

qualité

protection

informer

évaluation

particules

ozone

SO₂

www.airaq.asso.fr
AIRAQ - Surveillance de la qualité de l'air en Aquitaine
13, allée J. Watt - Parc d'activités Chemin Long - 33692 Mérignac Cedex
Tél. 05 56 24 35 30 - Fax 05 56 24 24 06



A I R A Q
Atmo Aquitaine

Rapport n° ET/HAP/13/02

Campagne de mesures :

Évaluation des niveaux de HAP sur l'Aéroport de Bordeaux-Mérignac

Année 2012



Evaluation des niveaux de HAP sur l'Aéroport de Bordeaux-Mérignac : année 2012

Rédaction	Pierre-Yves GUERNION, Responsable Etudes
Vérification	Sarah LE BAIL, Ingénieur d'Etudes
Approbation	Patrick BOURQUIN, Directeur
Date	22/02/13
Référence	Rapport n° ET/HAP/13/02
Nombre de pages	24



SOMMAIRE

GLOSSAIRE	3
INTRODUCTION	4
I. LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES	5
I.1. DEFINITION	5
I.2. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES	5
I.3. DEVENIR DANS L'ENVIRONNEMENT	6
I.4. MOLECULES RECHERCHEES	7
II. MATERIEL ET METHODES.....	10
II.1. METHODE DE PRELEVEMENT	10
II.2. SITE DE MESURES	11
II.3. ANALYSE	12
II.4. COUVERTURE TEMPORELLE.....	12
III. EXPLOITATION DES RESULTATS.....	13
III.1. RESULTATS OBTENUS EN 2012	13
III.2. COMPARAISON DES NIVEAUX DE B[A]P AUX AUTRES MESURES AIRAQ	15
III.3. COMPARAISON DES NIVEAUX DE HAP AUX MESURES 2010-2011 EN FRANCE	17
CONCLUSION.....	19
ANNEXES.....	20

GLOSSAIRE

AASQA : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air. Il en existe une par région en France. Pour en savoir plus : <http://www.airaq.asso.fr> (onglet AIRAQ / dispositif national & régional).

CAS : Le n°CAS (*CAS number*) d'un produit chimique, est son numéro d'enregistrement unique auprès de la banque de données de Chemical Abstracts Service (CAS), une division de l'American Chemical Society (ACS).

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

Chromatographie : technique analytique utilisée en chimie, permettant la séparation des constituants d'un mélange homogène liquide ou gazeux.

CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique.

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air.

MEDDE : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie

Objectif de qualité : niveau de concentration fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement dans son ensemble, à atteindre, si possible.

PM10 / PM2,5 : particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm / 2,5µm.

Polluant primaire : Composé rejeté dans l'atmosphère directement par la source de pollution.

Polluant secondaire : Polluant résultant de la transformation de polluants primaires par différentes réactions chimiques.

Station urbaine de fond : Situées dans des quartiers densément peuplés (entre 3 000 et 4 000 habitants/km²) et à distance de sources de pollution directes, l'objectif de ces stations est le suivi du niveau d'exposition moyen de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits de « fond » dans les centres urbains.

Station de proximité automobile : L'objectif de ces stations est de fournir des informations sur les concentrations mesurées dans les zones représentatives du **niveau maximum d'exposition** auquel la population située en **proximité d'une infrastructure routière**, est susceptible d'être exposée. Les principaux polluants mesurés sont ceux d'origine automobile comme le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO + NO₂), les particules en suspension (PM10) et certains composés organiques toxiques (BTX).

Valeur cible : valeur fixée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible dans un délai donné.

Valeur limite : valeur à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement dans son ensemble.

µg/m³ : microgramme par mètre cube d'air (1 µg = 0,000 001g).

ng/m³ : nanogramme par mètre cube d'air (1 ng = 0,001 µg = 0,000 000 001 g).

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques – Famille des molécules constituées d'atomes de carbone et d'hydrogène dont la structure comprend au moins deux cycles aromatiques condensés.

B[a]P : abréviation usuelle du benzo[a]pyrène.

B[a]A : abréviation usuelle du benzo[a]anthracène.

B[b]F : abréviation usuelle du benzo[b]fluoranthène.

B[j]F : abréviation usuelle du benzo[j]fluoranthène.

B[k]F : abréviation usuelle du benzo[k]fluoranthène.

B[a,h]A : abréviation usuelle du dibenzo[a,h]anthracène.

I[123,cd]P : abréviation usuelle de l'indéno-[1,2,3-cd]pyrène.

INTRODUCTION

Dans le cadre de la charte du Développement Durable de l'Aéroport de Bordeaux-Mérignac 2010-2013 (action 13), et dans la continuité des précédentes collaborations entre AIRAQ et ADBM visant à évaluer l'impact de l'activité aéroportuaire sur la qualité de l'air, Aéroport de Bordeaux-Mérignac (ADBM) a sollicité AIRAQ pour la réalisation d'une campagne exploratoire de mesures de HAP sur l'Aéroport de Bordeaux-Mérignac.

En effet, dans le cadre des campagnes de mesures déjà réalisées par AIRAQ, un très large panel de polluants faisant l'objet d'une réglementation en air ambiant avait d'ores et déjà été mesuré dans l'enceinte de l'Aéroport. Toutefois, l'évolution de la réglementation, et en particulier la IV^{ème} directive fille (2004/107/CE), transcrite en droit français par les décrets 2007/1479 du 12 octobre 2007 et 2008/1152 du 07 novembre 2008, a rendu obligatoire la surveillance des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) dans les Etats membres de l'Union Européenne. Aussi, il a paru intéressant d'effectuer une étude exploratoire sur ces composés dans l'air ambiant sous influence aéroportuaire.

La présente étude a donc pour objectif :

- De dresser un état des lieux des niveaux pour les 7 HAP cités dans la Directive 2004/107/CE sur l'Aéroport de Bordeaux-Mérignac
- De comparer les niveaux de benzo[a]pyrène (seul HAP pour lequel une valeur cible a été définie) relevés sur ce site par rapport aux autres sites surveillés en Aquitaine,
- De comparer les niveaux en HAP à ceux relevés en France.

I. LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES

I.1. Définition

Les HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) sont une famille de molécules qui regroupe des composés chimiques constitués au minimum de 2 cycles aromatiques fusionnés à base d'atomes de carbone et d'hydrogène jusqu'à 6, 8 cycles et même plus (ce nombre maximal de cycles varie dans la littérature). Les noyaux peuvent être accolés de façon linéaire, angulaire ou en grappe.

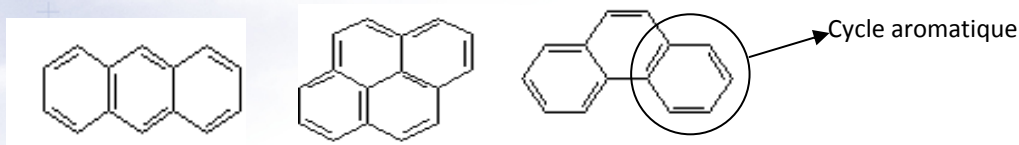


Figure 1: Exemples d'ossatures de HAP

Il est impossible de dénombrer et de nommer toutes les molécules appartenant à la famille des HAP. En effet, le nombre théorique de composés est susceptible d'être supérieur à mille. Selon le nombre de cycles, ils sont classés en HAP légers (2 à 3 cycles) ou lourds (4 cycles et plus) qui ont des caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques différentes.

Deux types de HAP sont distingués suivant leurs origines :

- les **pétrogéniques**, ou HAP « naturels », qui sont présents dans les bruts pétroliers et qui se caractérisent par une forte proportion d'hydrocarbures ramifiés. Ceci explique leur présence dans le pétrole, le charbon et leurs produits dérivés.
- les **pyrogéniques**, ou HAP « anthropiques », produits par combustion ou pyrolyse 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, c'est-à-dire directement émis, et non résultant de réactions entre espèces dans l'atmosphère. Ce sont les HAP prédominants dans l'environnement.

Il est à noter que de très faibles quantités de HAP peuvent être produites par biosynthèse et par diagenèse (*ensemble des processus qui interviennent dans la transformation des sédiments en roches sédimentaires*) et il ne faut cependant pas oublier certaines sources naturelles comme les feux de forêts, les éruptions volcaniques et la matière organique en décomposition. Les HAP sont présents dans l'environnement à l'état de traces, c'est à dire à des concentrations allant du dixième à quelques dizaines de ng/m^3 .

I.2. Propriétés physico-chimiques

Leur masse moléculaire varie de 128 g/mol pour le naphthalène qui est le plus léger (2 cycles) à plus de 300 g/mol (398 g/mol par exemple pour l'ovalène et ses dix cycles). A l'intérieur de cette plage, il existe plusieurs dizaines de composés qui diffèrent par le nombre et la position des noyaux aromatiques condensés.

De façon générale, lorsque leur masse moléculaire augmente, la solubilité dans l'eau des HAP diminue. A l'inverse, leur point de fusion et d'ébullition augmentent avec leur masse moléculaire. De plus, ces molécules ont un important potentiel d'adsorption sur les matières particulaires en suspension dans l'air et dans l'eau, ainsi qu'un fort potentiel de bioconcentration dans les organismes, notamment dans les **lipides**.

Par conséquent, les HAP pyrogéniques, qui sont initialement émis sous forme de gaz, s'adsorbent sur de fines particules en suspension préexistantes ou s'incorporent aux aérosols lors de la phase de refroidissement après émission. L'essentiel des HAP lourds est donc adsorbé sur ces particules. Concernant les composés légers, ils se répartissent soit entre une phase gazeuse et une phase particulaire (composés dits semi volatils) comme par exemple l'anthracène, le phénanthrène, le fluoranthène ou le pyrène, soit seulement à l'état gazeux. Cette répartition est régie par la tension de vapeur des HAP qui est fonction de la température, de la quantité et la taille des particules et de l'affinité des HAP pour ces particules. Concernant cette répartition, les HAP vont s'adsorber préférentiellement sur des particules fines ayant un diamètre de **0,1 à 3 μm** , soit principalement les **PM 2,5** (particules de diamètre aérodynamique < 2,5 microns).

I.3. Devenir dans l'environnement

Les HAP se retrouvent donc dans l'atmosphère principalement associés à des particules. Les matières en suspension, et par conséquent les HAP qui y sont adsorbés, peuvent être transportés sur de grandes distances avant d'être éliminés de l'atmosphère par dépôt sec ou humide pour passer dans l'eau ou le sol. Ils peuvent également subir des transformations par réactions chimiques. Elles ont été très étudiées aussi bien théoriquement qu'expérimentalement. Les HAP peuvent réagir avec :

- les **rayons UV** : la photo-oxydation produit des composés oxygénés dont certains sont de probables cancérogènes.
- les **NOx** : les réactions entre HAP et composés nitrés amènent à la formation des nitro-HAP qui peuvent être des mutagènes directs.
- l'**ozone** : les HAP réagissent très facilement avec l'ozone.
- les **composés soufrés** : les HAP peuvent réagir avec SO_2 , SO_3 et H_2SO_4 .
- les **radicaux** (ROO° , OH°) : ils donnent des produits de substitution ou d'oxydation.

L'oxydation et l'hydroxylation sont les deux mécanismes les plus importants. Ils sont tous les deux activés par la lumière solaire. Les demi-vies de photo-oxydation pour les divers HAP sont comprises entre 0,4 h et 68,1 h, alors que les demi-vies de photolyse varient de 0,37 h à 25 h, si l'on exclut la demi-vie très longue du naphthalène (1 704 à 13 200 h). Ces transformations chimiques sont assujetties à plusieurs facteurs, y compris la nature des particules sur lesquelles les HAP sont adsorbés et la quantité de HAP adsorbée.

Etant donné leur persistance qui est faible à moyenne, leurs propriétés et leur faible concentration à l'équilibre dans l'atmosphère, les HAP ne sont pas considérés comme pouvant contribuer de façon importante à l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique, au réchauffement planétaire ou à la formation d'ozone troposphérique.

