

# Qualité de l'air

Etudes

Septembre 2004



## Participation au programme pilote de surveillance des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques



Association pour la Surveillance de la Qualité de l'Air de la Région de l'Etang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône

Route de la Vierge - 13 500 Martigues - Tel. 04 42 13 01 20 - Fax. 04 42 13 01 29

Site internet: [www.airfobep.org](http://www.airfobep.org) - e-mail : [airfobep@airfobep.org](mailto:airfobep@airfobep.org)

Serveur vocal 04 42 49 35 35 (selon tarification téléphonique en vigueur)



## Résumé

La participation au programme pilote national de surveillance des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) en partenariat avec l'ADEME et l'INERIS a permis de documenter un site urbain et sous influence industrielle (notamment d'industries pétrochimiques) sur les concentrations en HAP pendant deux années. Le site choisi était Port-de-Bouc la Lègue.

Les principaux résultats sont les suivants :

- Globalement, les HAP sont observés en plus forte concentration en hiver qu'en été. La concentration varie entre 2,5 ng/m<sup>3</sup>/an et 61 ng/m<sup>3</sup>/an.
- La directive européenne prévoit l'utilisation du Benzo(a)pyrène comme marqueur de l'ensemble des HAP concernés. L'étude sur l'ensemble des sites pilotes montre une très bonne corrélation entre BaP et HAP totaux [16]. Pour AIRFOBEP, le coefficient de corrélation était de 0,927 en 2002 et seulement de 0,684 en 2003. Une étude approfondie des résultats a montré que certains prélèvements présentaient des profils hors normes. Plusieurs hypothèses d'explication ont été avancées.
- Concernant le Benzo(a)pyrène, la concentration annuelle:
  - est inférieure à la valeur cible en projet : 0,332 ng/m<sup>3</sup>/an contre 1 ng/m<sup>3</sup>/an.
  - est inférieure à la moyenne des autres sites pilotes (0,55 ng/m<sup>3</sup>/an).
  - est inférieure à celle observée pour un site de typologie trafic.
  - est supérieure à celle observée pour un site de typologie industrielle.
- Les profils de concentration obtenus montrent que le phénanthrène, l'anthracène, le fluorène et le pyrène représentent 75 à 90 % de la totalité des HAP.

Ces conclusions rejoignent celles tirées au niveau national, à savoir [16]:

- une saisonnalité marquée des concentrations en HAP totaux. Les concentrations sont de l'ordre de 25 ng/m<sup>3</sup>/an en été contre 80 ng/m<sup>3</sup>/an en hiver.
- les plus fortes concentrations que ce soit en Benzo(a)pyrène ou en HAP totaux sont obtenus d'abord sur des sites urbains, puis, trafic, et enfin sur des sites de typologie industrielle.
- La valeur cible pour le Benzo(a)pyrène n'est dépassée que très légèrement et sur un nombre limité de sites (site de Marcq dans le département du Nord avec 1,03 ng/m<sup>3</sup>/an).

Au cours de l'année 2004, l'appareil de prélèvement sera déplacé sur deux sites différents, celui de Lavéra et de Berre stade. L'objectif est de prélever de façon aléatoire ou lors de conditions météorologiques ciblées.

En 2005, il est prévu de :

- Approfondir la partition gaz/particules.
- Acheter d'un appareil préleveur haut débit équipé d'une tête PM10, afin d'acquérir une autonomie dans son utilisation.
- Multiplier les points de prélèvements sur l'ensemble du territoire, sur des sites en proximité industrielle (comme La Mède) comme sur des sites trafic (par exemple Marignane). En chaque site, au moins six prélèvements d'une journée seront réalisés, surtout pendant la période hivernale. L'objectif est d'identifier le ou les lieux où la surveillance pérenne est recommandée.

## Sommaire

<b>I. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>II. PRESENTATION DES HAP .....</b>	<b>1</b>
II.1 DEFINITION.....	1
II.2 REPARTITION GAZ/PARTICULES .....	2
II.3 EMISSIONS .....	2
II.3.1 <i>En France</i> .....	2
II.3.2 <i>Par source</i> .....	4
II.4 PROPRIETES ET REACTIVITE .....	4
II.5 EFFETS SUR LA SANTE .....	5
II.6 REGLEMENTATIONS .....	6
<b>III. LE PROGRAMME PILOTE.....</b>	<b>7</b>
III.1 OBJECTIFS .....	7
III.2 LES HAP SURVEILLES .....	7
III.3 DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE .....	8
III.4 DESCRIPTIF DU SITE AIRFOBEP .....	8
<b>IV. RESULTATS.....</b>	<b>10</b>
IV.1 HAP TOTAUX .....	11
IV.2 BENZO(A)PYRENE (BAP).....	12
IV.2.1 <i>Par rapport à la réglementation</i> .....	12
IV.2.1.1.1 Evolution des concentrations.....	12
IV.2.1.1.2 Moyennes annuelles .....	13
IV.2.1.2 Sur l'ensemble des sites pilotes.....	13
IV.2.1.2.1 Evolution des concentrations.....	13
IV.2.1.2.2 Moyennes annuelles .....	14
IV.2.2 <i>En tant que marqueur</i> .....	14
IV.2.2.1 Durant tout l'étude pilote .....	14
IV.2.2.2 Etude de l'année 2003 .....	15
IV.3 CONCENTRATIONS EN HAP RELEVES A PORT-DE-BOUC .....	17
IV.3.1 <i>Par rapport aux valeurs relevées en Europe</i> .....	17
IV.3.2 <i>Profils de répartition</i> .....	18
<b>V. CONCLUSION.....</b>	<b>19</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>20</b>
Classification proposée par l'Union Européenne, le CIRC / IARC et l'US EPA pour le caractère cancérigène d'un composé .....	21
Rose des vents sur Port-de-Bouc et La Gatasse .....	22
Conditions de températures observées depuis 1992 à Port-de-Bouc Castillon .....	23
Protocole expérimental : analyse des HAP .....	
Glossaire .....	27
Bibliographie.....	28

## **I. INTRODUCTION**

AIRFOBEP a participé pendant deux années successives au programme pilote de surveillance des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques lancé par l'ADEME en octobre 2001. Neuf associations de surveillance de la qualité de l'air ont pris part à ce programme. L'INERIS en a assuré l'appui technique. Ce rapport présente l'ensemble des enseignements de ce programme et les résultats obtenus par le site d'AIRFOBEP en comparaison avec les autres sites français.

## **II. PRESENTATION DES HAP**

### **II.1 Définition**

Les HAP sont une grande famille qui regroupe plusieurs centaines de composés. Ils sont définis comme des composés comprenant deux ou plusieurs cycles benzéniques juxtaposés qui peuvent être substitués. Il est évidemment impossible de dénombrer les différents composés de cette famille compte tenu des multiples substitutions. Ainsi, Les dioxines (PolyChloroDibenzoDioxine ou PCDD) et les furanes (PolyChloroDibenzoFurane ou PCDF), regroupés sous le terme de dioxines, sont des hydrocarbures aromatiques polycycliques chlorés (c'est à dire des HAP chlorés ou HAPC).

Deux types de HAP sont distingués :

- les pétrogéniques : se dit des hydrocarbures présents dans les bruts pétroliers, d'origine naturelle qui se caractérisent par une forte proportion d'hydrocarbures ramifiés.
- les pyrogéniques : se dit des hydrocarbures produits par combustion de matière organique (riche en carbone, combustibles fossiles ou bois). Ces hydrocarbures dont l'origine est liée à l'activité humaine, sont considérés comme des polluants primaires. Ce sont les HAP qui prédominent dans l'environnement. Ce sont principalement les composés non-ramifiés.

<b>Sources stationnaires industrielles</b>	<b>Sources domestiques</b>	<b>Sources mobiles</b>
– Production d'aluminium	– Chauffage (gaz naturel, GPL, bois, charbon)	– Voitures
– Fabrication de pneu	– Tabagisme	– Avions
– Créosotes et préservation du bois	– Cuisson des aliments (barbecue, friture)	– Trains
– Sidérurgie,		– Bateaux
– Industrie du bitume et goudrons		
– Cimenteries		
– Moteurs à combustion,		
– Industries pétrochimiques et similaires,		
– Chauffage et électricité,		
– Incinérateurs de déchets ménagers et industriels		

Tableau 1 : Sources anthropiques de HAP.

Il ne faut cependant pas oublier certaines sources naturelles comme les feux de forêts, les éruptions volcaniques et la matière organique en décomposition.

Quelques exemples de structures chimiques HAP :

