autres directives réglementent l'usage de la créosote, vecteur important de HAP dans l'environnement (voir plus loin) :

- La directive 98/8/CE (directive biocide) prescrit une évaluation de la préservation du bois.
- La directive 2001/90/CE interdit l'utilisation de créosote pour le traitement du bois et la mise sur le marché de bois ainsi traité sauf pour quelques usages industriels (mais la concentration de benzo(a)pyrène doit être inférieure à 500 ppm). De toutes façons, les bois traités à la créosote ne peuvent être utilisés :
 - à l'intérieur de bâtiments, quelle que soit leur destination ;
 - dans les jouets ;
 - sur les terrains de jeu ;
 - dans les parcs, jardins ou autres lieux récréatifs publics situés en plein air en cas de risque de contact fréquent avec la peau ;
 - dans la fabrication de meubles de jardin, tels que les tables de camping ;
 - pour la confection, l'utilisation et le retraitement de conteneurs destinés à la culture, d'emballages pouvant entrer en contact avec des produits bruts, intermédiaires et/ou finis destinés à l'alimentation humaine et/ou animale, des autres matériels susceptibles de contaminer lesdits produits.

1.2.3 Combustion domestique

- Le Comité européen de normalisation (CEN) a établi des normes d'émission pour les installations domestiques de combustion de combustibles solides (poêles, cheminées, inserts, etc.). Ces normes devraient être des standards volontaires à partir de 2001.
- Le protocole de l'UNECE sur les POP vise notamment les émissions de HAP provenant de la combustion domestique.

HAP

1.2.4 Autres

- Une proposition de directive européenne envisage de restreindre la commercialisation et l'utilisation des HAP dans l'industrie du caoutchouc (huiles de dilution et pneumatiques).⁷
- Les HAP sont des substances dangereuses prioritaires au sens de la Commission OSPAR.

2 PRODUCTION ET UTILISATION

2.1 Production

La production de HAP est peu importante. Ils sont utilisés dans un nombre limité de produits, notamment des produits de teinture à des fins de recherche et d'analyse. 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].

En particulier le benzo(a)pyrène n'est produit qu'en très petite quantité, par distillation fractionnée de charbon bitumineux renfermant des hydrocarbures aromatiques polynucléaires (HSDB). Quant à l'indéno(1,2,3-cd)pyrène, présent dans les charbons bitumineux, il est enrichi par distillation puis extrait par une technique séparative adaptée (dissolution, extraction liquide-liquide) avant d'être purifié par chromatographie (INERIS 2003-2004).

2.2 Utilisations

2.2.1 Utilisations volontaires

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 [IPCS, 1998 ; in Royal Haskoning, 2003a].

Plus particulièrement, le benzo(a)pyrène ne trouve actuellement aucune application dans l'industrie. Il entre 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]

⁷ Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil relative aux restrictions à la commercialisation et à l'utilisation de certains hydrocarbures aromatiques polynucléaires contenus dans les huiles de dilution et les pneumatiques (vingt-septième modification de la directive 76/769/CEE du Conseil), COM(2004) 98 final, 13 février 2004.

HAP

2.2.2 Présence naturelle dans certains matériaux organiques

Certains HAP sont présents naturellement dans quelques matériaux organiques, notamment des dérivés du pétrole.

Tableau 3. Exemples de concentrations en benzo(a)pyrène dans certains matériaux organiques (Source : GTZ, 1995)

| | |
|-------------------------------|----------------------|
| Goudron de houille | 0,65 % |
| Goudron de routes | 0,51-1 % |
| Brais de houille | 1,25 % (valeur max.) |
| Huiles de trempe | 0,045-0,35 % |
| Huile de moteur (fraîche) | 0,008-0,27 mg/kg |
| Huile de moteur (usagée) | 5,2-35 mg/kg |
| Gazole | 0,026 mg/l |
| Essence | 0,09-8,3 mg/kg |
| Pétrole brut (Koweït) | 2,8 mg/kg |
| Pétrole brut (Venezuela) | 1,66 mg/l |
| Pétrole brut (Golfe Persique) | 0,40 mg/l |

Les HAP font usage de biocides dans le goudron, la créosote et d'autres produits similaires utilisés pour protéger et préserver des matériaux (principalement le bois). Des composés HAP sont également inclus dans l'asphalte [OSPAR Commission, 2001a].

3 REJETS ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

3.1 Sources évaporatives et sources thermiques de HAP

Les HAP sont synthétisés lors de la formation des énergies fossiles (pétrole, charbon) ou bien lors de la combustion incomplète de matières organiques (chauffage au fuel, feux de forêts, etc.). [Palayer et al., 1997] Leur synthèse lors de la formation des énergies fossiles explique leur présence dans le pétrole, le charbon et leurs produits dérivés.

Ils sont donc rejetés dans l'environnement soit à partir de produits dérivés de combustibles fossiles (goudron, coke, créosote, etc.), soit suite à des combustions incomplètes.

On peut distinguer deux types de rejets atmosphériques de HAP :

- Les sources évaporatives (utilisation de produits contenant du goudron de houille, préservation du bois avec de la créosote et du carbolineum, utilisation du goudron pour les toits et les routes).

HAP

- Les sources thermiques (HAP dits pyrolytiques). Les rejets des sources thermiques proviennent de la combustion de combustibles solides (bois, tourbe et charbon), de carburants automobiles (diesel surtout) et de quelques procédés industriels [Holland et al., 2001].

Tableau 4. Émissions de benzo(a)pyrène liées à la combustion incomplète de matières fossiles (Source : GTZ, 1995)

| | |
|--|-------------------------|
| Chauffage au charbon | 100 µg/m ³ |
| Cokeries | 13-35 µg/m ³ |
| Incinération de déchets | 11 µg/m ³ |
| Gaz d'échappement de moteur diesel | 5 µg/m ³ |
| Usine électrique alimentée au charbon | 0,3 µg/m ³ |
| Usine électrique alimentée au gaz | 0,1 µg/m ³ |
| Gaz d'échappement de moteurs à essence | 48 µg/l carburant brûlé |

Pendant les années 1990, les rejets des sources évaporatives ont diminué grâce à des restrictions sur l'usage et le contenu en HAP des matériaux [Holland et al., 2001].

3.2 Combustion domestique

Les émissions de polluants atmosphériques des appareils de combustion dépendent des conditions de la combustion, de la qualité des installations et de la composition du combustible. Plusieurs types de HAP se forment au cours de la combustion. La quantité de HAP émise par unité d'énergie produite varie de plusieurs ordres de grandeur entre les petites et les grandes unités de combustion (dans les grandes, il est plus facile d'obtenir de bonnes conditions de combustion et de mettre en place des systèmes de contrôle des fumées) [OSPAR Commission, 2001c].

Lors de la combustion, tous les types de HAP sont formés. Le profil des HAP dépend peu du combustible et de la technique de combustion utilisés. Généralement le phénanthrène est le composé dominant et représente environ 40 % des émissions totales de HAP. Le benzo(a)pyrène représente moins de 5 % des émissions de HAP.

Les émissions de particules et de HAP sont généralement plus élevées de plusieurs ordres de grandeur lors de la phase de démarrage du feu que lors de la période de combustion stationnaire.

HAP

Les émissions suivantes de HAP ont été mesurées :

Tableau 5. Quelques facteurs d'émission de HAP (Source : OSPAR Commission, 2001c)

| | Émissions de HAP (en mg de HAP/MJ d'énergie consommée) |
|--|--|
| Combustion de bois | |
| Chaudière résidentielle de chauffage (11- 40 kW) | < 1 - 24 mg/MJ (16 PAH) |
| Chaudière résidentielle de chauffage, 'stoker screw' (23 kW) | 0,1 - 17 mg/MJ (35 PAH) |
| Poêles à bois (environ 15 kW) | 0,6 - 9 mg/MJ (26 PAH) |
| Combustion de charbon | |
| Chaudière résidentielle de chauffage, 'stoker screw' (23 kW) | - 0,2 mg/MJ (35 PAH) |

Les facteurs d'émission pour la combustion du charbon et du bois dans les petits poêles et les cheminées sont considérées généralement comme étant respectivement de l'ordre de 0,3 mg/kg (environ 0,2 mg/MJ) et 40 mg/kg (environ 3 mg/MJ) [OSPAR Commission, 2001c].

D'après Eurostat (1999), la consommation de bois pour la combustion domestique devrait s'élever en 2010 à 370 PJ [Holland et al., 2001]. D'après les scénarios énergétiques issus du modèle PRIMES, la combustion de biomasse dans le résidentiel et le secteur tertiaire s'élevait à 305 PJ en 1990 et à 315 PJ en 2000. La combustion de la biomasse en général et du bois en particulier est parfois promue comme moyen de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

3.3 Utilisation de crésote

3.3.1 Production et utilisation de crésote

Parmi les grandes familles de produits de préservation du bois, existent celle des produits issus de la distillation de la houille, les crésotes. Elles ont à la fois des propriétés biocides et des caractéristiques hydrofuges. Les HAP qu'elles contiennent sont particulièrement efficaces contre la pourriture [Rayzal et al., 1998].

HAP

Elles sont le plus souvent issues de la distillation de goudron de houille (le goudron de houille étant lui-même un sous-produit du traitement à haute température du charbon pour produire du coke ou du gaz) et parfois de la distillation d'autres produits, comme le bois. Les créosotes sont un mélange épais et huileux, leur couleur va de l'ambre au noir. Elles se composent d'un mélange de composés sélectionnés au moyen d'un intervalle de température de distillation. Le mélange est relativement complexe, riche notamment en hydrocarbures aromatiques polycycliques (naphtalène, fluorène, anthracène notamment). Ces substances sont plus ou moins actives et participent à la préservation du bois. La créosote est plutôt utilisée pour des bois soumis à des conditions difficiles. Il s'agit essentiellement de bois qui doivent supporter une humidité toujours supérieure à 20 % : bois horizontaux en extérieur (balcons, coursives...) et bois en contact avec le sol (poteaux téléphoniques, traverses de chemin de fer, clôtures, etc.) ou avec une source d'humidification prolongée ou permanente.⁸ On traite le bois à la créosote en répandant celle-ci au pulvérisateur ou en plongeant le bois dans un bain de créosote ; le traitement peut aussi avoir lieu par une combinaison de procédés de mise sous vide et sous pression dans des réacteurs fermés.