I.4. Molécules recherchées

Comme précisé en introduction, l'étude exploratoire des niveaux de HAP sur l'Aéroport de Bordeaux a consisté à rechercher les 7 HAP cités dans la directive 2004/107/CE. Quelques éléments sont fournis dans ce paragraphe à titre indicatif sur ces molécules. Les informations sont principalement issues des « Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques » établies par l'INERIS, et disponibles sur le site <http://www.ineris.fr/substances/fr/>. Le classement du CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) a été actualisé à l'aide du site <http://www.iarc.fr/>.

- Benzo[a]pyrène (C₂₀H₁₂, n° CAS 50-32-8) :

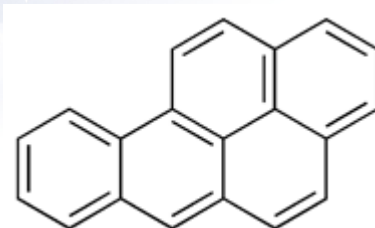


Figure 2 : Formule chimique développée du benzo[a]pyrène

Le benzo[a]pyrène est présent dans les combustibles fossiles. Il est également formé lors de combustions incomplètes puis rejeté dans l'atmosphère où il est présent majoritairement dans la phase particulaire du fait de sa tension de vapeur extrêmement faible.

Les sources naturelles d'émission sont les éruptions volcaniques et les feux de forêts. Sa présence dans l'environnement est d'autre part d'origine anthropique : raffinage du pétrole, du schiste, utilisation du goudron, du charbon, du coke, du kérosène, sources d'énergie et de chaleur (**dont chauffage au bois**), revêtements routiers, fumée de cigarette, échappement des machines à moteur thermique, huiles moteur, carburants, aliments fumés ou grillés au charbon de bois, huiles, graisses, margarines, etc....

Classement CIRC : Groupe 1 : cancérogène pour l'homme (2012, vol. 100F).

- Benzo[a]anthracène (C₁₈H₁₂, n° CAS 56-55-3) :

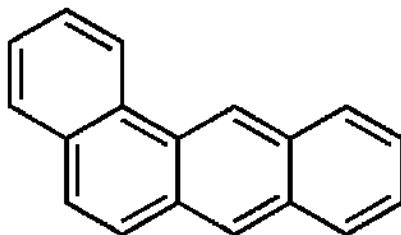


Figure 3 : Formule chimique développée du benzo[a]anthracène

Classement CIRC : Groupe 2B : cancérogène possible pour l'homme (2010, vol. 92)

- Benzo[b]fluoranthène (C₂₀H₁₂, n° CAS 205-99-2) :

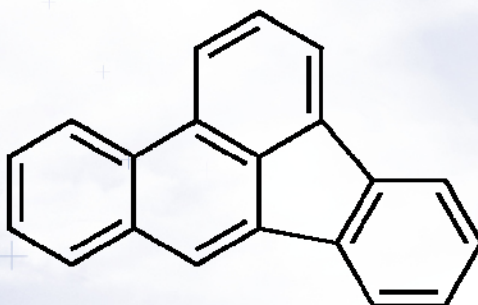


Figure 4 : Formule chimique développée du benzo[b]fluoranthène

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 des sources d'exposition importantes.

Classement CIRC : Groupe 2B : cancérogène possible pour l'homme (2010, vol. 92)

- Benzo[j]fluoranthène (C₂₀H₁₂, n° CAS 205-82-3) :

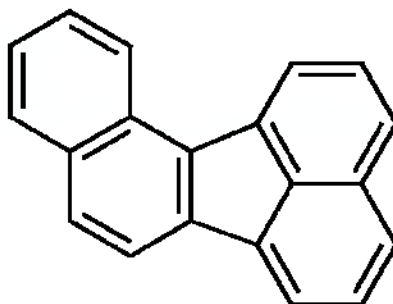


Figure 5 : Formule chimique développée du benzo[j]fluoranthène

Classement CIRC : Groupe 2B : cancérogène possible pour l'homme (2010, vol. 92)

- Benzo[k]fluoranthène (C₂₀H₁₂, n° CAS 207-08-9) :

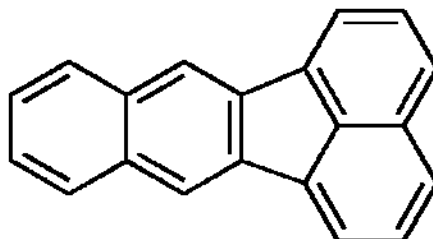


Figure 6 : Formule chimique développée du benzo[k]fluoranthène

Le benzo[k]fluoranthène est présent dans les combustibles fossiles. Lors de combustions incomplètes, il est rejeté dans l'atmosphère où il est essentiellement présent sous forme particulaire du fait de sa tension de vapeur extrêmement faible. On le trouve également dans la fumée de cigarette, dans les gaz d'échappement d'automobiles, dans les émissions provenant de la combustion de charbons ou d'huiles, dans les huiles moteur et le goudron de charbon. Il peut être libéré dans l'hydrosphère lors du lessivage par la pluie de stocks de charbon.

Classement CIRC : Groupe 2B : cancérogène possible pour l'homme (2010, vol. 92)

- Dibenzo[a,h]anthracène (C₂₂H₁₄, n° CAS 53-70-3) :

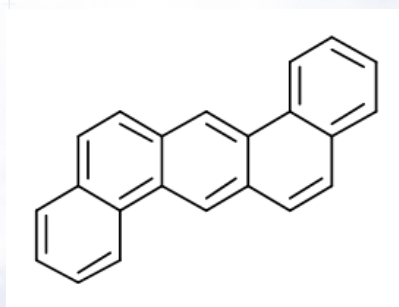


Figure 7 : Formule chimique développée du dibenzo[a,h]anthracène

Le dibenzo[a,h]anthracène est présent dans les combustibles fossiles. Les principales sources anthropiques de dibenzo[a,h]anthracène dans l'environnement sont les fumées d'échappement des moteurs diesel. La fumée de cigarette, les échappements de moteurs à essence, la fumée des chaudières au charbon et des fours à coke, les huiles usagées et les goudrons sont également responsables de la présence de dibenzo[a,h]anthracène dans l'environnement.