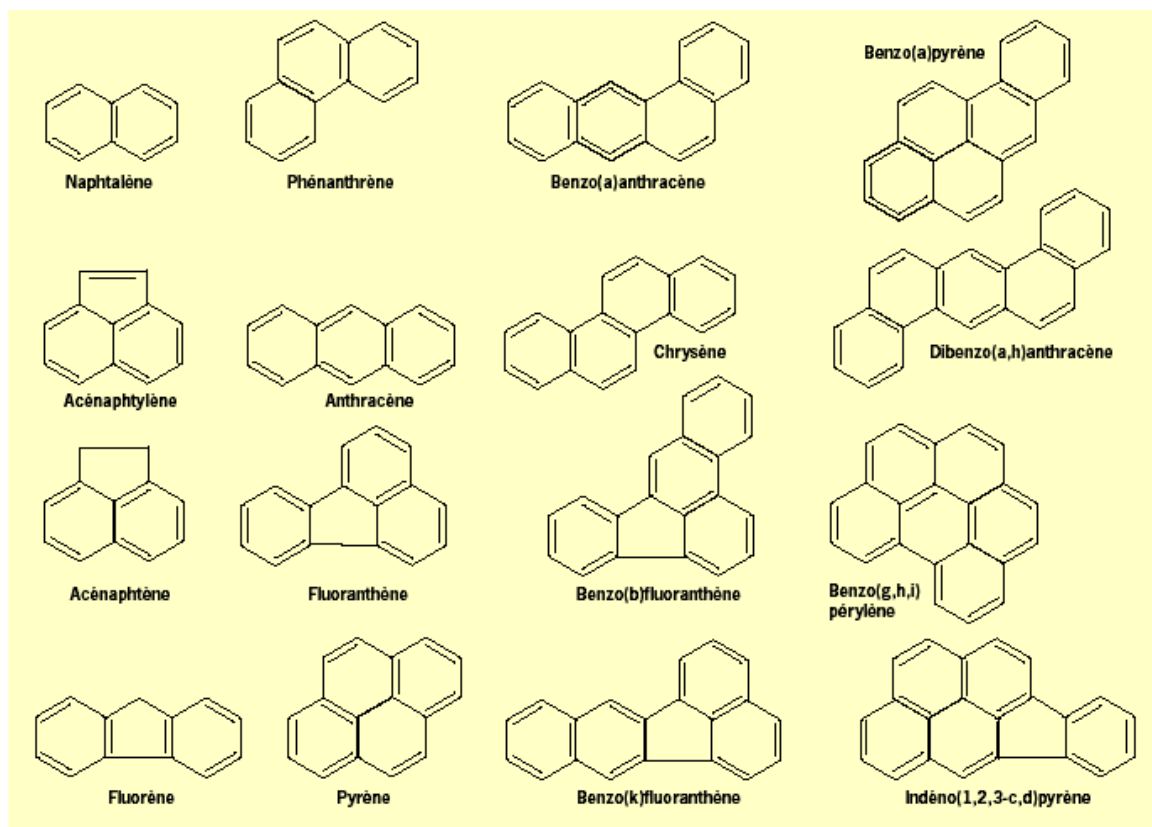


Figure 1 : Structures chimiques des 16 HAP [1].

Les HAP sont toujours émis sous forme de mélange, avec des proportions relatives des divers composés variables selon la source de combustion.

## II.2 Répartition gaz/particules

Les HAP sont des composés hydrophobes qui s'adsorbent très fortement sur les particules. Les HAP se répartissent ainsi entre la phase gazeuse et la phase particulaire en fonction de leur pression de vapeur saturante et les conditions environnementales (comme la température). Certains composés comme l'anthracène, le phénanthrène et le pyrène peuvent se trouver à la fois dans la phase gazeuse et particulaire.

Différentes études ont montré que les HAP sont préférentiellement adsorbés sur des molécules de petites tailles de diamètre inférieur à 3,5µm susceptibles d'atteindre plus ou moins profondément les voies respiratoires [2].

## II.3 Emissions

### II.3.1 En France

Selon le CITEPA, les émissions proviennent principalement de trois secteurs qui sont par ordre d'importance en 2002 :

- le résidentiel/tertiaire : 37% des émissions totales de la France métropolitaine,
- le transport routier : 32%, en particulier les véhicules diesels,

- l'industrie manufacturière : 22%, notamment la métallurgie des métaux ferreux.

Les autres secteurs contribuent peu, voire pas, aux émissions de ce polluant.

Depuis 1990, les émissions de HAP dans l'air ambiant suit l'évolution présentée sur la figure suivante [3].

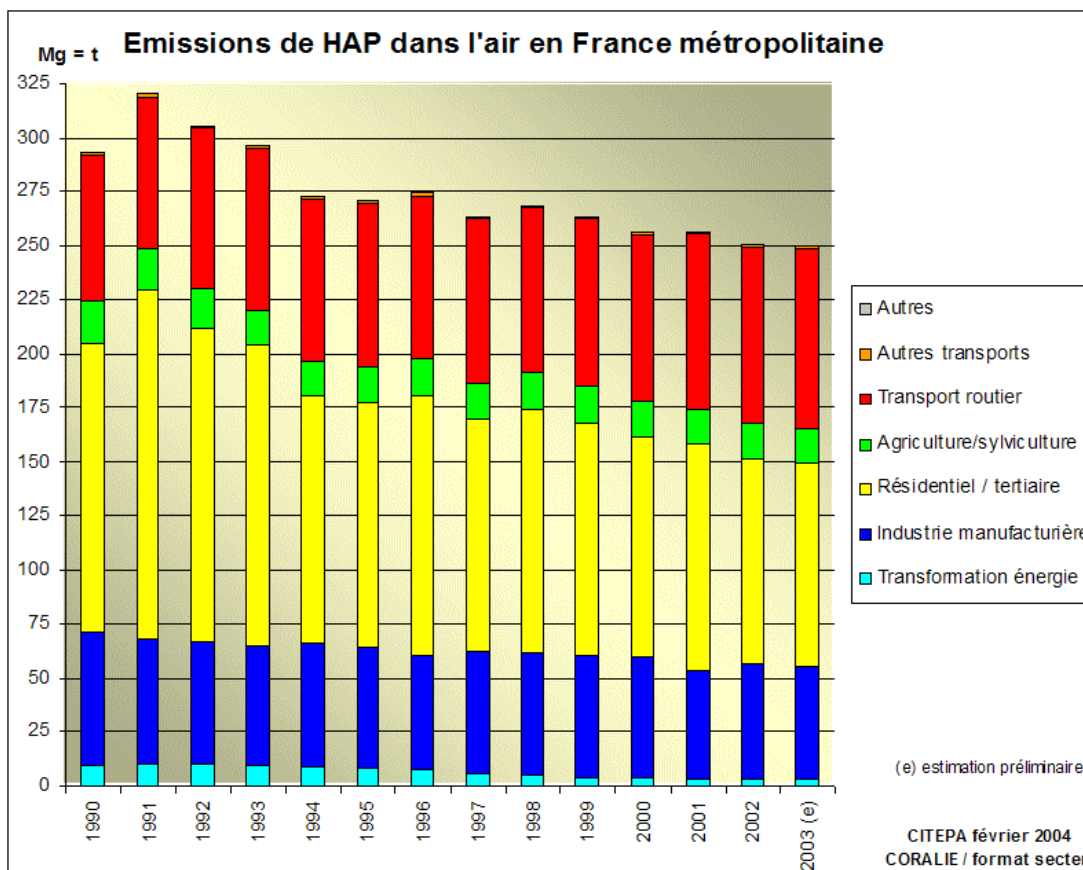


Figure 2 : Emissions des HAP dans l'air ambiant en France métropolitaine.

Les émissions totales de la France métropolitaine étaient de 293 t en 1990 et de 251 t en 2002, soit une baisse en 2002 de 14%. Selon le Citepa « l'évolution des émissions suit d'assez près celle des conditions climatiques, traduisant ainsi le lien entre les émissions et la consommation d'énergie comme le reflète l'année 1991. Par suite, il n'est pas attendu d'évolution significative au cours des prochaines années. Toutefois, les données fournies ici sont globales et ne sauraient préjuger de la part de tel ou tel composé » [4].

### II.3.2 Par source

Les HAP peuvent être utilisés comme des traceurs de sources. Le tableau suivant présente les HAP prédominants en fonction des différentes sources selon Masclat et al. [5].

HAP	Abbrev.	Chauffage domestique	Véhicule à essence	Véhicule diesel	Usine engrais	Raffinerie pétrole	Centrale électrique à charbon	Usine d'incinération de déchets	Fonderie
Anthracène	ANT					*			
Benzo(a)anthracène	BaA	*			*				*
Benzo(b)fluoranthène	BbF								*
Benzo(k)fluoranthène	BkF								
Benzo(ghi)pérylène	BghiP								
Benzo(a)pyrène	BaP		*						*
Chrysène	CHR	*						*	
Dibenzo(a,h)anthracène	DBahA								
Fluoranthène	FL	*		*	*		*		*
Indéno(123,cd)pyrène	IP		*						
Phénanthrène	PHE			*	*	*	*	*	
Pyrène	PY	*		*		*		*	

Tableau 2 : HAP prédominants dans les émissions de différentes sources [2].

En milieu urbain, la combustion des essences est une source importante d'introduction de HAP dans l'atmosphère, parmi lesquels le benzo[a]pyrène (BaP) (50 à 100 µg par litre de carburant consommé).

### II.4 Propriétés et réactivité

Les HAP font partie des Polluants Organiques Persistants (POP) car ils se caractérisent par les quatre propriétés suivantes [6]:

- **Toxicité** : elles présentent un ou plusieurs impacts prouvés sur la santé humaine
- **Persistance dans l'environnement** : ils sont généralement peu dégradés dans l'environnement naturel ou par les organismes vivant
- **Bioaccumulation** : ces molécules s'accumulent dans les tissus vivants du fait de leur faible solubilité aqueuse et leur forte solubilité dans les lipides. De façon générale, lorsque la masse moléculaire de ces composés augmente, leur solubilité dans l'eau diminue alors que leur caractère lipophile augmente.
- **Transport longue distance** : du fait de leurs propriétés de persistance et de bioaccumulation, ces composés semi-volatils peuvent se déplacer sur de longues distance et se déplacer loin des lieux d'émission, typiquement des milieux chauds (à forte activité humaine) vers les milieux froids. Ainsi des HAP ont été identifiés dans des échantillons de glace du Groenland [7].

La réactivité des HAP a été très étudiée aussi bien théoriquement qu'expérimentalement. Les HAP peuvent réagir avec les rayons UV, les oxydes d'azote, l'ozone, les composés soufrés, les peroxydes, les radicaux libres et se décomposer thermiquement. Les composés ainsi formés peuvent s'avérer plus dangereux que les composés initiaux [2]. Cependant ces réactions n'ont pas été étudiées en atmosphère réelle du fait de la variété et de la complexité des réactifs et des produits formés.

## II.5 Effets sur la santé

La toxicité des HAP est très variable : certains sont faiblement toxiques, alors que d'autres, comme le benzo(a)pyrène, sont des cancérigènes reconnus depuis plusieurs années. De façon générale, pour être cancérigène, les molécules de HAP doivent être dissymétriques [8]. En fonction du caractère cancérigène prouvé ou supposé, les composés sont classés différemment (cf. Annexe 1).