3.3.2 Utilisation et production de créosote en Europe

Depuis le 30 juin 2003, en application de la directive 2001/90/CE, l'utilisation de créosote ou de bois est traitée à la créosote est très fortement limitée. En outre la teneur maximale autorisée en benzo(a)pyrène a été divisée par dix, passant à 0,005 % en masse.⁹

⁸ Page sur la préservation du bois du site Internet du Comité national pour le développement du bois (CNBD) : <http://www.bois-construction.org/>.

⁹ Pour plus de détails, se reporter à la partie 'Réglementation'.

HAP

En Europe, les quantités de HAP impliqués dans la production de créosote 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 naphthalène, soit environ 27 200 tonnes pour le total des HAP, d'après l'International Programme on Chemical Safety, 1998) [Royal Haskoning, 2003a].

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].

3.3.3 Utilisation de créosote en France

L'utilisation de créosote est fortement limitée par la réglementation. Par dérogation, quelques grands organismes peuvent encore en utiliser pour la préservation du bois :

- La SNCF utilise des créosotes lourdes (distillation entre 200 et 450 ° C) pour les traverses de chemin de fer [Rayzal, 1995]. Ces traverses sont traitées à la créosote par un établissement spécialisé de la SNCF. Cependant leur usage décroît au profit des traverses en béton : en effet elles ne sont plus utilisées que pour l'entretien de lignes traditionnelles existantes. Pour les lignes TGV et les lignes neuves, des traverses en béton sont utilisées. Cela limite donc l'utilisation de créosote.
- EDF utilise de la créosote pour les poteaux des lignes électriques (plus précisément pour les pieds de poteaux, la partie en contact avec le sol, en épicéa). EDF utilise des poteaux en bois ou en béton. Ces derniers servent pour les tensions élevées et pour l'ancrage des lignes basse tension (c'est-à-dire environ un poteau sur cinq, pour bien fixer la ligne). Les autres poteaux sont en bois, traité soit à la créosote, soit aux sels métalliques (environ 2/3 créosote et 1/3 sels métalliques). EDF achète le bois déjà traité et ne les retraits pas une fois en place.

HAP

- France Télécom utilise (ou a utilisé) des créosotes légères (distillation entre 170 et 400 ° C) pour les poteaux en bois utilisés comme support du réseau téléphonique [Rayzal, 1995].

D'après Rayzal (1998), les créosotes servent encore ponctuellement au traitement de certains équipements agricoles (piquets) ou d'ouvrages de génie civil (retenues de berge).

3.3.4 Traitement des bois créosotés en fin de vie

L'élimination des traverses en bois de la SNCF est effectuée par la société SIDENERGIE (département 46). Cette entreprise produit du charbon de bois domestique (agrée par le ministère de la Santé). Elle traite, en plus de déchets de scierie, 6 000 tonnes de bois par an (soit environ 100 000 traverses par an)¹⁰. Le traitement consiste en une valorisation matière par thermolyse. Les bois sont épurés de la créosote d'imprégnation et transformés en charbon végétal.¹¹

Chaque année, quelques milliers de tonnes de poteaux EDF arrivent en fin de vie. Ils sont soit réemployés par des agriculteurs (pour être débités et servir de piquets de délimitation de parcelle par exemple), soit incinérés.

On estime à environ 300 000, le nombre de poteaux retirés annuellement du 'parc installé' de France Telecom. Afin de les protéger des agressions extérieures (intempéries, insectes), ces poteaux ont subi différents traitements chimiques qui sont, ou qui ont été pour l'essentiel, à base de sulfate de cuivre ou de CCA (Cuivre, Chrome, Arsenic) et de créosote. [Le Calvez, 1999]

¹⁰ Source : ADEME (http://www.ademe.fr/midi-pyrenees/a_1_13.html).

¹¹ <http://www.recyclot.fr/etsivous.html>.

HAP

3.3.5 Émissions de HAP

La créosote peut contenir jusqu'à 85 % de HAP. Entre 20 et 40 % du poids total peut être attribué aux 16 HAP définis comme polluants prioritaires par l'EPA. Les niveaux de benzo(a)pyrène sont de l'ordre de quelques centaines de ppm [Royal Haskoning, 2003a].

Tableau 6. Proportion des créosotes en HAP (% en masse) [Source : Rayzal et al., 1998]

| | Canada | Allemagne | |
|------------------------------|--------|-----------|---------|
| | | Traverses | Poteaux |
| Naphtalène, méthylnaphtalène | 17,5 | 22,9 | 27 |
| Phénanthrène | 10,2 | 25,8 | 23 |
| Fluorène | 5,1 | 14,1 | 16,2 |
| Fluoranthène | 9,9 | 7,4 | 6,1 |
| Benzofluorène | - | 6,5 | 6,1 |
| Acénaphène | 5,6 | 4,9 | 4,7 |
| Pyrène | 4,4 | 3,6 | 3,2 |
| Autres | 9,9 | | |

HAP

Les émissions de HAP sont surtout dues :

- aux fuites des récipients et des réacteurs dans lesquels sont contenus la créosote et traités les bois,
- à l'évaporation des composés volatils de HAP du bois traité,
- à l'égouttage du bois traité.

Lorsque le bois est stocké à l'horizontale, les HAP migrent à travers le bois ce qui aboutit aussi à des émissions. Les quantités rejetées dépendent du type de créosote, du bois et des méthodes de préservation utilisées [OSPAR, 2001b].

Des HAP sont émis également lorsque des bois traités sont incinérés.

D'après Holland et al. (2001), on estime à 46 kg les émissions atmosphériques de B[a]P dues au traitement du bois avec du carbolineum en 2010 en Europe.

Suite aux diverses applications du bois traité à la créosote, les HAP peuvent être émis par migration dans le bois, par évaporation et par lessivage dans le sol et dans les eaux de surface.

Dans le bois traité à la créosote, les composés de créosote ne sont pas liés aux fibres du bois mais elles migrent à l'intérieur de celui-ci. Au soleil, le bois peut transpirer : la créosote apparaît à sa surface. Cela arrive lorsque le bois est saturé en créosote ou lorsque la créosote contient une forte proportion de composés volatils. [Braunschweiler, 1996]

Une étude britannique a montré que les HAP dominants dans la fraction volatile du bois traité à la créosote étaient le phénanthrène, le fluorène et le pyrène, qui sont parmi les HAP les moins toxiques. D'après cette même étude les émissions atmosphériques de HAP dues au bois traité à la créosote étaient estimées au Royaume-Uni à environ 100 tonnes, c'est-à-dire dans le même ordre de grandeur que les émissions dues aux véhicules [Gevao et al., 1998].

HAP

Les fuites de crésote du bois vers le sol est un processus long. Une étude finlandaise estime que cela prend entre 5 et 10 ans. [Braunschweiler, 1996]

Les composés solubles dans l'eau de la crésote passent facilement dans les eaux. Des études ont montré que 70 à 80 % des HAP qui fuient dans les eaux et provenant de la crésote sont des naphthalènes et des composés à faible température d'ébullition, phénanthrène, acénaphène [OSPAR, 2001b].

Les micro-organismes sont susceptibles de dégrader biologiquement les HAP dans le sol. Les eaux de surface sont touchées par le lessivage des composés de la crésote solubles dans l'eau, tels que le phénanthrène, l'acénaphène et le dibenzofurane. Du fait de leur faculté d'adsorption sur les particules, ils s'accumulent aisément dans les sédiments [OSPAR, 2001b].

3.4 Production de coke

3.4.1 Production et utilisation du coke

Le coke est obtenu dans des fours à coke, par chauffage à l'abri de l'air d'un certain type de charbon. Les composés volatils contenus dans le charbon sont ainsi éliminés par évaporation. Il est essentiellement utilisé dans la sidérurgie. Il remplit trois rôles principaux dans le haut-fourneau : il favorise la circulation des gaz montants (rôle perméabilisant), fournit la chaleur nécessaire à la poursuite de la réaction, assure la réduction et la carburation du fer. La plupart des cokeries produisent spécifiquement pour des usines de production de fer et d'acier et sont souvent situées sur le même site.

La production de coke a tendance à décliner en Europe. Le nombre de cokeries dans l'Europe des 15 est passé de 104 en 1981 à 42 en 2000 [Holland et al., 2001]. C'est dû essentiellement à une baisse de la demande d'acier et une restructuration dans la métallurgie : l'Europe produit moins de coke et en

HAP

importe davantage, notamment en provenance de Chine. La hausse des importations de coke devrait se poursuivre pendant les prochaines années (Commission européenne, 2004).

En France, 4 552 tonnes de coke furent produites en 2002, contre 5 091 tonnes en 2001. 4 902 tonnes furent livrées à l'industrie sidérurgique en 2002 (Commission européenne, 2004).

3.4.2 Émissions de HAP

D'après la Commission européenne (1996), une usine de production de coke rejette dans ses eaux usées environ 30 mg/l de HAP, soit environ 0,3 kg/tonne de coke. Le traitement des eaux permet de faire baisser cette concentration à 0,003 - 0,2 mg/l. Le facteur d'émission global dans les eaux est de l'ordre de 0,001 kg de HAP par tonne de coke [Commission européenne, 1996 ; in Royal Haskoning, 2003a].

L'OMS IPCS (1998) indique une teneur en B[b]F de 3,8 mg/kg dans des boues résiduelles provenant de la cokéfaction du charbon. (INERIS 2004)

Les émissions de benzo(a)pyrène sont surtout des émissions fugitives lors des opérations de chargement et d'enfournement. Les gaz de sortie de production contiennent également des HAP mais sont soumis à des traitements secondaires. Des émissions fugitives peuvent également se produire lors de la production au travers des joints des portes des fours. Elles sont difficiles à éviter complètement à cause des conditions d'opération (expansion et contraction fortes, pressions élevées à l'intérieur des fours) [Holland et al., 2001].

Le Royal Haskoning (2003a) estimait qu'en France, il y a avait sept usines de production de coke, avec une capacité de production de 7 500 kt/an et qu'elles émettaient 7,5 t/an de HAP dans l'eau. Cette estimation des émissions est sans doute à revoir à la baisse puisque le nombre de cokeries et la production ont significativement baissé. D'après Holland et al. (2001), en France en 2010, huit usines produiront du coke. Leur production s'élèvera à 5 500 tonnes par an et elles émettront, en admettant qu'elles aient mis en place les MTD, 15 kg de benzo(a)pyrène par an.