Classement CIRC : Groupe 2A : cancérogène probable pour l'homme (2010, vol. 92).

- Indéno[1,2,3-c,d]pyrène (C₂₂H₁₂, n° CAS 193-39-5) :

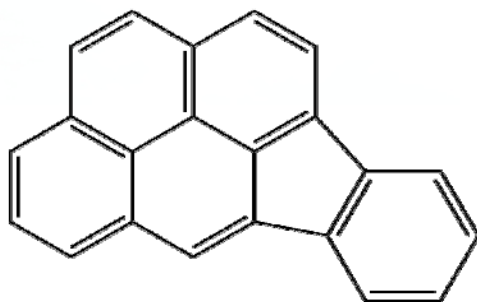


Figure 8 : Formule chimique développée de l'indéno[1,2,3-c,d]pyrène

L'indéno[1,2,3-c,d]pyrène est présent naturellement dans les combustibles fossiles, les huiles brutes, les huiles de schiste, dans les feuilles de diverses espèces d'arbres... Sa présence naturelle dans l'environnement résulte également des feux de forêts et des éruptions volcaniques.

Les principales sources sont cependant d'origine anthropique. La combustion incomplète de bois, de charbon, de carburant utilisé dans les moteurs thermiques (machines, propulsion automobile essence ou Diesel), les fours à bois, les incinérateurs d'ordures ménagères, les fumées industrielles, les aliments grillés au charbon de bois, la fumée de cigarette sont les principaux vecteurs d'exposition de l'environnement à l'indéno[1,2,3-c,d]pyrène.

Classement CIRC : Groupe 2B : cancérogène possible pour l'homme (2010, vol. 92).

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Méthode de prélèvement

Afin de pouvoir piéger les HAP, les **préleveurs « haut débit » HVS** (High Volume Sampler) ou **« bas débit »** (Low Volume Sampler) sont recommandés. Ces appareils sont à l'origine utilisés pour la mesure des PM10. Ils utilisent la technique de filtration : l'air est aspiré à l'aide d'une pompe, passe à travers un filtre où les particules restent piégées. La pompe peut débiter un volume d'air allant de 1 à 100 m³/h environ selon le type de préleveur. Leur intérêt réside dans le fait qu'ils peuvent être équipés d'un adsorbant positionné en aval du filtre afin de piéger la fraction gazeuse des composés.

Toutefois, au vu des limites de quantification de ces molécules par les laboratoires, AIRAQ a fait le choix de l'utilisation d'un préleveur HVS. Le HVS installé sur le site de l'Aéroport est un **DA-80** (DIGITEL) permettant de prélever jusqu'à 60 m³/h. La tête de prélèvement est un impacteur à étage qui permet de recueillir les particules de diamètre inférieur à **10 µm pour un débit de 30 m³/h** (spécification du constructeur). Le détail de ce préleveur est présenté en Figure 9.

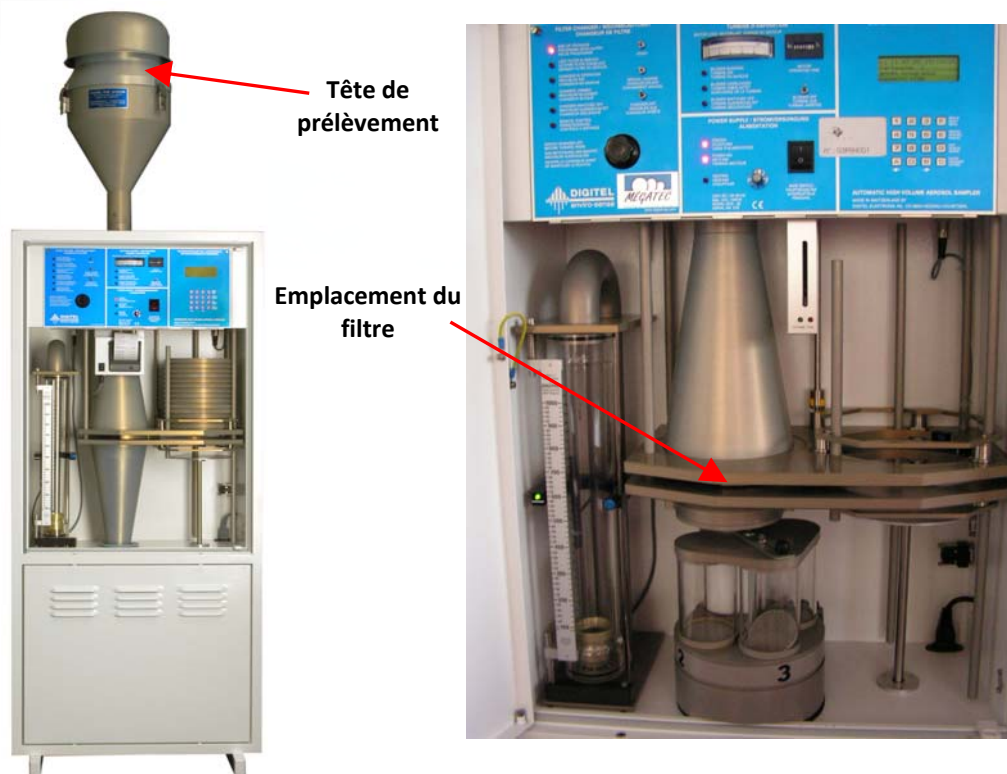


Figure 9 : Préleveur haut débit DA-80

La phase particulaire est recueillie grâce à des **filtres de diamètre 150 mm en fibre de quartz**.



Figure 10 : Filtre en fibre de quartz

Conformément aux recommandations du MEDDE, une durée de prélèvement de 24 heures et un débit de 30 m³/h ont été fixés pour les prélèvements réalisés lors de cette campagne.

II.2. Site de mesures

Le préleveur a été installé à proximité de la piste principale de l'Aéroport, à savoir la piste 05/23. Pour des raisons de sécurité, le préleveur a été installé dans l'enceinte de l'ancienne fourrière de l'Aéroport, comme présenté sur la vue aérienne Figure 11 et sur la photo du préleveur Figure 12. La distance entre le préleveur et la piste est d'environ 500 m.