	Abréviation	Toxicité IARC/EPA	Toxicité	Cancérogénèse	Mutagénèse
<b>Anthracène</b>	ANT	US-EPA	Modérée		Constatée
<b>Benzo(a)anthracène</b>	BaA	CIRC 2A/US-EPA	Elevée	Confirmée	Constatée *
<b>Benzo(b)fluoranthène</b>	BbF	CIRC 2B/US-EPA		Confirmée	Constatée
<b>Benzo(k)fluoranthène</b>	BkF	CIRC 2B/US-EPA		Confirmée	Constatée
<b>Benzo(ghi)pérylène</b>	BghiP	US-EPA		Non confirmée	Constatée
<b>Benzo(a)pyrène</b>	BaP	CIRC 2A/US-EPA	Elevée	Confirmée	Constatée *
<b>Chrysène</b>	CHR	US-EPA		Confirmée	Constatée *
<b>Dibenzo(a,h)anthracène</b>	DBahA	CIRC 2A/US-EPA	Elevée	Confirmée	Constatée *
<b>Fluoranthène</b>	FL	US-EPA	Modérée	Non confirmée	Constatée *
<b>Indéno(123,cd)pyrène</b>	IP	CIRC 2B/US-EPA		Confirmée	Constatée
<b>Phénanthrène</b>	PHE	US-EPA	Modérée		Constatée
<b>Pyrène</b>	PY	US-EPA	Modérée	Non confirmée	Constatée *

Tableau 3 : Effets de certains HAP d'après les renseignements fournis par le SAX'S 1996 [2].

\* Mutagène pour l'homme. CIRC : Centre International de Recherche sur le cancer. EPA : Environmental Protection Agency.

Le passage des hydrocarbures dans l'organisme humain s'effectue par inhalation, par ingestion, mais également par transfert au travers de la peau. Ainsi, en milieu professionnel exposé, la peau et les poumons sont les deux voies de pénétration prépondérantes. Le cancer du scrotum des petits ramoneurs de Londres a été l'un des premiers cancers professionnels identifiés, au 18<sup>ème</sup> siècle ; il était dû au passage cutané des polluants présents dans la suie.

Des études épidémiologiques ont montré que certains HAP étaient responsables de cancer respiratoires, de la vessie, de la peau, des voies aérodigestives supérieures, des systèmes lymphatiques et hématopoïétiques et des voies digestives [8, 9]. Il est très difficile d'attribuer ces cancers à tel ou tel HAP, voire aux HAP en général, car les personnes atteintes sont soumises, le plus souvent à un mélange de polluants (divers HAP, mais aussi des métaux, surtout en milieu professionnel...). Il existe probablement des mécanismes de cocancérogénèse avec des composés tels que l'amiante, le dioxyde de soufre ou le vanadium réduit avec une potentialisation des effets [10].



## **II.6 Réglementations**

La directive européenne 96/62/CE du 27 septembre 1996 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant prévoit la mesure obligatoire des HAP pour un avenir proche. Le projet de directive fille pour les HAP fixerait une valeur cible seulement pour le benzo(a)pyrène (de  $1 \text{ ng/m}^3/\text{an}$ ) [11].

Sur ce même composé, en France, le CSHPF recommande comme valeur limite d'exposition  $0,7 \text{ ng/m}^3$  et un objectif de qualité de  $0,1 \text{ ng/m}^3$  en moyenne annuelle des mesures journalières [12].

### III. LE PROGRAMME PILOTE

#### III.1 Objectifs

Compte tenu du manque des données concernant les HAP sur le territoire français et en vue de répondre à la future directive fille européenne, les objectifs du programme étaient d'une part, d'avoir une idée des concentrations et des composés présents en France sur différents sites, et d'autre part de savoir si la France respecterait la future législation.

Les objectifs du programme étaient donc les suivants :

- connaître les niveaux des HAP rencontrés en France.
- calculer la moyenne annuelle pour le B(a)P en vue de la future directive européenne.
- faire des études pour déterminer les choix métrologiques pertinents.
- quantifier les incertitudes.
- élaborer une stratégie de mesure adéquate (sites, fréquence...).
- évaluer les coûts.

#### III.2 Les HAP surveillés

Les HAP les plus légers (Naphtalène, Acénaphthylène, Acénaphthène, Fluorène) n'ont pas été pris en compte, en raison de leur faible toxicité et des difficultés d'analyse mises en évidence (très faibles taux de récupération).

Les HAP qui ont été surveillés pendant le programme pilote sont les suivants.

HAP	Abrév.	Formule	Etat	Raison du choix
<b>Anthracène</b>	ANT	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	Volatil	Abondance
<b>Benzo(a)anthracène</b>	BaA	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>		Cancérogène Abondance
<b>Benzo(b)fluoranthène</b>	BbF	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	Particulaire	Cancérogène Indicateur d'émissions essence
<b>Benzo(k)fluoranthène</b>	BkF	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	Particulaire	Cancérogène Indicateur d'émissions essence
<b>Benzo(ghi)pérylène</b>	BghiP	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	Particulaire	Cancérogène Indicateur d'émissions essence
<b>Benzo(a)pyrène</b>	BaP	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	Particulaire	Cancérogène
<b>Chrysène</b>	CHR	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>		Cancérogène
<b>Dibenzo(a,h)anthracène</b>	DBahA	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	Particulaire	Cancérogène
<b>Fluoranthène</b>	FL	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	Volatil	Cancérogène
<b>Indéno(123,cd)pyrène</b>	IP	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	Particulaire	Cancérogène Indicateur d'émissions essence
<b>Phénanthrène</b>	PHE	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	Volatil	Abondance
<b>Pyrène</b>	PY	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	Semi-volatil	Abondance

Tableau 4 : Les 12 HAP surveillés pendant la phase pilote, leur état physique à température ambiante et la raison de leur choix [13].

### III.3 Déroulement de la campagne

Le programme pilote national de surveillance des HAP piloté par l'ADEME avec l'appui technique de l'INERIS, a démarré fin 2001 avec la participation de 9 AASQA et 7 laboratoires. Compte tenu des contraintes analytiques (besoin de réaliser les extractions rapidement par exemple) et des risques de dégradation des HAP dans le temps (photodégradation, volatilisation...), les AASQA se sont associées avec des laboratoires proches des sites de prélèvement.

Dans le tableau ci dessous sont présentées les associations ainsi que les laboratoires participant au programme pilote.

<b>AASQA</b>	<b>Laboratoire associé</b>
<b>AIRCOM</b>	Laboratoire départemental Frank Duncombe
<b>AIRMARAIX</b>	Université de Provence (LCE)
<b>AIRFOBEP</b>	
<b>AIRPARIF</b>	Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris
<b>AREMA</b>	LM Institut pasteur de Lille
<b>ATMO Poitou-Charentes</b>	Laboratoire départemental d'analyse de la Charente Maritime (LDA 17)
<b>ASCOPARG</b>	CARSO
<b>COPARLY</b>	
<b>AIR NORMAND</b>	Laboratoire de Rouen (ETSA)

Tableau 5 : Présentation des différents participants du programme pilote.

Un prélèvement hebdomadaire de 24 heures a été effectué tous les 6 jours (8 jours pour AIRFOBEP et AIRMARAIX), ce qui a permis de couvrir tous les jours de la semaine. Les prélèvements ont été réalisés avec des préleveurs haut débit (DA-80 de Digitel de 30 m<sup>3</sup>/h) munis d'une tête PM10 (particules inférieures à 10 µm). Ces prélèvements ont été récoltés sur filtre (en fibre de quartz) et mousse (en polyuréthane) pour étudier la partition gaz/particules. Les filtres étaient issus d'un même lot et ont été fournis par l'INERIS.

Le mode opératoire de l'analyse est décrit dans l'annexe IV.

### III.4 Descriptif du site AIRFOBEP

#### **Environnement de l'échantillonnage**

- *Adresse* : caserne des marins pompiers, 13110 Port de Bouc (longitude : 4°58'25.63", latitude : 43°24'28.3")
- *Typologie et description du site* : site urbain à influence industrielle situé dans la caserne des marins pompiers, en bord de mer, face au port pétrolier de Martigues, à environ 1,5 km du site pétrochimique de Lavéra.
- *Placement de l'appareil* : à l'extérieur au-dessus de la station de mesure d'AIRFOBEP (tête de prélèvement à environ 2 mètres du toit et à 4 du sol).

### Paramètres mesurés sur le site

- HAP
- SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>
- PM<sub>10</sub>

### Remarques

- L'appareil de prélèvement est situé dans la caserne des pompiers à proximité de leur parking de voiture et des camions.
- Analyse séparée des filtres et des mousses.



*Photo du site industriel d'AIROBEP (photo INERIS)*

## IV. RESULTATS

La typologie des différents sites participants au programme pilote est rappelé dans le Tableau 6.

AASQA	Lieu de prélèvement	Typologie de site
AIRCOM	Caen	Site trafic
AIRMARAIX	Observatoire de Marseille	Site urbain
AIRFOBEP	Port-de-Bouc la Lègue (Caserne des pompiers)	Site urbain à influence industrielle
AIRPARIF	Porte d'Auteuil	Site trafic
	Les Halles	Site urbain
	Gennevilliers	Site urbain à influence industrielle
	Vitry	Site urbain
AREMA	Institut Pasteur de Lille	Site trafic
	Marcq	Site urbain
ATMO Poitou-Charentes	La Rochelle	Site urbain
ASCOPARG	Echirolles	Site Trafic
COPARLY	Lyon	Site trafic
AIR NORMAND	Gonfreville	Site industriel
	Notre-Dame de Gravenchon	Site industriel

Tableau 6 : Typologie des différents sites pilotes. En bleu, les sites qui seront comparés plus spécifiquement à celui d'AIRFOBEP.

Le site d'AIRFOBEP qui est de nature urbaine à influence industrielle sera comparé à ceux de :

- Gennevilliers qui présente la même typologie.
- Gonfreville et Notre-Dame de Gravenchon , qui sont des sites industriels.
- Marseille, site urbain.