HAP

3.5 Sidérurgie et métallurgie

Des HAP sont émis lors de la production de coke mais également lors de son utilisation dans l'industrie sidérurgique.

En pratique industrielle courante, un haut-fourneau consomme, par tonne de fonte, 1 700 kg de minerai aggloméré, 300 kg de coke, 150 kg de charbon et 40 m³ d'oxygène.¹² La production mondiale d'acier est passée de 507 Mt en 1975 à 802 Mt en 2002.

Les émissions atmosphériques de HAP dans la sidérurgie peuvent aller de moins de 0,1 mg/t d'acier liquide pour la sidérurgie à l'oxygène à près de 1 000 mg/t d'acier liquide pour les installations d'agglomération.

*Tableau 7. Émissions atmosphériques de HAP lors de la production de fer et d'acier
(Source : BREF production sidérurgique, 2001)*

| Source d'émission | Émissions (en mg/t d'acier liquide) |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Four à arc électrique | 3,5-74 ¹³ |
| Sidérurgie à l'oxygène | 0,08-0,16 ¹³ |
| Haut fourneau | Données non disponibles |
| Cokerie | 50 - 500 ¹³ |
| Installation d'agglomération | 115 - 915 ¹³ |

¹² Yahoo ! Encyclopédie : http://fr.encyclopedia.yahoo.com/articles/do/do_4383_p0.html.

¹³ Les valeurs supérieures proviennent des installations les plus anciennes.

HAP

La fusion de câbles de cuivre émet également des HAP. En effet la faible température de fusion (250 à 700 °C) rend la combustion incomplète, ce qui provoque l'émissions de HAP [United Nations Environment Programme, 2004].

Une autre source peut être importante dans certains et l'a sans doute été en France, la technique Söderberg dans l'industrie de l'aluminium de première fusion et les revêtements de coques des navires (au moins dans certaines régions). Cependant, d'après la fédération des métaux non ferreux, cette technique n'est plus utilisée en France depuis plusieurs années.

3.6 Raffinage de pétrole

L'OMS IPCS (1998) indique pour des raffineries de pétrole, une concentration de 1,3 g/m³ de B[b]F dans les émissions gazeuses et une concentration pouvant atteindre 0,2 g/l dans les eaux rejetées (après traitement). (INERIS 2004).

D'après le document BREF sur les raffineries, la concentration en HAP dans les effluents de leurs stations d'épuration en Europe est comprise entre 0.005 et 0.05 mg/l, en moyenne annuelle. (European Commission, 2003)

3.7 Transport automobile

Les carburants automobiles, particulièrement le diesel, contiennent des proportions significatives de HAP. Leur combustion est à l'origine de rejets de HAP. Les émissions de particules des véhicules diesel contiennent de fortes concentrations de HAP.

HAP

Le CITEPA estimait qu'en 1999 le transport était responsable de 5,5 % des émissions atmosphériques totales de HAP en France.

Tableau 8. Facteurs d'émission de HAP dues au transport routier (en $\mu\text{g}/\text{km}$)
(Source : CORINAIR, 2004)

| | Voitures et véhicules utilitaires légers | | | | Poids lourds | GPL |
|------------------------|--|-------------|--------|------|--------------|------|
| | Essence | | Diesel | | | |
| | Conventionnels | Euro I et + | DI | IDI | | |
| Benzo(a)pyrène | 0,48 | 0,32 | 0,63 | 2,85 | 0,90 | 0,01 |
| Benzo(b)fluoranthène | 0,88 | 0,36 | 0,60 | 3,30 | 5,45 | |
| Benzo(ghi)pérylène | 2,90 | 0,56 | 0,95 | 6,00 | 0,77 | 0,02 |
| Benzo(k)fluoranthène | 0,30 | 0,26 | 0,19 | 2,87 | 6,09 | 0,01 |
| Indéno(1,2,3-cd)pyrène | 1,03 | 0,39 | 0,70 | 2,54 | 1,40 | 0,01 |

Les facteurs d'émission varient grandement en fonction de la substance considérée et du type de véhicules. Les véhicules légers diesel IDI sont les plus gros émetteurs.

HAP

3.8 Goudron de houille

3.8.1 Utilisation des goudrons de houille

Le goudron de houille est obtenu par pyrolyse de la houille à des températures allant de 400 °C à 1 200 °C dans les cokeries et les usines à gaz. Il est constitué de fortes teneurs (de 20 à 50 %) en HAP (notamment naphthalène, phénanthrène, fluoranthène, pyrène, acénaphthène et anthracène) [Brazillet, 2001]. Les propriétés physico-chimiques des HAP recherchées telle leur plasticité à chaud sont corrélées avec leur capacité à devenir volatils et mobilisables.

Le goudron de houille a été abondamment utilisé, depuis la fin du XIX^{ème} siècle pour produire des enrobés bitumineux routiers. Son utilisation est actuellement en déclin, au profit de substituts d'origine pétrolière. La production de goudron de houille pour les applications en techniques routières est en constante régression et n'est plus que de quelques dizaines de milliers de tonnes par an.

Toutefois le goudron possède des propriétés de résistance aux solvants pétroliers (carburants et huiles). Il est donc encore utilisé dans les revêtements de sites particuliers (aéroports, parcs de stationnement d'engins agricoles ou de poids lourds, gares routières, aires de stations-service, revêtements de sols industriels, en particulier des sites pétrochimiques, aires d'autoroute, etc.). [Brazillet, 2001]

En 2000, la production de bitume en France atteignait environ 3 000 000 tonnes ; celle de goudron pour les techniques routières atteint 30 000 tonnes et continue à diminuer. [Brazillet, 2001] À l'heure actuelle, il ne reste qu'un seul producteur de goudron de houille en France.

HAP

3.8.2 Concentrations en HAP

D'après l'OMS IPCS (1998) on peut trouver dans l'asphalte des concentrations de benzo(b)fluoranthène élevées, pouvant atteindre 10 g/kg. (INERIS 2004)

*Tableau 9. Teneurs moyennes des constituants principaux du goudron
(HAP seulement, pourcentages massiques) (Source : Gosselin, 2000 ; cité dans Brazillet, 2001)*

| | |
|--------------------|--------|
| Naphtalène | 10,0 % |
| Phénanthrène | 4,5 % |
| Fluoranthène | 3,0 % |
| Acénaphylène | 2,5 % |
| Pyrène | 2,0 % |
| Fluorène | 1,8 % |
| 2-méthylnaphtalène | 1,5 % |
| Anthracène | 1,3 % |
| Chrysène | 1,0 % |
| Indène | 1,0 % |

3.8.3 Émissions de HAP

Ces goudrons de houille sont susceptibles de rejeter des HAP notamment lors de leur fin de vie, qu'ils soient éliminés ou valorisés.

HAP

Les eaux de ruissellement peuvent mobiliser les HAP par le lessivage des revêtements routiers. Elles peuvent également emporter les particules atmosphériques chargées d'HAP déposées au sol. Cependant les avis semblent divisés à ce sujet. Ainsi Hugener et al. (1999) contestent l'importance du relargage par lessivage des revêtements dont l'appréciation aurait été exagérée. En effet, le liant et les HAP eux-mêmes sont faiblement solubles dans l'eau. En revanche, d'après Pépin (1998), des essais de percolation effectués sur des enrobés bitumineux concassés mettent en évidence un relargage significatif des HAP dans les premiers percolats.

L'impact sur l'environnement est tributaire des propriétés physico-chimiques des HAP considérés, de l'abrasion des revêtements superficiels enduits de goudron et du lessivage des goudrons pris dans la masse des enrobés. Cet impact est non négligeable, mais peut être ralenti par la faible solubilité des liants hydrocarbonés et des HAP dans l'eau, mais également par la structure fermée à faible porosité des chaussées. [Brazillet et al., 2001]

Des émissions de HAP peuvent également avoir lieu lors des traitements en fin de vie des déchets routiers. Ainsi, lors du recyclage à chaud par exemple, de faibles teneurs en goudron peuvent déjà conduire à des émissions atmosphériques de HAP qui atteignent des valeurs supérieures à la limite d'exposition admissible [Brazillet, 2001]. Toute augmentation de 12 ° C de la température de traitement des enrobés provoque un doublement des émissions de substances nocives [Hugener, 1999].

3.9 Pneumatiques et caoutchouc

Les HAP peuvent être des constituants présents dans des huiles qui sont utilisées comme huiles de dilution dans la production de pneumatiques. L'huile de dilution est incorporée dans la matrice de

HAP

~~caoutchouc et demeure incorporée dans le caoutchouc du pneu final. Par conséquent, cette huile de dilution peut être également présente dans les débris de pneumatiques.¹⁴~~

Des HAP peuvent être émis lors de la production des pneumatiques, lors de leur utilisation ou lors de leur élimination.

D'après le Comité scientifique sur la toxicité, l'écotoxicité et l'environnement (CSTEE), les HAP contenus dans les pneumatiques ne contribuent que très marginalement à la présence de HAP dans l'environnement : il estime que l'usure des pneus est responsable de moins de 2 % des émissions anthropogéniques totales de benzo(a)pyrène. L'usure des pneus contribue à environ 1 % des concentrations totales de HAP dans les sédiments (ils représentent environ 4 % des émissions automobiles de HAP, elles-mêmes représentant environ 30 % de la concentration des sédiments en HAP). [CSTEE, 2003]

3.10 Bilan des rejets industriels

3.10.1 Niveau national

25 installations françaises sont répertoriées dans la base de données française IREP comme émetteurs de HAP. Les installations les plus émettrices appartiennent aux secteurs du travail des métaux, de la raffinerie et de la chimie.

¹⁴ Commission des communautés européennes (2004). Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil relative aux restrictions à la commercialisation et à l'utilisation de certains hydrocarbures aromatiques polynucléaires contenus dans les huiles de dilution et les pneumatiques (vingt-septième modification de la directive 76/769/CEE du Conseil), COM(2004) 98 final.