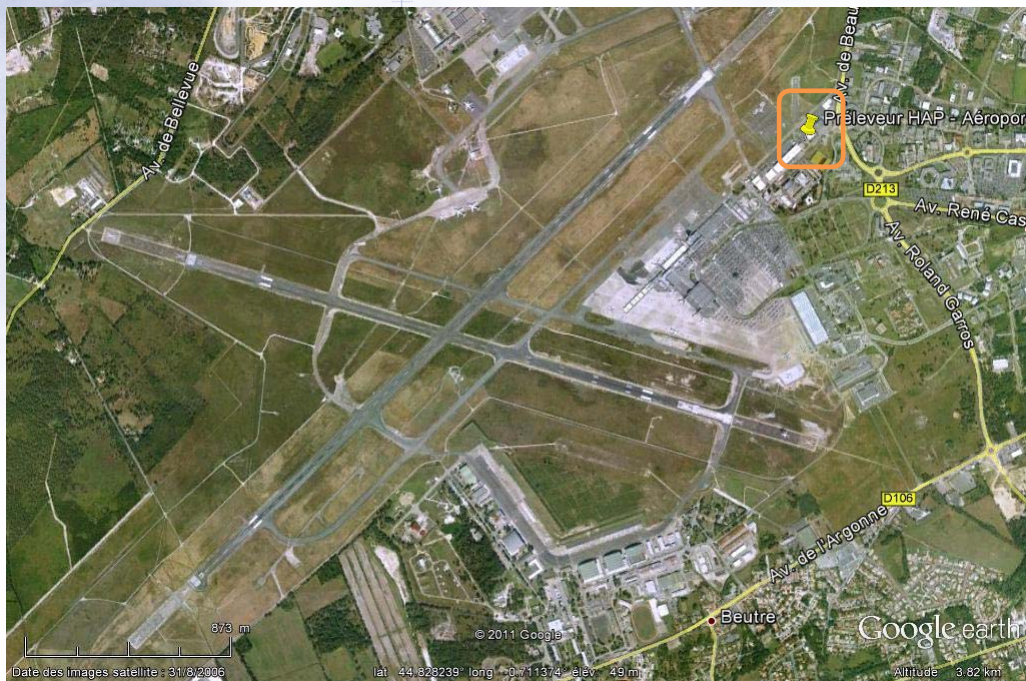


Figure 11 : Vue aérienne de l'implantation du préleveur sur l'Aéroport



Figure 12 : Implantation du préleveur sur l'Aéroport

II.3. Analyse

L'analyse des filtres a été confiée au laboratoire IANESCO (86). Elle est réalisée par CPG/SM (Chromatographie en Phase Gazeuse / Spectrométrie de Masse) selon la norme NF EN 15549 pour le benzo[a]pyrène. La limite de détection établie par ce laboratoire est de 0,025 µg (ou 25 ng) de benzo[a]pyrène par filtre, ce qui correspond, pour un volume de 700 m³ (prélèvement de 24 h), à environ 0,035 ng/m³, soit 30 fois moins que la valeur cible de 1 ng/m³. Par convention, toutes les valeurs inférieures à la limite de quantification de la méthode, fixée au niveau national à 0,04 ng/m³ sont prises égales à cette valeur.

Les limites de quantification pour les 7 HAP mesurés dans le cadre de cette campagne sont précisées dans le Tableau 1.

Limite de quantification	En ng/filtre	En ng/m ³ *
benzo[a]pyrène	25	0,04
benzo[a]anthracène	12,5	0,02
benzo[b]fluoranthène	25	0,04
benzo[k]fluoranthène	25	0,04
benzo[j]fluoranthène	25	0,04
dibenzo[a,h]anthracène	25	0,04
indéno-[1,2,3-cd]pyrène	25	0,04

Tableau 1 : Limite de quantification des 7 HAP – Laboratoire IANESCO

Ce laboratoire participe aux essais d'intercomparaison organisé par le LCSQA pour les 7 HAP de la Directive, et donne des résultats satisfaisants par rapport aux exigences nationales.

II.4. Couverture temporelle

La directive 2004/107/CE précise qu'afin de pouvoir établir une moyenne annuelle indicative pour les HAP, il est nécessaire de disposer :

- de mesures 14 % du temps (soit un minimum de 52 prélèvements quotidiens)
- d'une saisie minimale des données de 90 % (soit **un minimum de 47 prélèvements validés**)

De plus, au vu de la forte saisonnalité des HAP, il est également recommandé de disposer d'un échantillonnage également réparti sur l'ensemble de l'année

Sur l'Aéroport, 61 prélèvements ont ainsi été programmés, à raison d'un tous les 6 jours et ce à partir du 5 janvier 2012. Parmi ces prélèvements, 2 ont été défectueux (le 15/07 et le 06/12). Au final **59 mesures journalières** réparties sur l'année entière ont été réalisées, ce qui est supérieur aux exigences réglementaires. Il est donc possible d'établir une moyenne annuelle indicative pour l'ensemble des HAP mesurés sur l'Aéroport de Bordeaux-Mérignac. Tous les résultats journaliers sont présentés dans l'annexe 2.

* Pour un prélèvement de 700 m³ sur 24 h

III. EXPLOITATION DES RESULTATS

III.1. Résultats obtenus en 2012

Le Tableau 2 ci-dessous reprend les résultats synthétiques (moyennes annuelles et maximums journaliers) pour les 7 HAP cités dans la directive 2004/107/CE recherchés sur l'Aéroport de Bordeaux-Mérignac en 2012.