Dans un premier temps, cette comparaison sera réalisée sur l'ensemble des HAP. Le cas particulier du BaP sera ensuite traité, pour finir sur l'étude des profils.

## IV.1 HAP totaux

Les évolutions des concentrations en HAP totaux obtenues sur le site de Port-de-Bouc sont comparés à différents sites caractéristiques (Figure 3 et 4).

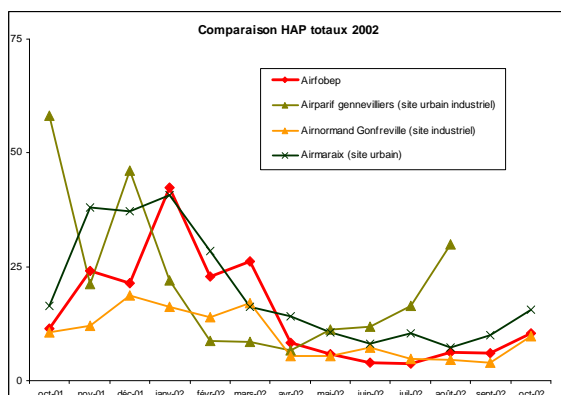


Figure 3 : Concentrations mensuelles en HAP totaux en 2002 ( en ng/m<sup>3</sup>)

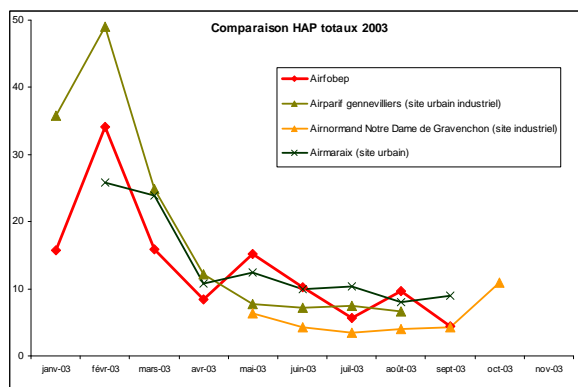


Figure 4 : Concentrations mensuelles en HAP totaux en 2003 ( en ng/m<sup>3</sup>)

- Sur le site d'AIRFOBEP :
  - En 2002 et surtout en 2003, une nette différence apparaît entre l'été et l'hiver. Ainsi, les concentrations en HAP totaux en hiver sont inférieures à 60 ng/m<sup>3</sup> contre 12 ng/m<sup>3</sup> en été.
  - Des pics sont observés en janvier 2002 et février 2003, mois caractérisés par des températures inférieures aux moyennes mensuelles (respectivement 7,4 °C [14] et 5,1 °C [15] contre 8,2°C en moyenne mensuelle depuis 1988).
- En comparaison avec les autres sites, les concentrations relevées sur le site de Port-de-Bouc :
  - sont inférieures ou du même ordre de grandeur que les concentrations des sites urbain de Marseille ou urbain à influence industrielle de Gennevilliers.
  - sont supérieures aux concentrations du site de typologie industrielle.
- En France,
  - les concentrations en HAP totaux sont de l'ordre de 25 ng/m<sup>3</sup>/an en été contre 80 ng/m<sup>3</sup>/an en hiver.
  - les maxima ont été observés à Lyon en décembre 2002 avec environ 120 ng/m<sup>3</sup>. Il est apparu à l'issu du programme pilote que « toutes saisons confondues, les plus fortes concentrations sont observées sur les sites trafic suivies des sites urbains et que les plus faibles concentrations sont obtenues pour les sites industriels » [16].

La différence d'ordre de grandeur entre les périodes estivale et hivernale a été relevée sur l'ensemble du territoire national. Les hypothèses d'explication sont :

- l'augmentation des émissions avec le chauffage domestique, en hiver.
- une dégradation moins importante des HAP durant l'hiver.
- une plus mauvaise dispersion des polluants liée à une plus grande stabilité des basses couches, en hiver.

## IV.2 Benzo(a)pyrène (BaP)

### IV.2.1 Par rapport à la réglementation

Nous étudierons les concentrations en BaP obtenues pour le site de Port-de-Bouc avant de les comparer à celles obtenues sur différents sites caractéristiques.

#### IV.2.1.1.1 Evolution des concentrations

Les figures suivantes présentent les concentrations journalières observées lors des deux phases de l'étude pilote.

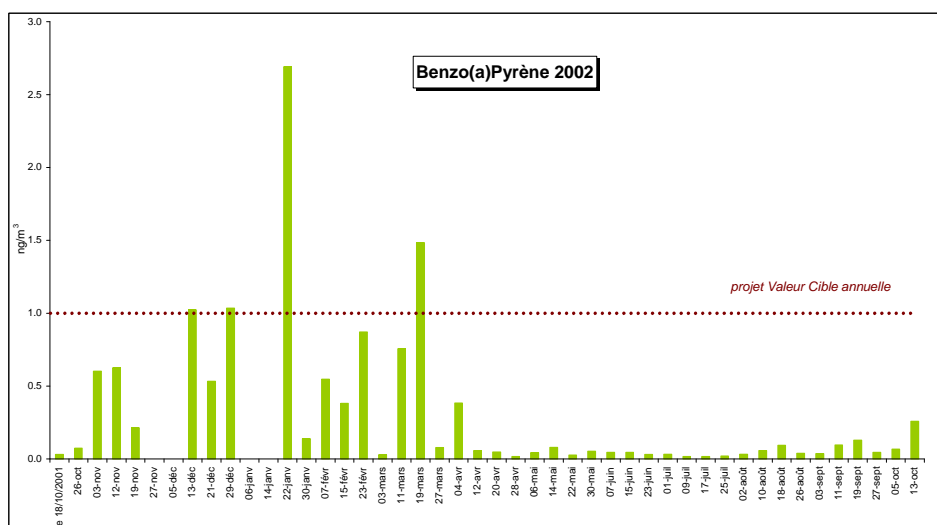


Figure 5 : Concentrations journalières en B(a)P relevées entre le 18 octobre 2001 et le 13 octobre 2002 (ng/m<sup>3</sup>).

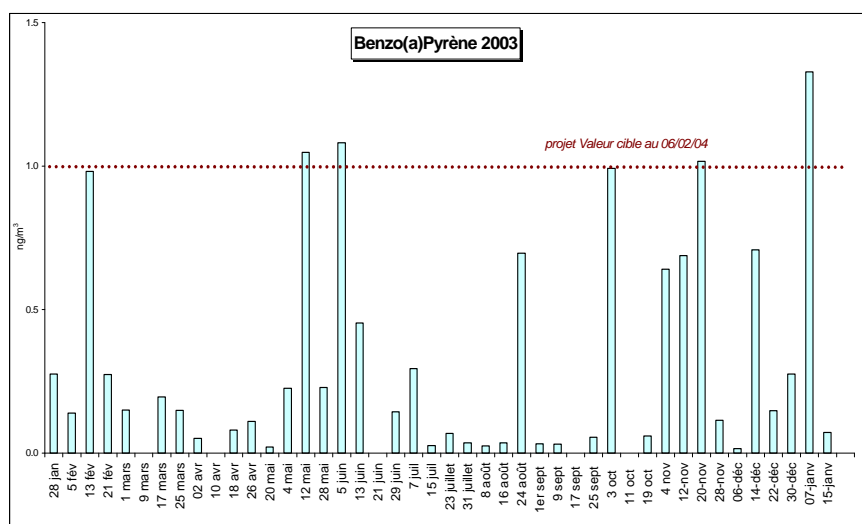


Figure 6 : Concentrations journalières en B(a)P relevées entre le 28 janvier 2003 et le 15 janvier 2004 (ng/m<sup>3</sup>).

Les concentrations observées sur une journée respectent généralement la valeur cible fixée à l'année. Une étude plus approfondie sur les dates de dépassement n'a pas permis de mettre en lumière des typologies météorologiques particulières. Nous y reviendrons ultérieurement.

#### IV.2.1.1.2 Moyennes annuelles

Sur la base de ces moyennes journalières, des moyennes annuelles ont été établies. Le Tableau 7 rappelle les valeurs obtenues sur le site de Port-de-Bouc en 2002 et 2003.

Moyenne annuelle (ng/m <sup>3</sup> )		Valeur limite en projet (ng/m <sup>3</sup> )
2002	2003	
0,307	0,332	1,0

Tableau 7 : Moyenne annuelle des concentrations en B(a)P obtenues en 2002 (du 18 octobre 2001 au 13 octobre 2002) et 2003 (du 28 janvier 2003 au 15 janvier 2004).

Les concentrations annuelles sont inférieures à la valeur cible annuelle en projet fixée à 1 ng/m<sup>3</sup>/an [11].

#### IV.2.1.2 Sur l'ensemble des sites pilotes

##### IV.2.1.2.1 Evolution des concentrations

Les évolutions des concentrations sur les quatre sites caractéristiques sont présentées sur les figures suivantes.

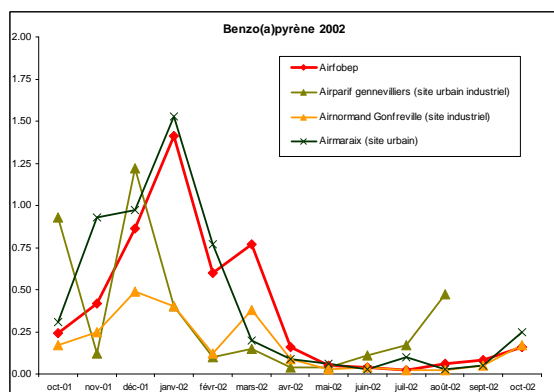


Figure 7 : Concentrations mensuelles en BaP en 2002 (ng/m<sup>3</sup>).