HAP

Tableau 10. Émissions de HAP des installations ICPE en France en 2004 (en kg)
(Source : extrait de la base de données IREP)

| Etablissement | Localisation | Activité principale | Emissions atmosphériques (en kg) | Emissions dans l'eau (directes) (en kg) | Emissions dans l'eau (indirectes) (en kg) |
|--|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|---|
| Aluminium Pechiney - Usine De Lannemezan | 65303 Lannemezan | Sidérurgie, métallurgie, coke | 250 | | |
| CarrièreS Et Fours à Chaux De Dugny | 55100 Dugny-sur-Meuse | Industries minérales | n.d. | | |
| Collet | 76490 Caudebec-en-Caux | Industries minérales | n.d. | | |
| Edf (Centrale De Bellefontaine) | 97222 BELLEFONTAINE | Energie | 1266 | | |
| Edf (Centrale De St Barthelemy) | 97133 SAINT-BARTHELEMY | Energie | 142 | | |
| Edf (Centrale Edf De Saint Martin) | 97150 SAINT-MARTIN | Energie | 130 | | |
| Edf (Centrale Esm St Martin) | 97150 SAINT-MARTIN | Energie | 140 | | |
| Edf (Centrale électrique De Pointe Des CarrièreS) | 97242 FORT-DE-FRANCE | Energie | 782 | | |
| Edf (Centrale Thermique De Lucciana) | 20290 Lucciana | Energie | 504 | | |
| Edf (Centrale Thermique Du Vazzio) | 20090 Ajaccio | Energie | 1106 | | |
| Edf - Jarry Nord | 97122 BAIE-MAHAULT | Energie | 1306 | | |
| Esso Raffinage | 13771 Fos-sur-Mer | Pétrole et gaz | n.d. | | |
| Esso Raffinage (Raffinerie De Port-Jérôme / Gravenchon) | 76330 Notre-Dame-de-Gravenchon | Pétrole et gaz | | 9.1 | |
| Fonderie Beroudiaux | 08500 Revin | Sidérurgie, métallurgie, coke | 350 | | |
| Haganis | 57000 Metz | Déchets et traitements | n.d. | | |
| Isoroy | 70200 Lure | Bois, papier et carton | 237 | | |
| LaminéS Marchands EuropéEns | 59125 Trith-Saint-Léger | Sidérurgie, métallurgie, coke | 763 | | |
| Messier Bugatti Division Carbone Industrie | 69627 Villeurbanne | Mécanique, traitements de surfaces | 39400 | | 8.05 |
| Rhodia Organique - Saint-Fons Chimie | 69192 Saint-Fons | Chimie et parachimie | | 6 | |
| Saint-Gobain Pam (Usine De Pont-A-Mousson Et Fonderie De Blenod) | 54705 Pont-à-Mousson | Sidérurgie, métallurgie, coke | | 183 | |
| Sanofi Synthelabo | 33565 Carbon-Blanc | Chimie et parachimie | | | 25 |
| Sgl Carbon - Usine De Chedde | 74190 Passy | Sidérurgie, métallurgie, coke | 1500 | | |
| Sollac Atlantique Dunkerque | 59760 Grande-Synthe | Sidérurgie, métallurgie, coke | 540 | | |
| Ucar Snc | 73264 Aigueblanche | Sidérurgie, métallurgie, coke | 151 | | |
| Ucar S.N.C | 69631 Vénissieux | Sidérurgie, métallurgie, coke | 1360 | | |
| | | TOTAL | 49927 | 198.1 | 33.05 |

HAP

3.10.2 Rhône-Alpes

Les effluents des 168 entreprises de Rhône-Alpes ont été étudiés [DRIRE Rhône-Alpes, 2001]. Dans ceux-ci le flux de HAP s'élevait à 10 g/j en 1993 et 55 g/j en 1998 (13 établissements en rejetaient).

Tableau 11. Rejets industriels aqueux de HAP en Rhône-Alpes

| Secteurs | Nombre d'établissements | Flux (en g/j) | |
|---|-------------------------|---------------|-------|
| | | 1993 | 1998 |
| Chimie-pétrochimie | 47 | 9 | 53 |
| Traitement de déchets - Régénération des solvants | 5 | - | 0,33 |
| Stations d'épuration | 4 | | 2 |
| Textile | 26 | 1,1 | - |
| Tanneries | 3 | - | 0,02 |
| Total | | 10,1 | 55,35 |

3.10.3 Midi-Pyrénées

Lors d'une campagne de mesures effectuée en 1997 sur 90 établissements industriels de Midi-Pyrénées, il a été mesuré un flux total de HAP de 87,29 g/j, sur 13 établissements. Le ratio PEC/PNEC est supérieur à 1 pour les établissements suivants : Aluminium Péchiney (09), Aluminium Péchiney (65). Le flux journalier est compris entre 100 g et 1 kg pour les établissements suivants : Grande Paroisse (31) et AP Lanemazan (65) [DRIRE Midi-Pyrénées, 1998].

3.10.4 Poitou-Charentes

La DRIRE Poitou-Charentes a publié en 1997 un inventaire des rejets de micropolluants dans 27 établissements industriels de la région. Sur les 30 points de rejet examinés, un seul point est concerné par des rejets de HAP : il s'agit de Leroy Somer à Angoulême, fabricant d'entraînements électromécaniques et électroniques pour l'industrie et fabricant/concepteur d'alternateurs (concentration : 6 µg/l) [DRIRE Poitou-Charentes, 1998].

HAP

3.11 Rejets aqueux diffus

Thornton et al. (2001) ont mesuré des concentrations en HAP, liées à la circulation automobile, dans des eaux de ruissellement urbaines, de l'ordre de 2 à 3 mg/l. Ils ont également cherché à estimer les teneurs en HAP dans les eaux d'assainissement urbaines. Ils donnent pour la France des teneurs de l'ordre de 0,05 à 0,44 µg/l pour les influents et de 0,02 à 0,09 µg/l pour les effluents.

Blanchard et al. (2001) ont étudié les concentrations en HAP dans plusieurs stations d'épuration des eaux de la région parisienne (notamment celle d'Achères) en 1998 et 1999. La présence de HAP semble être majoritairement due aux ruissellements d'eaux urbaines (eux-mêmes chargés en HAP suite aux dépôts polluants des véhicules sur la chaussée) plutôt qu'aux dépôts atmosphériques.

3.12 Rejets par substance

La présence de benzo(b)fluoranthène dans l'environnement est uniquement anthropique, elle résulte de la combustion incomplète d'hydrocarbures ou de charbon. Le raffinage du pétrole, la cokéfaction du charbon et le trafic automobile constituent également des sources d'exposition importantes.

L'indéno(1,2,3-cd)pyrène est présent naturellement dans les combustibles fossiles, les huiles brutes, les huiles de schiste, dans les feuilles de diverses espèces d'arbres (concentrations comprises entre 26 et 234 g/kg) [HSDB, 2000], dans les feuilles de tabac (18 à 38 g/kg) [HSDB, 2000], dans le terreau et le fumier de cheval (respectivement à des concentrations de l'ordre de 5 g/kg et 50 g/kg) [Verschueren, 1996]. Il a d'autre part été détecté dans les algues. (INERIS 2004)

À titre indicatif, Verschueren (1996) cite les teneurs suivantes pour l'indéno(1,2,3-cd)pyrène :

- essence (suivant l'indice d'octane) : 40 g/kg à 2,9 mg/kg ;
- huile moteur (suivant durée d'utilisation) : 0,03 mg/kg à 83 mg/kg ;
- goudron de houille : 8 g/kg ;
- gaz d'échappement de moteurs à essence : 11 à 87 g/m³ ;
- fumées d'incinérateurs d'ordures ménagères : 1,8 pg/m³ après tour de lavage et précipitateur électrostatique, 10 g/kg dans les résidus ;
- condensats d'échappement des moteurs à essence : 268 µg/g, 32 à 86 g/litre d'essence consommé ;
- fumée de cigarette : 4 ng/cigarette. (INERIS 2004)

HAP

3.13 Bilan des rejets et perspectives

3.13.1 Bilan des rejets atmosphériques de HAP

Les émissions de HAP proviennent d'une grande diversité de sources.

Les rejets dans l'environnement sont principalement atmosphériques. Les HAP sont généralement associés à des particules mais peuvent également être présents dans la phase gazeuse. (INERIS 2003)

Bien que les sources présentant la plus grande importance varient selon les pays, les principales sources sont les suivantes :

- produits de préservation du bois (bois traité à la créosote) ;
- combustion incomplète de combustibles fossiles et de biomasse dans le secteur résidentiel (en particulier combustion domestique de bois) ;
- combustion incomplète de combustibles fossiles par les véhicules automobiles (surtout les véhicules diesel) ; les moteurs (particulièrement les moteurs diesels) rejettent des HAP généralement fixées sur les particules carbonées (fumées noires) ; cette pollution est accentuée par un mauvais entretien des véhicules et par l'absence de dispositif antipollution ;
- combustion incomplète de combustibles fossiles et de biomasse dans les autres installations fixes (en particulier les installations petites ou anciennes); incinérateurs d'ordures ménagères ;
- quelques procédés industriels : production de goudron et d'asphalte, production de coke, craquage catalytique du pétrole.

On peut citer d'autres sources comme les matériaux de dragage, les rejets des installations offshore, la navigation et les déversements d'hydrocarbures (surtout pétrole brut) [OSPAR Commission, 2001a].

Bien que principalement anthropiques, les sources d'émission de HAP peuvent aussi être le fait de combustions naturelles (feux de forêt, activités volcaniques) [Palayer et al., 1997].

HAP

Tableau 12. Rejets atmosphériques de HAP en France (en tonnes)
(Source : CITEPA / CORALIE / format SECTEN [Fontelle et al., 2005])

| | 1990 | 1999 | 2003 | |
|---------------------------------|--------|--------|--------|-----|
| | Tonnes | Tonnes | Tonnes | % |
| Transformation énergie | 0.8 | 0.3 | 0.3 | 1 |
| Industrie manufacturière | 0.7 | 0.4 | 0.3 | 1 |
| Résidentiel / tertiaire | 394 | 31 | 30 | 85 |
| Agriculture/sylviculture | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 1 |
| Transport routier | 2.5 | 3.7 | 4.2 | 12 |
| Autres transports ¹⁵ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Autres | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 44 | 36 | 35 | 100 |

En France, d'après le CITEPA, les rejets atmosphériques de HAP sont causés essentiellement par le secteur résidentiel et tertiaire (92 % des émissions nationales en 1999) et, dans une moindre mesure, par le transport routier, l'agriculture et l'industrie manufacturière. Les émissions du secteur résidentiel/tertiaire sont essentiellement dues à la combustion de bois et de charbon.