(ng/m ³)	B[a]P	B[a]A	B[b]F	B[k]F	B[j]F	B[ah]A	I[123,cd]P	Σ 7 HAP
Moyenne	0,24	0,21	0,31	0,15	0,20	0,06	0,23	1,40
Maximum	1,51	2,02	1,74	0,83	0,99	0,22	1,14	8,39
Date du max	04/02	04/02	04/02	04/02	04/02	04/02	11/01	04/02

Tableau 2 : Récapitulatif des résultats HAP - Aéroport de Bordeaux 2012

En terme de moyenne annuelle décroissante, ces HAP sont classés de la manière suivante :

- benzo[b]fluoranthène,
- benzo[a]pyrène,
- indéno-[1,2,3-cd]pyrène,
- benzo[a]anthracène,
- benzo[j]fluoranthène,
- benzo[k]fluoranthène,
- dibenzo[a,h]anthracène

Les Figure 13 et Figure 14 présentent les valeurs mensuelles respectivement en benzo[a]pyrène et pour les 7 HAP sur l'Aéroport. La Figure 15 présente quant à elle les box plot des valeurs journalières pour les 7 HAP.

Pour le benzo[a]pyrène, il ressort qu'aucune moyenne mensuelle n'est supérieure à la valeur cible fixée pour ce polluant à 1 ng/m³. Le mois de février présente les niveaux les plus élevés, suivi par janvier et novembre, en lien avec la forte saisonnalité de ce polluant.

Ces observations sont également vraies pour le cumul des 7 HAP. Le maximum mensuel cumulé est de l'ordre de 5 ng/m³ pour le mois de février, suivi également par les mois de janvier et novembre.

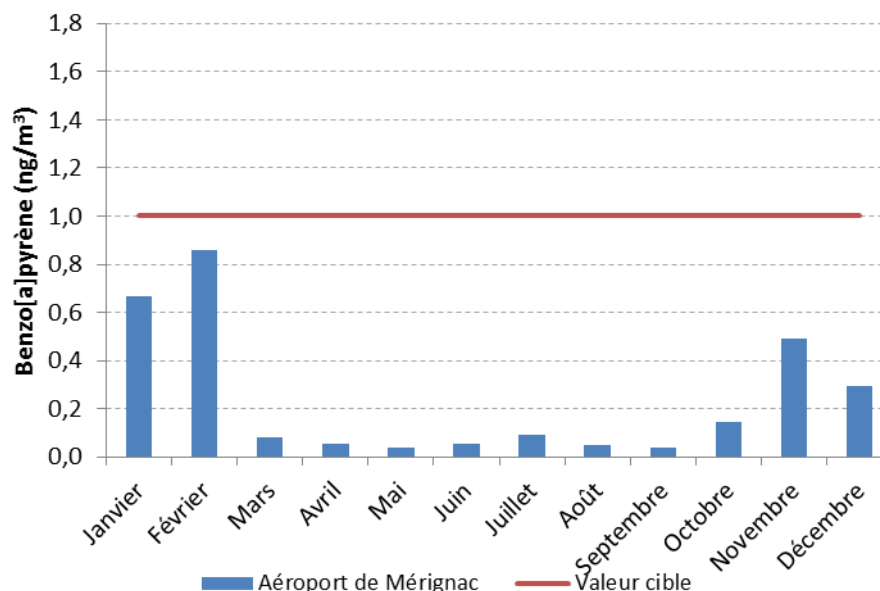


Figure 13 : Evolution mensuelle des teneurs en benzo[a]pyrène sur l'Aéroport de Bordeaux en 2012

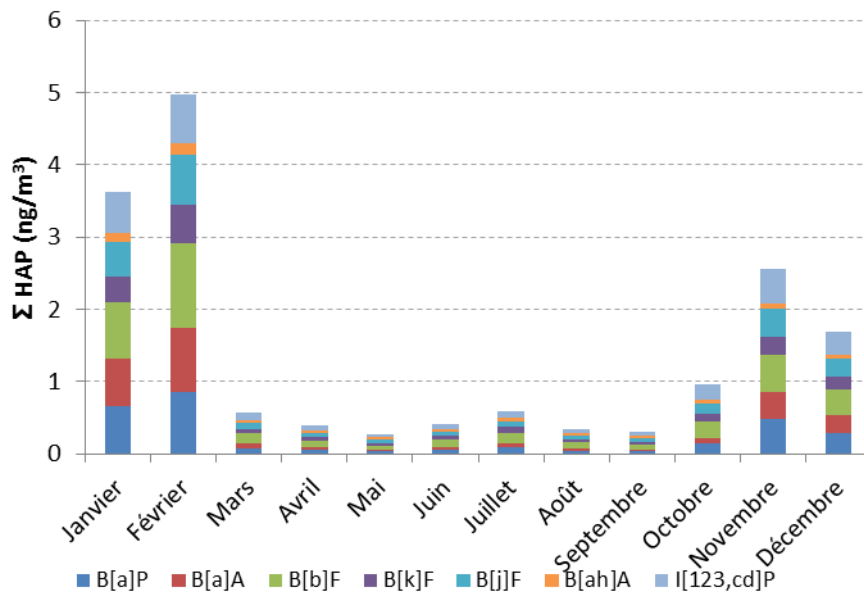


Figure 14 : Evolution mensuelle des teneurs en HAP sur l'Aéroport de Bordeaux en 2012

La saisonnalité de ces polluants est bien marquée. En effet, des teneurs faibles sont relevées entre mars et septembre. A noter que le pourcentage d'échantillons dans lesquels les molécules n'ont pas été détectées s'élève à :

- 39 % pour le B[a]P,
- 22 % pour le B[a]A,
- 15 % pour le B[b]F,
- 46 % pour le B[k]F,
- 41 % pour le B[j]F,
- 69 % pour le B[a,h]A,
- 22 % pour le I[123,cd]P

Et ce, principalement entre avril et octobre.

Les représentations en box-plot montrent que, bien qu'en moyenne annuelle, le benzo[a]anthracène soit en 4^{ème} position, c'est ce polluant qui présente la valeur journalière maximale, à savoir 2,02 ng/m³ le 04/02, jour où 6 des 7 HAP présentent leur maximum. Cette observation mise à part, les box-plot sont bien en cohérence avec les prépondérances des HAP en moyenne annuelle.