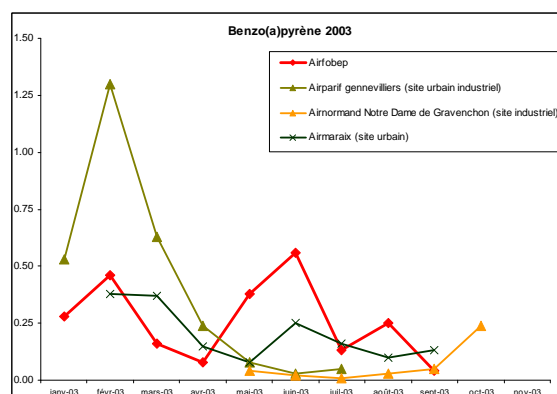


Figure 8 : Concentrations mensuelles en BaP en 2003 (ng/m<sup>3</sup>).

Les concentrations relevées par AIRFOBEP suivent les tendances des autres sites, excepté en mai-juin 2003. Le site le plus proche à la fois en terme de concentration et d'évolution est celui d'AIRMARAIX.



#### **IV.2.1.2.2 Moyennes annuelles**

➤ Par rapport à différents sites caractéristiques

Les concentrations moyennes annuelles des sites représentatifs sont présentés dans le Tableau 8.

		<b>Moyenne annuelle (ng/m<sup>3</sup>/an)</b>
<b>AIRFOBEP</b>	Site urbain à influence industrielle	0,32
<b>AIRMARAIX</b>	Site urbain	0,40
<b>AIRPARIF Gennevilliers</b>	Site urbain à influence industrielle	0,34
<b>AIRNORMAND</b>	Site industriel	0,17
<b>En moyenne sur l'ensemble des sites pilotes</b>		<b>0,55</b>

Tableau 8 : Concentrations moyennes annuelles de B(a)P relevées sur différents sites.

Les résultats obtenus par AIRFOBEP sont :

- dans la même gamme que ceux observés par AIRMARAIX ou AIRPARIF sur des sites urbains.
- supérieurs à ceux obtenus sur un site industriel.
- inférieurs à la moyenne sur l'ensemble des sites pilotes.

➤ Conclusions de l'étude pilote nationale [16]

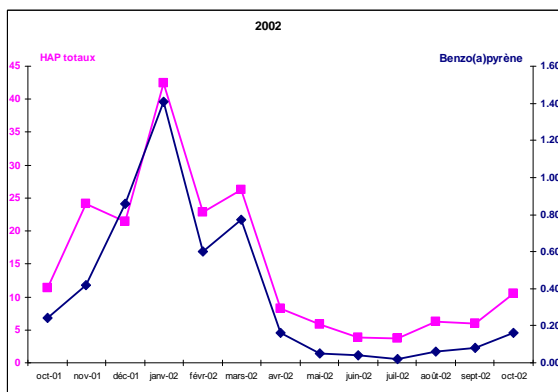
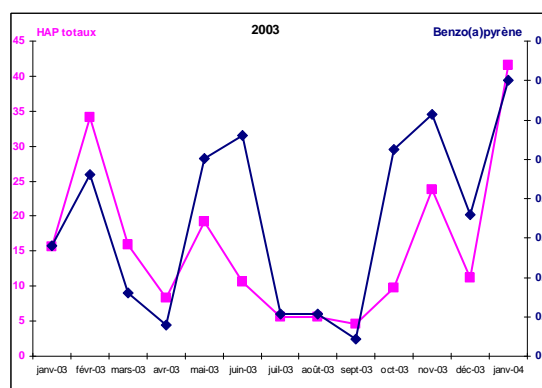
Comme pour les HAP totaux, le B(a)P est observé en plus fortes concentrations sur les sites trafic, suivis des sites urbains, les plus faibles concentrations étant obtenues pour les sites industriels.

L'ensemble des sites pilotes respecte la valeur limite, excepté le site de Marcq dans le département du Nord avec 1,03 ng/m<sup>3</sup>/an.

### **IV.2.2 En tant que marqueur**

#### **IV.2.2.1 Durant tout l'étude pilote**

Le BaP serait le seul polluant réglementé dans la directive européenne [11]. Ce composé a en effet des propriétés cancérigènes reconnues (cf. § II.5). Il a en effet été montré qu'il pouvait être utilisé comme marqueur de l'ensemble des HAP. L'objectif est de vérifier si, dans notre région compte tenu des spécificités en terme d'émissions, le BAP peut jouer ce rôle. Les figures suivantes présentent l'évolution du BaP et des HAP totaux au cours des deux années.


 Figure 9 : B(a)P et HAP totaux en 2002 en  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

 Figure 10 : B(a)P et HAP totaux en 2003 en  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

Les coefficients de corrélations calculés sur les moyennes mensuelles sont présentés dans le Tableau 9.

Coefficient de corrélation ( $r^2$ )	2001-2002	2002-2003
Moyenne des sites pilotes nationaux	0,856	0,790
<b>AIRFOBEP</b>	<b>0,927</b>	<b>0,684</b>

Tableau 9 : Coefficients de corrélation entre B(a)P et les HAP totaux pour AIRFOBEP et les sites pilotes nationaux [16].

- Pour le site d'AIRFOBEP, en 2002, le benzo(a)pyrène a constitué un très bon marqueur des HAP totaux ( $r^2 = 0,927$ ). En 2003, les résultats sont moins bons et inférieurs à ceux des sites pilotes (cf. paragraphe suivant pour une étude plus approfondie sur l'année 2003).
- Les résultats de l'étude pilote montre, sur l'ensemble des sites, une bonne corrélation entre le B(a)P et les HAP totaux. Le B(a)P représente bien l'évolution des concentrations en HAP, alors qu'il constitue moins de 5 % de la totalité des HAP étudiés [16].

#### IV.2.2.2 Etude de l'année 2003

Sur la Figure 10, le B(a)P se dissocie de l'évolution des HAP totaux en mai, juin, octobre et novembre 2003. La Figure 11 montre l'évolution du B(a)P et des HAP totaux, date par date.

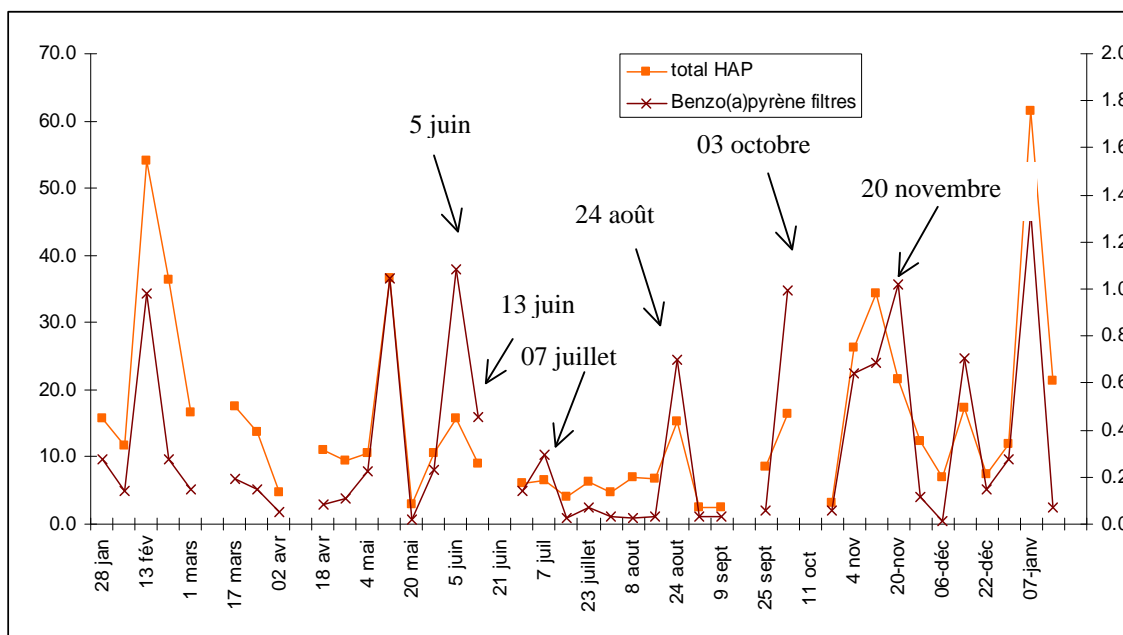


Figure 11 : Courbes de B(a)P et des HAP totaux en 2003. Les dates des points aberrants sont signalées.

Ce graphique appelle les observations suivantes :

- En mai les courbes de B(a)P et de HAP totaux tendent à se confondre.
- En été, le B(a)P et les HAP totaux ne sont plus corrélés, 4 points paraissent aberrants :
  - o le 5 et le 13 juin.
  - o le 7 juillet.
  - o le 24 août.
- En octobre, comme en novembre, 1 point est aberrant.

L'élimination de ces points donnent un coefficient de corrélation entre le BaP et les HAP totaux de 0,971 ( $r^2$ ). Ce coefficient est meilleur que ceux obtenus en 2002 ( $r^2 = 0,927$ ), tendant ainsi à confirmer le caractère aberrant de ces points.

La Figure 12 montre les profils de concentration en HAP obtenus pour ces journées particulières ainsi que leurs références mensuelles en 2002.