3.13.2 Bilan des rejets dans les eaux

Les sources principales de présence de HAP dans l'eau semblent être les suivantes :

- les eaux de ruissellement en milieu urbain (par temps de pluie, il s'agit d'une cause majeure de pollution des eaux de surface ; il s'agit notamment du ruissellement sur les voiries, contaminées par la circulation automobile) ;
- les effluents urbains par temps sec ;
- les huiles usagées (pollution diffuse, due à des rejets et des fuites + rejet liquide dans la nature d'environ 40 % des huiles de vidange, soit 50 000 t/an) ;
- les dépôts atmosphériques (en 2003 EMEP estimait que la déposition de benzo(a)pyrène en France s'est élevée à 8 450 kg en 2001, dont 6 500 kg (77 %) en provenance de France) ;
- les marées noires et dégazages.

D'autres sources sont les suivantes :

¹⁵ Selon les définitions de la CEE-NU : les émissions répertoriées hors total ne sont pas incluses, à savoir les émissions maritimes internationales et le trafic aérien au-dessus de 1 000 mètres.

HAP

- les effluents industriels (pratiques à risques : utilisation de produits de pyrolyse comme le goudron de houille, la créosote, le brai et noir de fumée, l'huile anthracénique ; le lavage des gaz de combustion ; le refroidissement des charbons lors de la production de coke) ;
- les canalisations d'eau potable antérieures à 1949 ;
- les activités pétrolières (hors marées noires), telles que l'extraction, les pertes naturelles des gisements de pétrole et le raffinage [Palayer et al., 1997].

Un bilan de campagnes de mesures nationales dans des rejets industriels a mis en évidence que les rejets dans l'eau de HAP seraient plus le fait des secteurs de la chimie (hors pharmacie et phytosanitaires) et dans une moindre mesure des textiles. (MEDD, 2005)

3.13.3 Évolution des rejets

Les émissions industrielles et commerciales de HAP devraient avoir beaucoup baissé en 2010. Des changements dans les produits demandés, notamment en ce qui concerne la préservation du bois, les toitures, le pavement des routes devraient réduire les émissions de HAP de ces activités à des niveaux insignifiants. La seule exception est le secteur des cokeries. Même en mettant en place les MTD, les émissions devraient rester significatives. D'après Holland (2001), il semble irréaliste d'envisager des réductions des émissions significatives au-delà des MTD, à moins de fermer des usines [Holland et al., 2001].

3.14 Présence dans l'environnement

La multiplicité des sources fait que les HAP sont présents dans l'air, dans l'eau et dans les sols.

3.14.1 Présence dans les eaux

La présence de HAP dans les eaux de surface provient notamment du dépôt de particules en suspension dans l'atmosphère, des rejets de lixiviation des aires de stockage de charbon, des effluents des usines de traitement du bois et autres industries, de l'utilisation de composts et de fertilisants. (INERIS 2003)

Dans l'eau, les HAP sont généralement présents à l'état de 'traces', c'est-à-dire à des niveaux de concentration allant du ng.l^{-1} à quelques dizaines de $\mu\text{g.l}^{-1}$ [Palayer et al., 1997].

Le caractère lipophile des HAP se traduit par une tendance à se fixer sur les fractions organiques des matières en suspension (MES) et sédiments. Cela explique que la présence des HAP est très marquée sur les MES alors qu'elle n'est pas visible dans la phase aqueuse. [Remillon, 2003]

HAP

3.14.1.1 Bassin Adour-Garonne

L'agence de l'eau Adour-Garonne a publié en 1997 un rapport de synthèse des campagnes de mesure effectuées entre 1992 et 1996 [Agence de l'eau Adour-Garonne, 1997]. Plusieurs stations sont contaminées, tant pour les sédiments que pour les matières en suspension (sur la Charente, sur la Dordogne, sur le Lot et sur la Garonne à l'aval de sa confluence avec le Lot). Sur ces stations, la contamination est durable avec un risque probable d'effets écotoxiques (valeurs supérieures à 9 µg/kg de poids sec dans les sédiments).

La station la plus contaminée, pour les sédiments comme pour les MES est sur le Lot : on y a mesuré dans les sédiments des valeurs supérieures à 1 000 µg/kg de poids sec en 1996 pour cinq HAP sur six recherchés, dont le benzo(a)pyrène. L'origine des HAP sur le Lot pourrait être liée à des apports anciens dus à l'activité passée de la fonderie de Fumel (eau de lavage des gaz de fumée). Les HAP peuvent avoir été stockés dans les sédiments du Lot et constituer une pollution rémanente malgré l'arrêt de l'activité industrielle.

Les fortes teneurs mesurées sur la Charente à l'aval d'Angoulême pourraient être liées aux activités industrielles très présentes dans cette agglomération.

3.14.1.2 Loire-Bretagne

Dans le bassin Loire-Bretagne, les concentrations en micropolluants organiques autres que les pesticides sont souvent associées aux agglomérations et à des sources de contamination multiples comme certaines industries ou des activités de combustion et d'incinération : c'est le cas du benzo(a)pyrène dans l'Indre, le Loir et la Mayenne [RNDE, 1999].

3.14.1.3 Rhin-Meuse

Dans le bassin Rhin-Meuse, les fortes contaminations en micropolluants organiques sont liées pour l'essentiel aux HAP et aux PCB. Ces substances sont détectées de manière quasi systématique dans les matières en suspension, confirmant le caractère ubiquitaire de ces polluants. Les fortes contaminations en HAP observées correspondent aux principaux apports connus, ponctuels (certaines activités industrielles) ou semi-diffus (zones urbanisées) [RNDE, 1999].

Dans le bassin Rhin-Meuse, pour la concentration en fluoranthène dans les matières en suspension, des dépassements significatifs du seuil retenu ont été mesurés, en particulier dans le bassin houiller [Remillon, 2003].

Pour les HAP en général, dans la phase aqueuse les valeurs sont généralement inférieures au seuil de détection. En revanche une forte présence des HAP a été constatée dans les matières en suspension [Remillon, 2003].

HAP

D'après Rémillon (2003), la famille des HAP est fortement produite dans le bassin, ce qui a plusieurs raisons :

- la présence d'industries chimique, pétrochimique et sidérurgique est à l'origine d'émissions significatives ;
- la forte pression du trafic automobile provoque des émissions atmosphériques qui se déposent ensuite sur les sols et les surfaces en eau. [Remillon, 2003]

3.14.1.4 Rhône-Méditerranée-Corse

D'après l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, les HAP sont la principale source de déclassement des cours d'eau sur le bassin.

3.14.1.5 Seine-Normandie

Les HAP sont omniprésents sur l'ensemble du bassin Seine-Normandie notamment aux environs des grandes agglomérations urbaines, par exemple la région parisienne, l'Eure à l'aval de Chartres, le Loing à Montargis, la Vesle à l'aval de Reims ou encore les secteurs de Saint-Lô et Caen [RNDE, 1999]. Les analyses effectuées, entre 1991 et 1995, sur des sédiments du bassin ont permis d'observer des fréquences de détection variant pour les six HAP de la norme AFNOR de 33 % à 87 % [Palayer et al., 1997].

Des mesures, effectuées en 1996 sur les boues de 15 stations d'épuration du bassin Seine-Normandie (AESN, lab. Rouen 1996), ont permis de détecter (dans 100 % des cas) la présence des six HAP de la norme AFNOR. [Palayer et al., 1997]

La contamination de l'estuaire et de la baie de Seine par les HAP a été mise en évidence dans les compartiments dissous et particulaire, à des niveaux de concentrations élevés qui dépassent les critères d'évaluation écotoxicologiques fixés par OSPAR, et qui placent l'estuaire de la Seine parmi les sites les plus contaminés en Europe. Les zones urbaines, industrielles et portuaires de l'estuaire de l'estuaire amont sont à l'origine d'apports internes au système estuarien. Les empreintes caractéristiques des résidus de diesel, et celles classiques de processus de combustion à hautes températures ont été clairement identifiées [Tronczynski J. et al., 1999]

HAP

3.14.2 Présence dans les boues de station d'épuration

D'après (Feix, 1995) cité par (Bernal, 2005), la teneur moyenne des boues de 40 stations d'épuration était en moyenne la suivante pour les principaux HAP :

| Composé | Teneur moyenne dans les boues (mg/kg de Matière Sèche) |
|---------------------------------|--|
| <i>Naphtalène</i> | 11 |
| <i>Acénaphthylène</i> | Traces |
| <i>Anthracène</i> | 4,3 |
| <i>Phénantrène</i> | 4,6 |
| <i>Fluoranthène</i> | 2,8 |
| <i>Fluorène</i> | 2 |
| <i>Pyrène</i> | 3,1 |
| <i>Chrysène</i> | 1,8 |
| <i>Benzo(a)anthracène</i> | Traces |
| <i>Di Benzo(a)anthracène</i> | Traces |
| <i>Indénol (1,2,3,cd)pyrène</i> | 1,3 |
| <i>Benzo(b)fluoranthène</i> | 2 |
| <i>Benzo(k)fluoranthène</i> | 1,8 |
| <i>Benzo(a)pyrène</i> | 4,2 |
| <i>Benzo(ghi)pérylène</i> | 0,73 |

Ces composés sont pour les 8 premiers d'entr eux, presque totalement abattus dans les eaux usées par les stations d'épuration, et sont en très grande partie transférés dans les boues (sauf naphtalène).

HAP

3.14.3 Présence dans les sols

La base de données BASOL du Ministère chargé de l'Environnement recense 1 460 sites pollués qui sont actuellement en cours d'évaluation ou de travaux de réhabilitation (c'est-à-dire des sites dont la pollution est avérée et a entraîné l'engagement d'actions de la part des responsables). Sur ces sites, 185, soit 13 %, sont pollués notamment à cause de la présence de HAP dans les eaux superficielles et/ou souterraines. À ces sites s'en ajoutent 19 qui sont toujours en activité et qui doivent faire l'objet d'un diagnostic.

Tableau 13. Sites pollués, eaux superficielles et/ou souterraines polluées par les HAP
(Source : BASOL¹⁶)

| Origine de la pollution | Nombre de sites | % |
|--|-----------------|--------|
| <i>Cokerie</i> | 18 | 8,87 |
| <i>Raffinerie, usines à gaz, goudrons</i> | 27 | 13,30 |
| <i>Dépôts d'hydrocarbures et stations services</i> | 34 | 16,75 |
| Total hydrocarbures | 79 | 38,92 |
| Métaux | 40 | 19,70 |
| Déchets | 21 | 10,34 |
| Chimie | 20 | 9,85 |
| Peintures, teintures, cuir, traitement de surface | 13 | 6,40 |
| Bois | 9 | 4,43 |
| Autres | 21 | 10,34 |
| Total | 196 | 100,00 |

Les pollutions sont majoritairement causées par des activités liées aux hydrocarbures, traitement ou dépôts (presque 40 %), et aux métaux (20 %).