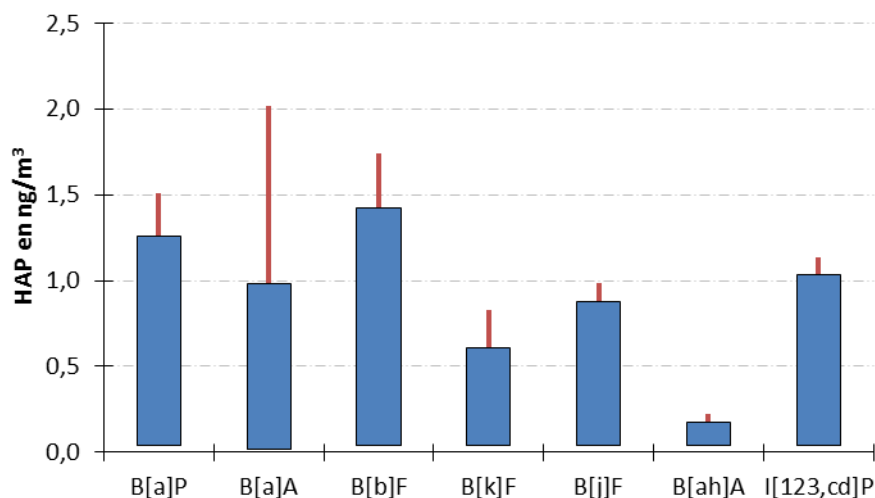


Figure 15 : Gamme des teneurs journalières en HAP sur l'Aéroport de Bordeaux en 2012

Les 7 HAP sont très bien corrélés entre eux, comme le montre le Tableau 3. En effet, tous les coefficients de corrélation sont supérieurs à 0,92, et vont au-delà de 0,99. Toutefois, il est intéressant de noter que le benzo[a]anthracène est celui qui est le moins bien corrélé avec les autres. En effet, parmi les 7 corrélations les plus faibles, 6 concernent le benzo[a]anthracène, signe d'un comportement légèrement différent pour cette molécule.

B[a]A	B[b]F	B[k]F	B[j]F	B[ah]A	I[123,cd]P	
0,968	0,977	0,985	0,984	0,973	0,980	B[a]P
	0,946	0,959	0,933	0,954	0,922	B[a]A
		0,997	0,993	0,979	0,975	B[b]F
			0,993	0,984	0,975	B[k]F
				0,974	0,987	B[j]F
					0,947	B[ah]A

Tableau 3 : Coefficients de corrélation entre les 7 HAP - Aéroport de Bordeaux 2012

III.2. Comparaison des niveaux de B[a]P aux autres mesures AIRAQ

En 2012, des mesures de benzo[a]pyrène ont également été réalisées sur les stations urbaines de fond de Dax et Talence. Aussi, il est possible de comparer les mesures faites sur ces trois sites pour cette molécule. A ce titre, les évolutions mensuelles comparatives sont présentées Figure 16 et les box-plots Figure 17.

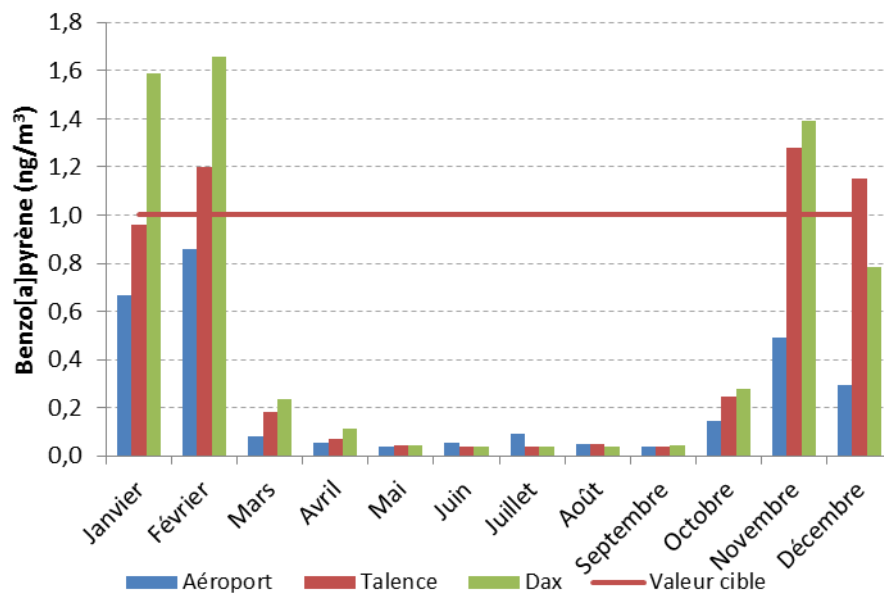


Figure 16 : Moyennes mensuelles 2012 sur l'Aéroport de Bordeaux, Talence et Dax

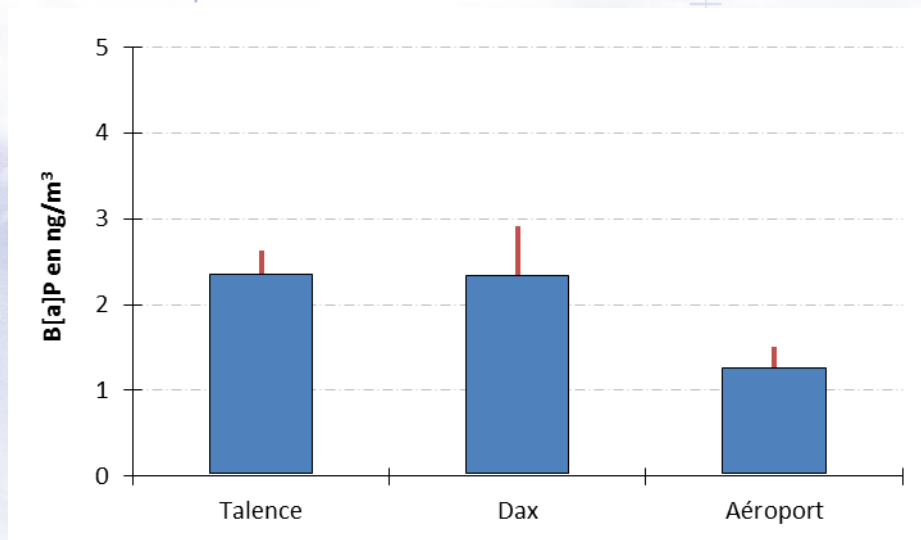


Figure 17 : Box-plot 2012 en B[a]P sur l'Aéroport de Bordeaux, Talence et Dax

Il ressort de ces comparaisons que les niveaux observés sur l'Aéroport sont les plus faibles des trois sites. En moyenne annuelle, cela se traduit par des niveaux 1,5 à 2 fois plus faibles ($0,24 \text{ ng/m}^3$ sur l'Aéroport, contre $0,44 \text{ ng/m}^3$ sur Talence et $0,52 \text{ ng/m}^3$ sur Dax).