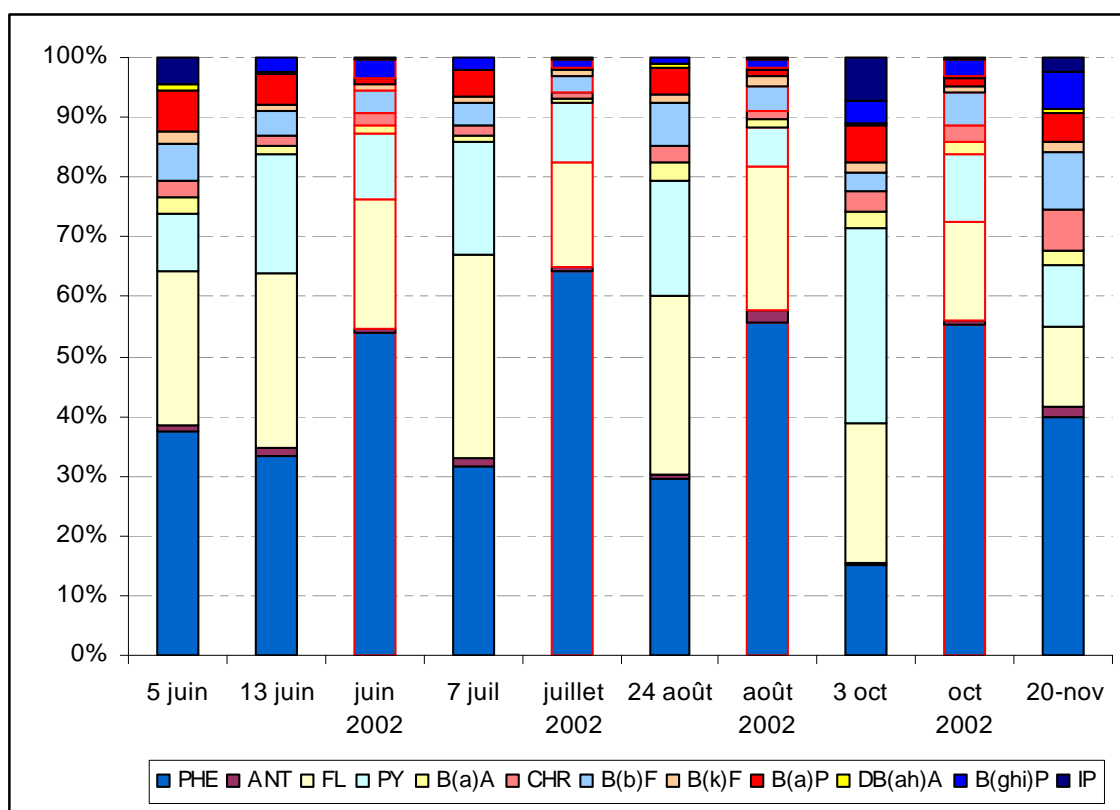


Figure 12 : Profils des points aberrants en 2003 et leurs références en 2002 (pas de référence en novembre 2002).

Sur les profils de concentration des points aberrants, la comparaison avec les concentrations mensuelles de référence en 2002 amène les éléments suivants :

- une diminution en proportion du PHE au profit du FL et du PY.
- des concentrations plus importantes dans les composés lourds, notamment le B(a)P, B(ghi)P et le IP, ce qui est inhabituel notamment en période estivale. Ces composés sont caractéristiques des véhicules essence (cf. Tableau 2).

Plusieurs pistes d'explication peuvent être mises en lumière :

- en mai, le détecteur utilisé pour les analyses était en réparation, celui de remplacement était moins précis.
- les journées particulières ont principalement eu lieu en été. Ces journées ont été particulièrement chaudes (cf. annexe III). La diminution du PHE pourrait être liée à une perte par volatilsation. En effet, la tension de vapeur du PHE est très élevée, il a donc tendance à s'évaporer plus facilement qu'un autre composé lors d'une augmentation de température [2]. Ce phénomène a déjà été relevé avec l'appareil utilisé pour une campagne à Montpellier [17]. Il n'a cependant pas été identifié sur d'autres dates estivales. Les conditions de températures de l'été 2003 ne peuvent donc être les seules explications invoquées.
- l'analyse des roses des vents sur ces journées particulières n'apporte pas d'explication, si ce n'est qu'en général ces points aberrants ont lieu par vent de nord ou nord-ouest (cf. annexe II).
- le B(a)P, B(ghi)P et le IP sont des marqueurs des émissions des véhicules essence alors que PHE est caractéristique des émissions diesel. Des circulations inhabituelles dans la caserne peuvent avoir eu lieu ces jours-là entraînant des émissions particulières.
- certains HAP peuvent réagir avec différents composés présents dans l'air ambiant comme l'ozone, les composés soufrés et les composés nitrés et ainsi modifier leur répartition [2].
- l'étude des concentrations en NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et SO<sub>2</sub> relevées ces jours-là n'apporte pas d'éléments tangibles.

Aucune explication peut en l'état actuel des choses, être privilégiée par rapport à une autre.

### IV.3 Concentrations en HAP relevés à Port-de-Bouc

#### IV.3.1 Par rapport aux valeurs relevées en Europe

- Le tableau suivant présente les concentrations moyennes obtenues pour un certain nombre de sites en Europe.

HAP	Site de fond	Rural	Urbain	Trafic	Industriel*	AIRFOBEP
ANT	0,00	0,04-15		0,02-2,6	1,1	0,50
B(a)A	0,00-0,02	0,01-0,9	0,2-1,3	0,6-4,2	0,37-42	0,29
B(a)P	0,02	0,02-2,8	0,4-2	0,7-3,1	0,5-39	0,35
B(b)F	0,00-0,01	0,04-0,6			0,3-34	<b>0,66</b>
B(ghi)P	0,01	0,15-1,0	0,5-2,8	1-4,7	0,7-52	0,32
B(k)F		0,04-0,32	0,2-1		0,3-17	0,15
CHR		0,02-4,4	0,3-2,2		0,3-37	0,55
DB(a,h)A	0,00	0,02-1,1	0,06-0,3	0,1-0,4	0,05-7,5	0,05
FL	0,14	0,04-7,4			42	2,44
IP	0,02-0,04	0,04-0,21	0,3-2,1	1,3-2,6	0,4-37	0,26
PHE	0,1-0,3	0,42-150			16	7,76
PY	0,08	0,1-6,1	0,24-1,2	9,2-15	75	2,24

Tableau 10 : Concentrations moyennes des HAP sur différents sites en Europe et dans la zone AIRFOBEP [2].

\*Etant donné les valeurs indiquées, il s'agit probablement de concentrations relevées dans des atmosphères de travail.

- Les concentrations relevées sur le site d'AIRFOBEP sont inférieures aux minimales observées sur un site industriel. Elles sont dans les gammes de concentrations observées sur un site rural, excepté pour le B(b)F (de façon non-significative).

### IV.3.2 Profils de répartition

La répartition entre les différents HAP donne un profil mensuel présenté dans la Figure 13

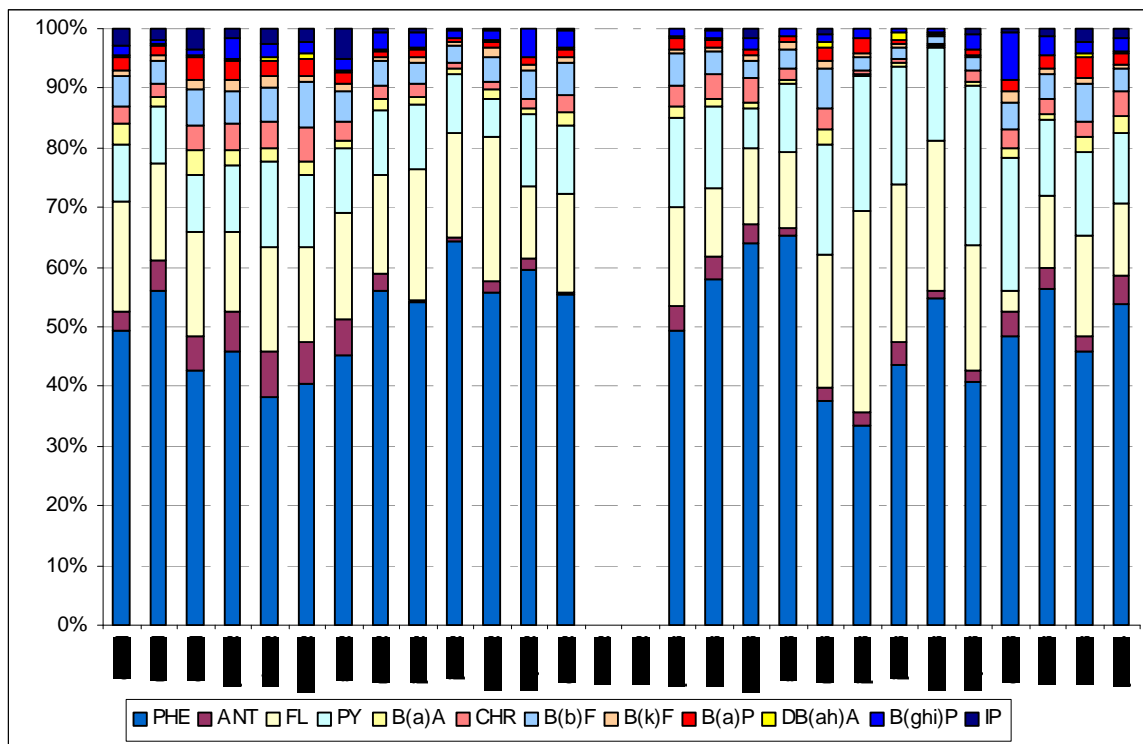


Figure 13 : Profil des HAP à Port-de-Bouc. Les points aberrants relevés précédemment ont été enlevés des calculs.

- Une prédominance des composés comme PHE, FL, PY est observée. Ce sont les composés les plus légers.
- Comme sur l'ensemble des sites pilotes, ils représentent la part la plus importante de la concentration totale en HAP, avec environ 75 à 90 % de la totalité [16].

## **V. CONCLUSION**

Les années 2002 et 2003 ont été consacrées à documenter de façon exhaustive un site. Les concentrations en HAP obtenues sur le site de Port-de-Bouc sont inférieures à la valeur cible en projet.

Au cours de l'année 2004, l'appareil de prélèvement sera déplacé sur deux sites différents, celui de Lavéra et de Berre stade. L'objectif est de prélever de façon aléatoire ou lors de conditions météorologiques ciblées.

En 2005, il est prévu de :

- Approfondir la partition gaz/particules.
- Acheter d'un appareil préleveur haut débit équipé d'une tête PM10, afin d'acquérir une autonomie dans son utilisation.
- Multiplier les points de prélèvements sur l'ensemble du territoire, sur des sites en proximité industrielle (comme La Mède) comme sur des sites trafic (par exemple Marignane). En chaque site, au moins six prélèvements d'une journée seront réalisés, surtout pendant la période hivernale. L'objectif est d'identifier le ou les lieux où la surveillance pérenne est recommandée.