3.14.4 Présence dans l'atmosphère

De 2001 à 2003, un programme pilote national de surveillance des HAP a été réalisé en France. Les principales conclusions en ont été les suivantes : (INERIS, 2004) :

¹⁶ Consultation de la base de données le 11 juin 2004.

HAP

- La valeur cible préconisée par la directive fille pour le B(a)P (1 ng/m³) n'est dépassée que très légèrement et sur un nombre très limité de sites.
- L'étude des concentrations obtenues pour les HAP totaux montre des valeurs de l'ordre de 80 ng/m³ l'hiver et de 25 ng/m³ durant l'été.
- Les résultats semblent montrer, que pour les sites choisis dans ce programme pilote, et pour toutes les saisons confondues, les plus fortes concentrations des HAP totaux sont observées pour les sites trafic suivies des sites urbains, et que les plus faibles concentrations sont obtenues pour les sites industriels.

3.15 Conclusion sur les rejets

Les HAP sont synthétisés lors de la formation des énergies fossiles (pétrole, charbon) ou bien lors de la combustion incomplète de matières organiques (chauffage au fuel, feux de forêts, etc.). Ils sont donc rejetés dans l'environnement soit à partir de produits dérivés de combustibles fossiles (goudron, coke, créosote, dérivés du pétrole, etc.), soit suite à des combustions incomplètes.

Les rejets atmosphériques en France sont essentiellement dus à la combustion de bois et de charbon dans les secteurs résidentiel et tertiaire. D'autres rejets importants sont dus au transport automobile (surtout diesel) et à l'industrie (raffineries, dépôts d'hydrocarbures, cokerie et métallurgie, traitement des déchets, industrie du caoutchouc, chimie, etc.).

La présence dans les eaux est en grande partie provoquée par les mêmes sources, par le biais du ruissellement d'eaux en provenance de zones urbaines ou industrielles ou par celui de dépôts atmosphériques. D'autres sources de présence dans les eaux sont les rejets industriels directement dans les eaux, les huiles usagées, l'industrie du pétrole et ses à-côtés (fonctionnement normal de l'industrie mais également marée noire et dégazages) et le traitement du bois à partir de produits dérivés de combustibles fossiles (créosote).

Ces sources nombreuses et variées sont à l'origine d'une présence assez importante de HAP dans l'environnement, à la fois dans les eaux (surtout dans les sédiments et les matières en suspension) et dans les sols.

HAP

4 POSSIBILITES DE REDUCTION DES REJETS

L'objectif de rejets anthropiques¹⁷ nuls semble extrêmement difficile à atteindre, au moins à court terme à cause de l'omniprésence et de l'importance des rejets. Les rejets atmosphériques liés au transport automobile ou au chauffage urbain semblent particulièrement difficiles à réduire significativement.

Une étude menée dans la région du Rhin en France a toutefois montré que le contrôle des polluants organiques des sources ponctuelles a été efficace pour réduire les niveaux de concentration : entre 1985 et 1996, la pollution en HAP et en polychlorobiphényles (PCB) a diminué de plus de 90 % [Thornton et al., 2001].

4.1 Produits de substitution pour les pneumatiques

L'industrie pétrolière et celle du caoutchouc cherchent des substituts aux HAP dans les pneumatiques. D'après les compagnies pétrolières, il existe principalement deux huiles alternatives possibles : les MES (Mild Extract Solvate) et les TDAE (Treated Distillate Aromatic Extracts). Il n'est pas encore certain qu'ils puissent servir de substituts complets : d'une part la question de leur disponibilité se pose ; d'autre part il n'est pas certain qu'ils permettent d'atteindre les mêmes qualités en termes d'adhérence au sol.

Les membres de l'Association européenne de l'industrie du caoutchouc (BLIC) font des essais depuis 1996 avec des huiles sans HAP. Ils utilisent maintenant des huiles sans HAP pour plusieurs segments de marché (principalement les pneus de camion et les pneus neige pour voitures).

Les producteurs européens de pneus ont annoncé publiquement en juin 2003 qu'ils adoptaient 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 sera pas achevée avant décembre 2009. [BLIC, 2004]

4.2 Réduction des émissions liées à l'utilisation de créosote

L'OSPAR (2001b) propose un certain nombre de mesures pour empêcher les émissions de HAP du bois traité à la créosote:

- restrictions imposées à l'utilisation du bois traité à la créosote, remplacement du bois traité à la créosote par d'autres matériaux, etc. ;
- interdiction du bois traité à la créosote dans les constructions en contact avec des eaux de surface et avec des eaux phréatiques ;
- utilisation de mélanges modifiés à la créosote ;

¹⁷ L'objectif de rejets totaux nuls semble impossible, à cause de rejets naturels : feux de forêts et de végétation, diagenèse de la matière organique dans les sédiments.

HAP

- contrôle de la qualité (par exemple, tests de lessivage) des matériaux traités à la créosote ;
- manutention des matériaux traités à la créosote et des déchets correspondants dans les conditions voulues (stockage dans des lieux secs, etc).

Remplacer le bois traditionnellement traité à la créosote par du bois traité avec des mélanges modérés contribuera à réduire les émissions de HAP mais le remplacement par du bois traité avec un mélange protecteur au Cu-Cr-As n'est peut-être pas nécessairement bénéfique du point de vue de l'environnement.

L'enregistrement des volumes annuels de créosote achetés aux fins de la préservation du bois, ou l'enregistrement des volumes annuels des ventes de bois traité à la créosote pourrait peut-être être utile à la surveillance de l'efficacité des mesures de réduction des émissions de HAP. [OSPAR, 2001b]

Pour les déchets de bois traités à la créosote, le moyen le plus efficace de s'en débarrasser est sans doute la pyrolyse.

Un traitement associant une molécule de substitution d'origine végétale (anhydride succinique d'alkénoate de méthyle) et un traitement en autoclave est efficace pour des bois n'étant pas en contact avec le sol. Par contre, des recherches (projet en cours cofinancé par l'UE) sur le procédé sont encore nécessaires pour qu'il soit éventuellement efficace sur les bois en contact avec le sol (poteaux, traverses,...) (www.surfasam.com)

4.3 Goudron

Il existe des substituts au goudron pour fabriquer des enrobés bitumineux routiers. En Suisse ou aux Pays-Bas notamment, l'usage du goudron n'a plus cours [Brazillet, 2001].

4.4 Pollution automobile

La lutte contre les émissions de HAP par les véhicules automobiles est très liée à la réduction des émissions de polluants atmosphériques de ce secteur plus généralement (NO_x, COV, SO₂, CO, PM). Les mesures envisageables sont donc les mêmes que pour d'autres politiques visant les émissions du transport routier. Il peut s'agir de réduction des émissions unitaires des véhicules (carburants alternatifs, promotion des véhicules répondant à des normes Euro plus sévères, amélioration de l'efficacité énergétique, réduction du poids des véhicules) ou de mesures de réduction du nombre de véhicules.kilomètres (incitation au transfert modal, taxation de l'usage de la route, etc.). Ces mesures sont déjà étudiées dans d'autres cadres : mise en place de la directive Plafonds nationaux d'émission, Plans de déplacements urbains (PDU), Plans régionaux de la qualité de l'air (PRQA), Plan national santé environnement (PNSE), etc.

HAP

4.5 Chauffage domestique

Pour réduire les émissions de HAP provenant de la combustion domestique, il est possible de modifier quatre éléments [voir notamment OSPAR, 2001c] :

- Les appareils de combustion.
 - La taille (rendement nominal) des appareils de combustion doit impérativement correspondre à l'essentiel des besoins de production d'énergie, quoique les petits appareils de chauffage ménagers brûlant du combustible minéral conservent leur efficacité sur un large éventail de rendements.
 - Remplacement des vieux appareils de combustion par des appareils neufs à la combustion plus efficace.
 - Installation de réservoirs accumulateurs aux vieilles chaudières de manière à augmenter le rendement de la combustion.
 - Remplacement des appareils brûlant du bois ou du charbon par des appareils fonctionnant au mazout ou au gaz ou par d'autres dispositifs de production d'énergie, tels que des capteurs solaires.
- Le combustible.
 - Utilisation de combustible propre et sec (pas de brûlage de bois traité ou d'ordures ménagères). Du bois humide ou contenant des moisissures requiert plus d'énergie : la combustion perd environ 1 % en efficacité (à cause de l'énergie perdue à cause de l'évaporation) pour chaque 10 % de moisissure contenue dans le bois (Holland et al., 2001).
 - Utilisation d'un combustible d'une qualité et d'une taille homogène.
 - Changement de combustible, passage au fioul, au gaz, etc.
- Le fonctionnement et l'entretien de la combustion des appareils.
 - Allumage rapide de l'appareil.
 - Chargement fréquent en combustible pour maintenir le rendement à son maximum.
 - Éviter de charger insuffisamment et de trop charger.
 - Aspiration de l'air réglé pour obtenir des conditions optimales à la combustion.
 - Nettoyage régulier de la cendre pour améliorer le flux d'air.
 - Éteindre le feu au lieu de le laisser mourir.
 - Ramonage régulier des cheminées et entretien/nettoyage régulier de l'appareil.
 - Dépôt en lieu sûr de la suie et de la cendre volante.

HAP

- Meilleure isolation thermique des locaux à chauffer.

Il est possible de réduire de 45 % les émissions de HAP en utilisant un poêle optimisé par rapport à un poêle ordinaire. Cette optimisation peut jouer sur l'isolation thermique pour permettre au poêle d'atteindre rapidement sa température optimale de fonctionnement, sur les quantités d'air en jeu, etc. [Holland et al., 2001]

Des techniques plus avancées permettent de réduire encore davantage les émissions de HAP : certaines installations de combustion de bois gèrent automatiquement l'arrivée de combustibles, sous la forme de granules de bois. Ces technologies risquent toutefois de pénétrer le marché lentement, si elles le pénètrent [Holland et al., 2001].

Administrativement les mesures envisageables sont les suivantes :

- Information et sensibilisation des populations (bonnes pratiques).
- Incitations fiscales ou autres à la mise en place d'installations plus performantes (subventions aux appareils de chauffage certifiés, accord négocié avec les fabricants ou les importateurs, etc.).
- Interdiction de la combustion domestique, tout particulièrement dans les zones fortement polluées et peuplées (par exemple création de zones de contrôle des fumées, dans lesquelles seuls des combustibles et des appareils n'émettant pas de fumée, conformes à certaines normes, peuvent être utilisés).

Le monoxyde de carbone (CO) est un indicateur de l'efficacité de la combustion et est aussi un paramètre des processus de combustion. Les réglementations nationales du Danemark, de l'Allemagne, de la Norvège et de la Suède comportent des dispositions différentes, interdisant le brûlage de certains matériaux ou indiquant des plafonds d'émission de CO, de particules ou de carbone organique à l'état gazeux en fonction de diverses unités, par exemple de combustible consommé ou de gaz émis.

La pénétration des nouveaux poêles en 2010 devraient atteindre 20 et 60 % dans l'Europe des 21 [Holland et al., 2001].

4.6 Limitation des rejets industriels

4.6.1.1 Techniques de traitement dans les effluents aqueux industriels (et urbains)

Un traitement épuratoire des rejets aqueux met généralement en jeu trois processus majeurs d'élimination des polluants organiques, dont les HAP (Marchand, 1989) :

HAP

- l'élimination par adsorption sur les matières en suspension (MES) au stade de la décantation primaire et sur les boues activées ;
- l'élimination par entraînement gazeux durant l'aération prolongée du traitement biologique secondaire ;
- l'élimination par dégradation bactérienne durant le traitement biologique secondaire.

Compte tenu du fait qu'en milieu aqueux les HAP présentent une très forte affinité pour les MES, il est possible de calquer leur taux d'abattement sur celui des MES.

Pour les MES, la simple décantation primaire permet un taux d'abattement moyen d'environ 50 %. Les rendements d'épuration les plus importants (98 %) sont observés dans les stations pratiquant un traitement biologique secondaire.

D'après le Royal Haskoning (2003b), les meilleures techniques disponibles pour éliminer les HAP des eaux usées sont les suivantes :

- séparation de l'huile et de l'eau avec un cyclone, de la micro filtration ou un séparateur API (American Petroleum Institute), lorsque l'on peut s'attendre à de grandes quantités de pétrole libre ou d'hydrocarbures ; sinon on peut utiliser comme alternative l'intercepteur à plaques parallèles et l'intercepteur à plaque ondulée ;
- micro filtration, media filtration granulaire ou flottaison des gaz ;
- traitement biologique.

Pour le traitement de l'eau destinée à la consommation humaine, les techniques de clarification sont efficaces mais pas toujours suffisantes. Les HAP résiduels sont alors éliminés par les procédés suivants :

- l'ozonation (conditions habituelles d'utilisation : de 1 à 4 mg/l pour un temps de contact allant de 4 à 10 mn) ;
- l'adsorption sur charbon actif en poudre (CAP) ou en grain (CAG) ;
- les procédés d'oxydation avancée. [Agence de l'eau Loire-Bretagne, 1996 ; in Palayer et al., 1997]

4.6.2 Production de coke

Le BREF concernant la production sidérurgique (2001) décrit les MTD pour éliminer les HAP des eaux usées.

Un traitement biologique des eaux résiduaires avec nitrification/dénitrification intégrées permet notamment d'obtenir des rejets de HAP (6 Borneff) inférieurs à 0,05 mg/l (concentration basée sur un débit spécifique d'eaux résiduaires de 0,4 m³/t de coke).

HAP

Lorsque les eaux rejetées contiennent du goudron, cela peut poser des problèmes au niveau du traitement biologique des eaux usées. En particulier la présence de HAP dans le goudron peut poser problème dans la mesure où les HAP peuvent avoir un effet toxique sur les micro-organismes dans la boue activée et sont relativement difficiles à dégrader. Il est donc conseillé de retirer le goudron des eaux usées avant le traitement biologique de l'eau. Il peut être retiré grâce à l'ajout de produits chimiques coagulants puis par la séparation des précipités au moyen d'une des techniques suivantes :

- sédimentation gravitationnelle suivie d'une filtration ;
- centrifugation des eaux de charbon suivie par une filtration ;
- flottaison suivie par une filtration.

Un tel traitement permet de retirer l'essentiel du goudron des eaux usées. [BREF sidérurgie, 2001]

Un autre moyen de retirer le goudron est d'utiliser un filtre tambour rotatif sous vide recouvert de poudre de bois. Ce système permet de diminuer la concentration en HAP avant le traitement biologique. Cependant le filtre à poudre de bois a été remplacé en 1998 par une filtration dans le sable qui atteint le même taux d'élimination des HAP. [BREF sidérurgie, 2001]

D'après Holland (2001), même en appliquant les MTD, les cokeries continueraient à émettre des quantités significatives de benzo(a)pyrène. On ne connaît malheureusement pas de techniques plus performantes que les MTD pour limiter les émissions de HAP des cokeries.

Les autres solutions théoriquement envisageables sont :

- de délocaliser la production de coke (dans des zones faiblement peuplées) [c'est surtout valable pour éviter trop de rejets atmosphériques près des habitations, éviter des points chauds ; pour les rejets dans l'eau c'est sans doute moins pertinent] ;
- d'interdire la production de coke et d'en importer [Holland et al., 2001], ce qui n'est pas une solution réellement acceptable d'un point de vue économique.
- Bref, il ne semble actuellement pas exister de solution simple au problème de la pollution en HAP par les cokeries.

HAP

5 ASPECTS ECONOMIQUES

5.1 Éléments sur certains secteurs économiques concernés

5.1.1 Production et utilisation de crésote en France

En France, seule l'entreprise VFT France¹⁸ (filiale de Rütgers VFT) vend de la crésote. Une usine à Forbach¹⁹, qui en vendait également, semble avoir fermé. La Société Technique de Découpe ALPI S.A.²⁰ semble utiliser de la crésote (Source : Kompas UK).

On compte aujourd'hui au maximum une dizaine d'autoclaves d'imprégnation de bois à la crésote en France.

5.1.2 Les cokeries et l'industrie sidérurgique en France

5.1.2.1 Production de coke en France

Il existe, semble-t-il, actuellement cinq cokeries en France.

En France, les cokeries minières appartiennent à Charbonnages de France. Cette entreprise en possédait encore deux en 2002 : Drocourt, fermée en mars 2002 et Carling (en Alsace), qui doit fermer mi-2005. Le groupe a prévu d'avoir cessé toute opération fin 2007. En 2002 le groupe a produit 961 kt de coke (dont 927 à Carling), contre 1 341 kt en 2001.

Les autres cokeries françaises sont une cokerie indépendante et trois cokeries sidérurgiques.

Tableau 14. Cokeries en France

| Entreprise | Ville | Production |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Charbonnages de France | Carling (57) | 927 kt en 2002 ²¹ |
| Sollac Méditerranée (groupe Arcelor) | Fos-sur-Mer (13) | 1 500 kt/an |
| Sollac Atlantique (groupe Arcelor) | Dunkerque (59) | |
| Saint-Gobain | Pont-à-Mousson (54) | |
| Sollac Lorraine (groupe Arcelor) | Seremange (57) | 600 kt de capacité de production |

¹⁸ Immeuble Le Nerval / Parc d'activité du bord des eaux / BP3 / 62251 Henin Beaumont Cedex / 03 21 08 19 80.

¹⁹ Route de Marienau / 57600 Forbach / 03 87 84 99 01.

²⁰ 'GVio - Parc du Mandinet' / 1-3, Rue des Campanules / 77185 LOGNES / Tél. : 01 64 27 60 84 / Fax : 01 64 67 79 59 ; 03 23 66 57 96.

²¹ Arrêt des activités en 2005.

HAP

5.1.2.2 Industrie sidérurgique

Arcelor est le premier producteur mondial d'acier (44 Mt d'acier produit en 2003). La France est le 11^{ème} pays producteur d'acier (19,8 Mt d'acier produit en 2003 et 1,8 Mt d'exportations nettes) et le 5^{ème} producteur européen, derrière la Russie, l'Allemagne, l'Ukraine et l'Italie. La France emploie 37 000 personnes en 2003 dans l'industrie sidérurgique (contre 105 000 en 1980) (International iron & steel Institute, 2004).

5.1.3 Goudron

Actuellement, le seul fabricant de goudron de houille en France est HGD (Houille Goudron et Dérivés). Il s'agit d'une concentration des groupes Elf Atochem S.A. et Rütgers Vft S.A depuis juillet 1994. Les unités de production sont essentiellement localisées à Marienau (57). La production de goudron de houille de cette société n'est pas remise en question par la fermeture définitive des mines à l'échéance 2005. Elle est principalement destinée au marché des électrodes. Sur l'ensemble de la production annuelle 2001, seulement 30 000 tonnes ont été orientées vers le marché de la construction routière. Les goudrons et brais de houille participent alors à la fabrication d'enrobés spéciaux, protection anti-kérosène, et à l'élaboration de fluxant.

5.2 Éléments de coûts pour certains moyens de réduire les émissions

5.2.1 Combustion domestique

D'après l'expérience du TNO-MEP, le coût supplémentaire dû à l'optimisation d'un poêle est de l'ordre de 10 à 15 %. En considérant un coût de production moyen de 500 €, cela représente un coût supplémentaire de 70 € par poêle. Cela n'entraîne a priori pas d'augmentation des coûts de maintenance ou des consommations d'énergie [Holland et al., 2001].

Remplacer les cheminées ouvertes par des poêles coûte environ 500 € par poêle [Holland et al., 2001].

5.2.2 Pollution automobile

Les émissions unitaires de polluants atmosphériques du transport routier ont été beaucoup réduites depuis plusieurs décennies. Les réduire davantage, notamment celles de HAP, atteint des coûts à la quantité de polluant non émis très élevés. Il est de ce fait nécessaire d'étudier les politiques de réduction supplémentaires dans un cadre multi-polluants, mêlant de préférence pollution atmosphérique et effet de serre [Brignon et al., 2002].

HAP

6 CONCLUSION

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques, ou HAP, sont synthétisés lors de la formation des énergies fossiles (pétrole, charbon) ou bien lors de la combustion incomplète de matières organiques (chauffage au fuel, feux de forêts, etc.). Ils sont donc rejetés dans l'environnement soit à partir de produits dérivés de combustibles fossiles (goudron, coke, créosotes utilisées pour la préservation du bois, dérivés du pétrole, etc.), soit suite à des combustions incomplètes.