---

## **ANNEXES**

## ANNEXE I

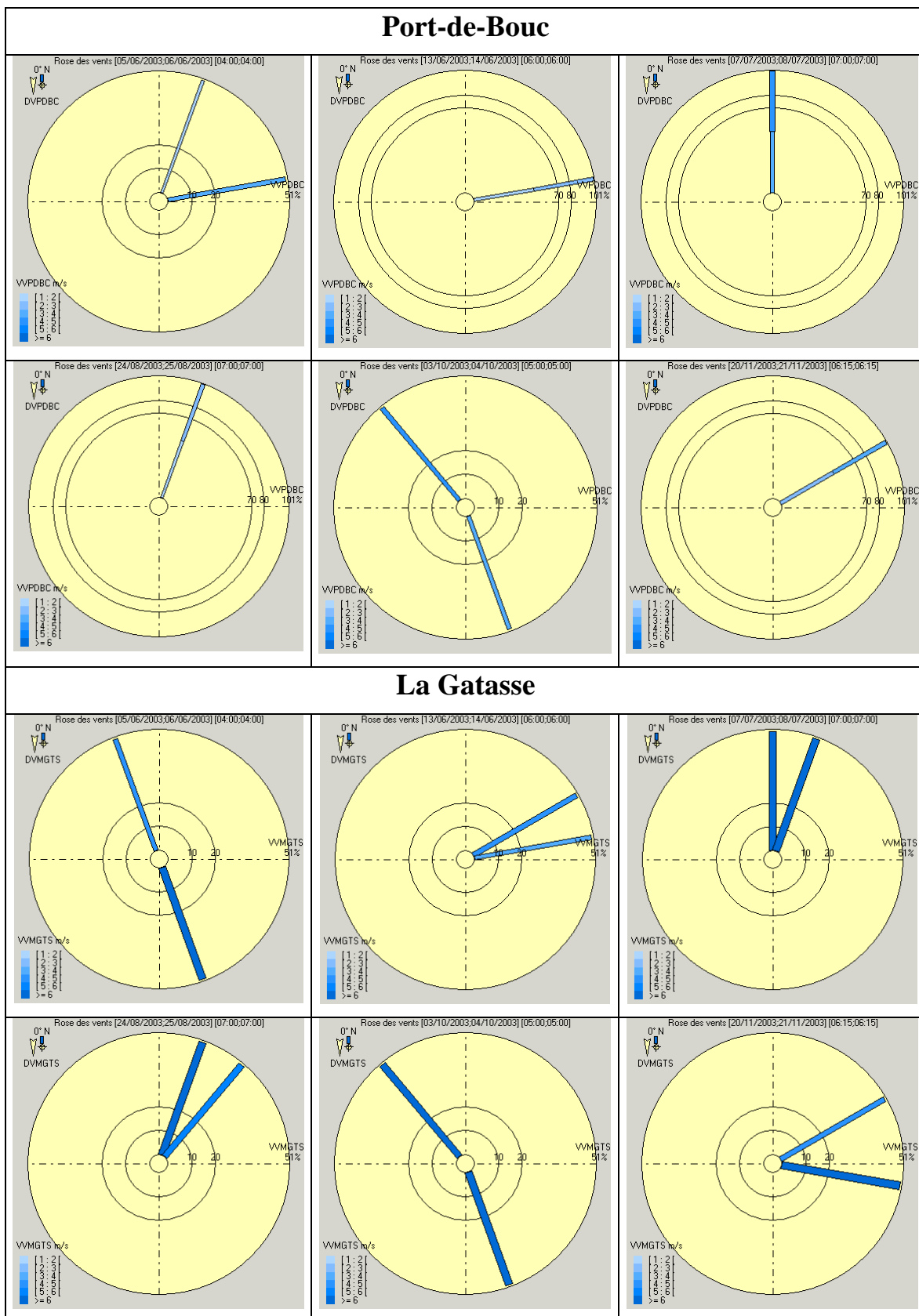
### Classification proposée par l'Union Européenne, le CIRC / IARC et l'US EPA pour le caractère cancérigène d'un composé

- **Classification de l'Union Européenne (JOCE L110A du 04/05/1993) :**
  - o **Première catégorie** : substances que l'on sait être cancérigènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et l'apparition d'un cancer.
  - o **Deuxième catégorie** : substances devant être assimilées à des substances cancérigènes pour l'homme. On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut provoquer un cancer. Cette présomption est généralement fondée, 1) sur des études appropriées à long terme sur l'animal, 2) sur d'autres informations appropriées.
  - o **Troisième catégorie** : substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante. Il existe des informations issues d'études adéquates sur les animaux, mais elles sont insuffisantes pour classer la substance dans la deuxième catégorie.
  
- **Classification du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC/IARC/OMS) :**
  - o **Groupe 1** : l'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme. Les circonstances d'exposition donnent lieu à des expositions qui sont cancérigènes pour l'homme.
  - o **Groupe 2A** : l'agent (ou le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme. Il existe des indices limités de cancérogénicité chez l'homme et des indices suffisants de cancérogénicité pour l'animal de laboratoire. Les circonstances d'exposition donnent lieu à des expositions qui sont probablement cancérigènes pour l'homme
  - o **Groupe 2B** : l'agent (ou le mélange) pourrait être cancérigène pour l'homme. Les circonstances d'exposition donnent lieu à des expositions qui sont possiblement cancérigènes pour l'homme
  - o **Groupe 3** : l'agent (ou le mélange) ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme.
  - o **Groupe 4** : l'agent (ou le mélange) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.
  
- **Classification de l'Agence américaine de Protection de l'Environnement (US-EPA) :**
  - o **Classe A** : substance cancérigène pour l'homme.
  - o **Classe B1** : substance probablement cancérigène pour l'homme. Des données limitées chez l'homme sont disponibles.
  - o **Classe B2** : substance probablement cancérigène pour l'homme. Il existe des preuves suffisantes chez l'animal et des preuves non adéquates ou pas de preuve chez l'homme.
  - o **Classe C** : cancérigène possible pour l'homme.
  - o **Classe D** : substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme.
  - o **Classe E** : substance pour laquelle il existe des preuves de non cancérogénicité pour l'homme.



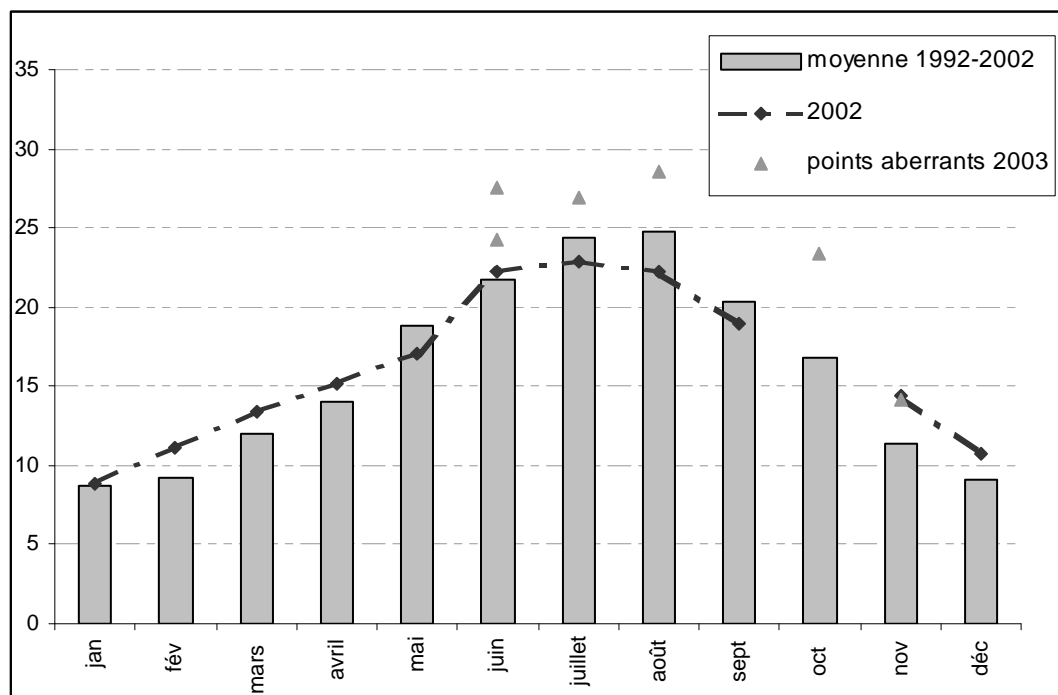
## ANNEXE II

### Rose des vents sur Port-de-Bouc et La Gatasse



### ANNEXE III

## Conditions de températures observées depuis 1992 à Port-de-Bouc Castillon



## ANNEXE IV

### Protocole expérimental : analyse des HAP

1. Site de mesures : Port-de-Bouc La Lègue .
2. Equipements de mesure

Le prélèvement des HAP sera effectué par un appareil de marque « Digitel DA80 » (débit de 30 m<sup>3</sup>/h) avec une tête PM10 .

3. Médias filtrants, des supports de filtres et de cartouches en verre
  - Filtre en microfibre de quartz QMA.
  - Mousses en polyuréthane  $\Phi$  75 mm.

4. Conditionnement et installation des médias filtrants

- 4.1 Conditionnement

Les médias filtrants seront conditionnés selon le protocole suivant :

- 1) Avant chaque conditionnement, le four sera chauffé à vide à 900°C pendant 2 heures.
- 2) Les filtres sont placés dans un four à 500°C pendant une nuit ou 10 heures environ.
- 3) Les mousses en polyuréthane sont conditionnées pendant 24 heures au Soxhlet dans du dichlorométhane de qualité HPLC.
- 4) Après conditionnement les mousses sont retirées du Soxhlet et enveloppées légèrement de papier aluminium et mises dans un sac en plastique fermé hermétiquement et placé au réfrigérateur.
- 5) Avant le prélèvement, les filtres et les mousses sont emballés dans de l'aluminium et placés dans un sac plastique fermé hermétiquement et stockés au réfrigérateur.