Les rejets atmosphériques en France sont essentiellement dus à la combustion de bois et de charbon dans les secteurs résidentiel et tertiaire. D'autres rejets importants sont dus au transport automobile (surtout diesel) et à l'industrie (raffineries, dépôts d'hydrocarbures, cokerie et métallurgie, traitement des déchets, industrie du caoutchouc, chimie, etc.).

La présence dans les eaux est en grande partie provoquée par les mêmes sources, par le biais du ruissellement d'eaux en provenance de zones urbaines ou industrielles ou par celui de dépôts atmosphériques. D'autres sources de présence dans les eaux sont les rejets industriels directement dans les eaux, l'épandage de boues de stations d'épuration, les huiles usagées, l'industrie du pétrole et ses à-côtés (fonctionnement normal de l'industrie mais également marée noire et dégazages) et le traitement du bois à partir de produits dérivés de combustibles fossiles (créosote).

Ces sources nombreuses et variées sont à l'origine d'une présence assez importante de HAP dans l'environnement, à la fois dans les eaux (surtout dans les sédiments et les matières en suspension) et dans les sols.

L'objectif de rejets anthropiques nuls semble extrêmement difficile à atteindre, au moins à court terme, notamment à cause de l'omniprésence et de l'importance des rejets. Les rejets atmosphériques liés au transport automobile ou au chauffage urbain semblent ainsi particulièrement difficiles à réduire. En outre les cokeries, même si elles appliquaient les meilleures techniques disponibles actuelles, resteraient significativement émettrices de HAP.

HAP

7 REFERENCES

7.1 Organismes et entreprises interrogés

Fédération des chambres syndicales des minerais, minéraux industriels et métaux non ferreux.

Centre technique du bois et de l'ameublement (Philippe Marchal, Gérard de Roubaix)

SFP (Syndicat de la préservation du bois).

France Peintures.

EDF.

SNCF.

7.2 Bibliographie

7.2.1.1 Législation européenne

Directive 96/61/CE du Conseil du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution.

Directive 2000/76/CE du Parlement européen et du Conseil du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets.

Directive 1999/31/CE du Conseil du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets.

Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Directive n° 2001/90/CE de la Commission du 26 octobre 2001 portant septième adaptation au progrès technique (créosote) de l'annexe I de la directive 76/769/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses.

Directive 98/8/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides.

HAP

Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil relative aux restrictions à la commercialisation et à l'utilisation de certains hydrocarbures aromatiques polynucléaires contenus dans les huiles de dilution et les pneumatiques (vingt-septième modification de la directive 76/769/CEE du Conseil), COM(2004) 98 final, 13 février 2004.

7.3 Autres

Agence de l'eau Adour-Garonne (1997). Les micropolluants organiques et métalliques dans le bassin Adour-Garonne - Rapport de synthèse des campagnes de mesures 1992 à 1996. Agence de l'eau Adour-Garonne, Conseil régional d'Aquitaine, conseil régional Midi-Pyrénées.

Bernal A., 2005, Elimination des hydrocarbures aromatiques polycycliques présents dans les boues d'épuration par couplage ozonation - digestion anaérobie, Thèse INRA/Université de Montpellier II

Blanchard, M., Teil, M.J., Ollivon, D., Garban, B., Chestérikoff, C., Chevreuil, M. (2001). Origin and distribution of polyaromatic hydrocarbons and polychlorobiphenyls in urban effluents to wastewater treatment plants of the Paris area (France). *Water Resources*, Vol. 35, No. 15, pp. 3679-3687.

BLIC (2004). Replacement of highly aromatic oils in tyres - Frequently asked questions. European Association of the Rubber Industry.

Braunschweiler, H. (1996). Kreosottiöljy puunsuojakemikaalina. Arvio ympäristövaikutu-ksia. Finnish Environment Institute. Cité dans : OSPAR, 2001b.

Brazillet, C., Domas, J. (2001). Caractérisation des déchets - Le goudron dans les déchets du réseau routier : Étude bibliographique, méthodes de caractérisation rapides. INERIS.

Brignon, J.M., Soleille, S. (2002). Préparation de la mise en œuvre de la directive 2001/81/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2001 fixant des plafonds d'émission nationaux pour certains polluants atmosphériques - Étude de mesures économiques et structurelles pour réduire les émissions de NO_x, SO₂, COV et NH₃. INERIS, Rapport d'étude DRC - 02 - 25587 / rapport_optinec_f.doc.

Collet, S. (2000). Facteurs d'émission - Émissions de dioxines, de furanes et d'autres polluants liées à la combustion de bois naturels et adjuvantés. INERIS, Rapport d'étude DRC-n°00/60-MAPA-SCo-25420.

Commission of the European Communities (2004). The market for solid fuels in the Community in 2002 and 2003. Commission of the European Communities, Commission staff working paper.

Corden, C. (2000). Socio-Economic Impacts of the Identification of Priority Hazardous Substances under the Water Framework Directive. Risk & Policy Analysts Limited, Prepared for European Commission, Directorate-General Environment.

HAP

CSTEE (2003). Opinion of the Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE) on "Questions to the CSTEE relating to scientific evidence of risk to health and the environment from polycyclic aromatic hydrocarbons in extender oils and tyres". European Commission, C7/GF/csteeop/PAHs/12-131103 D(03).

GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) (1995). Manuel sur l'environnement - Documentation pour l'étude et l'évaluation des effets sur l'environnement. Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ).

DRIRE Midi-Pyrénées (1998). Résultats de la campagne de mesures des 132 substances toxiques dans les rejets aqueux des principaux industriels de Midi-Pyrénées. Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement Midi-Pyrénées, Division environnement industriel.

DRIRE Poitou-Charentes (1998). Inventaire des rejets de micropolluants dans 27 établissements industriels de la région Poitou-Charentes (février 1996- août 1998) - Enquête 132 substances. DRIRE Poitou-Charentes.

DRIRE Rhône-Alpes (2001). 2^{ème} inventaire des rejets de micropolluants dans 168 établissements industriels de la région Rhône-Alpes. Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement Rhône-Alpes, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement.

EMEP (2003). Transboundary pollution by HM and POPs. EMEP, MSC-E Note 6/2003.

European Commission (2001). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries.

European Commission (2001). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel.

European Commission (2003). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries.

European Commission (1996). Study on the Technical and Economical aspects of Measures to Reduce the Pollution from the Industrial Emissions of Cokeries. CEC Study Contract B6612-90-692900. ISBN 92-827-5517-7. Cité dans : Royal Haskoning, 2003a.

Fontelle, J.P. et al. (2001). Inventaire des émissions dans l'air en France (format SECTEN). CITEPA.

Gevao, B., Jones, K.C. (1998). Kinetics and potential significance of polycyclic aromatic hydrocarbon desorption from creosote-treated wood. *Environmental Science & Technology*. 32 (5), 640-646.

Gosselin, C. (2000). Extraction de produits aromatiques des goudrons de houille. *Techniques de l'Ingénieur*. Vol. JP, pp 1-10.

HAP

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.

HSDB, (Hazardous Substances Data Bank)

Hugener, M., Deschwanden, H., Bühler (1999). Le recyclage conforme aux exigences de l'environnement des revêtements routiers contenant du goudron, EMPE, IMP, ERTEC S.A.

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.

INERIS (2004), Bilan du Programme pilote national de surveillance des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), Eva LEOZ, 01/11/2004, MEDD

International Iron and Steel Institute (2004). Steel Statistical Yearbook 2003. International Iron and Steel Institute, Committee on Economic Studies.

Le Calvez, J.P. (1999). Étude sur les poteaux bois. INERIS, rapport d'étude n° INERIS-1999-DVF-JLe/JLe-22700/R01 ; effectué pour France Télécom, Direction des relations extérieures, Délégation à l'environnement.

MEDD, Action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans l'eau par les installations classées et autres installations Premiers résultats Années 2003 - 2004, septembre 2005, rapport établi par l'INERIS.

OSPAR Commission (2001a). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). OSPAR Commission, OSPAR Priority Substances Series.

OSPAR Commission (2001b). Best Environmental Practice for the Prevention or Reduction of Releases of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) from the Use of Creosote Treated Timber. OSPAR Commission, Best Available Techniques (BAT) and Best Environmental Practice (BEP) Series.

OSPAR Commission (2001c). Best Environmental Practice for the Reduction or Prevention of Emissions of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) from Domestic Combustion Appliances. OSPAR Commission, Best Available Techniques (BAT) and Best Environmental Practice (BEP) Series.

OSPAR Commission (2002). Emissions and Discharges of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) from Primary Aluminium Electrolysis, Soederberg Technology. OSPAR Commission, Hazardous Substances Series.

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.

HAP

Pépin, G. (1998). Caractérisation des déchets - Essais de percolation sur deux déchets bitumineux. INERIS.

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

Rayzal, M. (1995). Etude sur le relargage de substances à partir de bois traités dans des conditions pratiques d'intempéries. CTBA, Convention ADEME / CTBA n° 3.01.0009.

Remillon, O. (2003). Étude des substances prioritaires à prendre en compte pour l'échéance 2015 de la Directive Cadre sur l'Eau sur le bassin Rhin Meuse : Modélisation des apports diffus en métaux lourds sur le bassin Rhin-Meuse - Évaluation de l'évolution des apports sur la période 2000 à 2015. Agence de l'eau Rhin Meuse.

RNDE (1999). Les micropolluants dans les cours d'eau français, 3 années d'observations (1995 à 1997) - Document détaillé.

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

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

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

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

Sully, J., Hill, N. (2004). Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook - 3rd Edition - September 2004 Update. European Environment Agency, CORINAIR - The Core Inventory of Air Emissions in Europe.

Thornton, I., Butler, D., Docx, P., Hession, M., Makropoulos, C., McMullen, M. et al. (2001). Pollutants in urban waste water and sewage sludge. ICON, ICConsultants, Ltd., London, For Directorate General Environment.

Tronczynski J., Munsch C., Moisan K., 1999. "Des contaminants organiques qui laissent des traces : sources , transport, devenir". Fascicule Seine -Aval n°12., et <http://www.ifremer.fr/envlit/pdf/posters/hap.pdf>

United Nations Environment Programme (2004). Guidelines on Best Available Techniques (BAT) and Guidance on Best Environmental Practice (BEP) relevant to the provisions of Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention - Draft. UNEP/POPS/EGB.3/2, Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants POPs.