Remarques :

- Les filtres et les mousses se préparent de la même façon, que ce soit pour un prélèvement ou pour un blanc de terrain.
- Le conditionnement sera réalisé pour 2 prélèvements successifs (soit 4 sites à préparer et un blanc de terrain).
- Après prélèvement les filtres seront emballés dans du papier aluminium et placés dans un sac plastique et stockés au réfrigérateur et extrait au maximum 48 heures après la fin du prélèvement.

Ce traitement des médias sera réalisé préalablement à chaque prélèvement. Le délai de stockage de ces médias préparé est de 2 semaines.

- 4.2 Echantillonnage

La périodicité d'échantillonnage sera réalisé 1 jour sur 8 en glissant (exemple : semaine 1 : lundi ; semaine 2 : mardi...)

Les prélèvements seront réalisés pendant 24 heures. Les échantillons seront disposés entre 9 et 12 heures. La récupération des échantillons prélevés sera opérée dans un délai maximum de 24 heures après la fin du prélèvement pour limiter les pertes de HAP et leur évolution chimique.

## 5. Conditions d'extraction

Les conditions d'extraction sont les suivantes :

Avant la première utilisation, toute la verrerie devra être passée au four à 500°C.

- Les filtres et les mousses sont extraits au dichlorométhane (recouvrir les filtres et les mousses de solvants) pendant 30 minutes aux ultrason. L'extraction est répétée une 2<sup>ème</sup> fois pendant 5 minutes.
- Les mousses sont ensuite rincées 2 fois au dichlorométhane et le solvant récupéré par pression sur Buchner.
- Le solvant est ensuite distillé sous pression réduite, à l'aide d'un évaporateur rotatif, jusqu'à ce qu'il reste environ 10 mL dans le ballon.
- L'échantillon est alors filtré sur membrane (Millipore 0.5µm).
- Le produit est alors récupéré dans un flacon ambré de 15 mL, et le solvant est éliminé sous flux d'azote jusqu'à ce qu'il reste environ 1 mL de dichlorométhane.
- On ajoute alors 1,5 ml d'acétonitrile à chaque échantillon.
- L'échantillon est à nouveau placé sous flux d'azote pour éliminer le reste de dichlorométhane.
- Les échantillons sont ensuite récupérés dans des flacons de 2 mL préalablement pesés.
- Les extraits sont alors pesés et emballés dans du papier aluminium.
- Ils sont ensuite conservés au réfrigérateur jusqu'à leur analyse et pour une durée de 1 mois maximum.

**Remarque :** Les extraits sont pesés avant leur mise au réfrigérateur et le seront à nouveau avant d'effectuer l'analyse afin de vérifier qu'il n'y a pas eu de perte de masse.

L'extraction sera réalisée dans un délai de 72 heures au plus après la fin de l'échantillonnage.

## 6. Stockage de l'extrait

L'extrait sera stocké au réfrigérateur, avant analyse, pendant une durée de 1 mois. Pesée de l'extrait pour évaluer les pertes éventuelles de solvant pendant le stockage (protocole pesé et précision).

## 7. Conditions d'analyse et délais

Les composés extraits seront analysés par une chaîne HPLC/Fluorimétrie décrites ci-après :

### Matériel

- Pompe à gradient de marque VARIAN
- Détecteur fluorimètre VARIAN 9075
- Logiciel d'acquisition BORWIN
- Bain thermostaté à 32°C
- Colonne SUPELCOSIL LC-PAH 25 cm \* 4,6 mm id ; 5µm de granulométrie.

### Produits et réactifs

- Acétonitrile de qualité HPLC
- Eau distillée

### Mode opératoire

- Nettoyage de la colonne : injections d'acétonitrile (2 injections minimum).

### Condition HPLC :

- Volume injecté : 20µl
- Gradient d'élution : acétonitrile/eau 40/60 à 100/0 en 30 minutes

- Débit éluant : 1,5 mL/min
- Température de la colonne : 32°C

### Traitement des données

Les chromatogrammes sont traités par le logiciel BORWIN.

### Les seuils de détection en phase liquide:

	Abréviation	Seuil de détection (ng/ml)
Benzo-a-pyrène	BaP	1,08
Benzo-a-anthracene	BaA	1,56
Benzo-b-Fluoranthene	BbF	1,27
Benzo-k-Fluoranthene	BkF	0,1
Benzo-j-Fluoranthene (à faire suivant les résultats du labo)	BjF	
Indenopyrene	IP	4,42
Dibenzo-a,h-anthracene	DBahA	1,97
Fluoranthene	FL	3,49
Anthracene	Ant	0,40
Phenanthrene	PHE	0,91
Pyrene	PY	0,29
Chrysene	CHR	1,18
Benzo-g,h,i-Pyrene	B(ghi)P	3,03

Les analyses seront réalisées selon le planning précisé en fin d'annexe, soit :

1<sup>er</sup> mois : 8 échantillons (4 filtres et 4 mousses), 2 blancs « Transport » et 1 blanc labo.

Les mois suivants : 8 échantillons (4 filtres et 4 mousses) et 2 blancs « Transport ».

## 8. Protocole qualité

### 8.1 Test des média filtrants

Les filtres sont acquis pour l'ensemble des participants par l'INERIS et les lots sont testés.

### 8.2 Blanc Laboratoire et Blanc de Terrain

Blanc de Laboratoire : Après conditionnement des mousses et des Filtres, on applique la méthode analytique complète (extraction, évaporation et analyse) à un filtre et une paire de mousses.

Blanc de Terrain : Il s'agit de faire subir à un filtre et une paire de mousses le même trajet que les échantillons pour repérer des éventuelles contaminations lors du transport et du stockage de ceux ci.

### 8.3 Rendement de la chaîne analytique (de l'évaporation à l'analyse)

Ajout de 2 étalons après l'extraction. Cet étalon va nous permettre d'induire 1 facteur correctif.

## Glossaire

- AC** : Acénaphthène  
**ACE** : Acénaphtylène  
**ANT** : Anthracène  
**B(a)A** : Benzo(a)anthracène  
**B(a)P** : Benzo(a)pyrène  
**B(b)F** : Benzo(b)fluoranthène  
**B(e)P** : Benzo(e)pyrène  
**B(ghi)P** : Benzo(g,h,i)perylène  
**B(k)F** : Benzo(k)fluoranthène  
**CG/GC** : Chromatographie en phase gazeuse  
**CHR** : Chrysène  
**COR** : Coronène  
**DB(ah)A** : Dibenzo (a,h)anthracène  
**EPA** : Environmental Protection Agency  
**FID** : Détecteur à Ionisation de Flamme  
**FL** : Fluoranthène  
**FLN** : Fluorène  
**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques  
**HPLC** : Chromatographie en phase liquide à haute performance  
**IARC** : Centre International de Recherche sur le Cancer  
**INERIS** : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques  
**IP** : Indeno(1,2,3-cd)pyrène  
**ISO** : the International Organization for Standardization  
**MS/SM** : spectrométrie de masse  
**NAP** : Naphtalène  
**NIST** : National Institute of Standards and technology  
**PE** : Perylène  
**PHE** : Phénanthrène  
**PM10** : matière particulaire de taille inférieure à 10 µm  
**PY** : Pyrène  
**UV** : Ultra-Violet

## Bibliographie

- [1] IFREMER, Abarnou A., Burgeot T. Chevreuil M. Leboulenger F., Loizeau V., Madoulet-jaouen A., Minier C., *Les contaminants organiques : quels risques pour le monde vivant*.
- [2] LCSQA, Leoz-Garziandia E., *Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques dans l'air ambiant (HAP)*, Ineris, décembre 2000.
- [3] CITEPA / CORALIE format SECTEN - mise à jour février 2004.
- [4] [www.citepa.org](http://www.citepa.org)
- [5] Masclat P., Nikolau K. et Mouvier G., *Identification des sources d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques particulaires dans l'atmosphère urbaine*. In physico-chemical behavior of atmospheric pollutant. Proceeding of the third European Symposium held in Varese Italy, 10-12 avril 1984, 616-626.
- [6] ADEME, Dossier de Presse *Dioxines et Polluants Organiques Persistants*, Journées techniques nationales, 10 et 11 mars 2004 .
- [7] Masclat P., Hoyau V. Jaffrezo J.L. et Legrand M., *Evidence of the presence of polycyclic aromatic hydrocarbons in the polar atmosphere and in the polar ice of Greenland*, *Analisis* 23, 250 quoted in [2].
- [8] INSERM, *Métabolisme et mécanisme d'action des principales substances cancérogène d'origine professionnelle*, 2000.
- [9] Rapport du ministère de la santé : *Politiques publiques, pollution atmosphérique et santé : poursuivre la réduction des risques*, juin 2000.
- [10] Byczkowski J.Z. et Kulkarni A.P., *Lipid peroxydation and benzo(a)pyrene derivation cooxygenation by environmental pollutants*, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1990, 45, 633.
- [11] Conseil de l'Union Européenne, *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air*, 06 février 2004.
- [12] CSHPF, *Avis relatif au projet de directive concernant la pollution de l'air ambiant par les hydrocarbures aromatiques polycycliques*, 17 septembre 1997.
- [13] LCSQA, Tatry V., Bocquet N., Leoz E., Marlière M. et R. Dujardin R., *Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) dans l'air ambiant*, Ineris, décembre 1999.
- [14] AIRFOBEP, *Bilan de la Qualité de l'Air*, 2002.
- [15] AIRFOBEP, *Bilan de la Qualité de l'Air*, 2003.
- [16] LCSQA, Leoz-Garziandia E., *Programme pilote national de surveillance des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) Rapport 1*, Ineris, décembre 2003.
- [17] LCSQA, Leoz-Garziandia E., *Programme pilote national de surveillance des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)*, Ineris, décembre 2001.