Les seuls mois où des niveaux plus élevés sont relevés sur l'Aéroport par rapport aux autres sites sont les mois de juin et juillet. En y regardant de plus près, cet écart est lié aux niveaux observés sur l'Aéroport les 21/06, 27/06 et 03/07. A cette période, des travaux de réfection de chaussée étaient en cours au niveau de la rue située à environ 25 m du préleveur, comme présenté dans la Figure 18 ci-après.



Figure 18 : Vue aérienne resserrée du préleveur

Malgré cette observation, les moyennes mensuelles de juin et juillet n'excèdent pas $0,1 \text{ ng/m}^3$, et restent donc plus de 10 fois inférieures à la valeur cible.

III.3. Comparaison des niveaux de HAP aux mesures 2010-2011 en France

Les HAP autres que le benzo[a]pyrène n'étant pas mesurés sur les sites de Talence et Dax, les niveaux de HAP sur l'Aéroport sont comparés à ceux mesurés en France. A ce titre, AIRAQ a obtenu, via le LCSQA, les données 2010 et 2011 de l'ensemble des sites français soit :

- 36 sites en 2010
 - 23 sites urbains/périurbains
 - 6 sites trafic
 - 2 sites ruraux
 - 5 sites industriels
- 53 sites en 2011 dont
 - 30 sites urbains/périurbains
 - 8 sites trafic
 - 6 sites ruraux
 - 9 sites industriels

Seuls les sites avec une couverture temporelle minimale de 14 % du temps ont été retenus (mesures a minima indicatives au sens de la directive 2004/107/CE).

La Figure 19 présente les moyennes annuelles obtenues dans ce cadre, par typologie de site. Il ressort que les niveaux observés sur l'Aéroport sont :

- Inférieurs à ceux observés sur les sites urbains, trafics et industriels pour l'ensemble des HAP
- Du même ordre de grandeur que ceux observés sur les sites ruraux

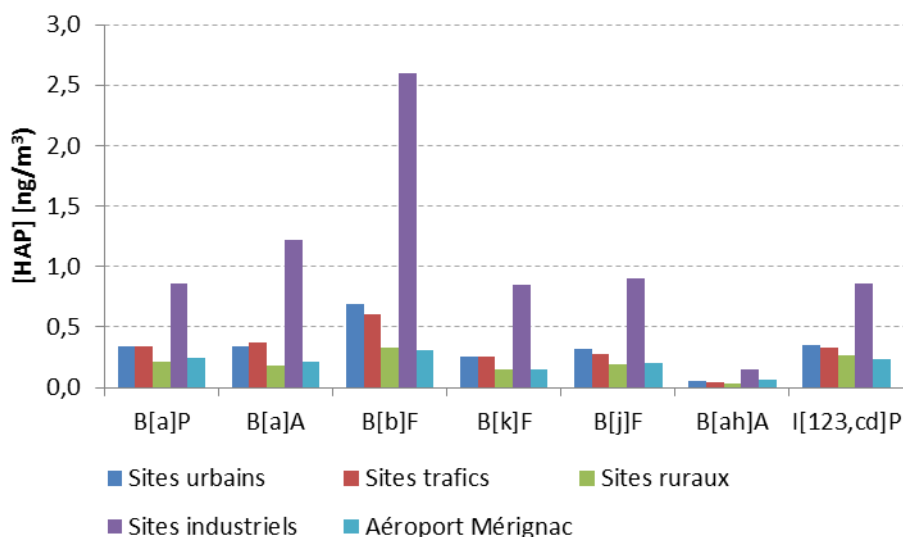


Figure 19 : Moyennes annuelles HAP en France par typologie de site

Le Tableau 4 ci-après reprend, typologie par typologie, les moyennes en HAP relevées sur les différents sites, en identifiant, le minimum, le maximum, et la moyenne de tous les sites de même typologie. Les moyennes obtenues sur l'Aéroport de Bordeaux-Mérignac sont également précisées dans ce même tableau.

		B[a]P	B[a]A	B[b]F	B[k]F	B[j]F	B[ah]A	I[123,cd]P
Urbains	Moyenne	0,34	0,34	0,69	0,25	0,32	0,06	0,35
	Min	0,07	0,07	0,10	0,04	0,05	0,01	0,09
	Max	2,62	2,82	6,45	1,62	1,75	0,35	1,68
Trafic	Moyenne	0,34	0,37	0,61	0,25	0,28	0,04	0,33
	Min	0,14	0,13	0,30	0,13	0,13	0,02	0,21
	Max	0,51	0,60	1,64	0,46	0,54	0,08	0,43
Ruraux	Moyenne	0,21	0,18	0,33	0,15	0,19	0,04	0,27
	Min	0,08	0,06	0,15	0,06	0,09	0,02	0,09
	Max	0,65	0,62	1,02	0,47	0,47	0,09	0,87
Industriels	Moyenne	0,86	1,22	2,60	0,85	0,91	0,14	0,86
	Min	0,18	0,13	0,38	0,13	0,09	0,03	0,22
	Max	2,24	3,45	10,15	2,54	3,00	0,39	2,17
Aéroport Bordeaux		0,24	0,21	0,31	0,15	0,20	0,06	0,23

Tableau 4 : Moyennes HAP relevées par typologie de sites en 2010-2011 en France et sur l'Aéroport en 2012

Les contributions des 7 HAP sont reprises dans la Figure 20, afin de déterminer s'il existe une « signature » particulière sur l'Aéroport, comparativement aux autres types de sites. Il ressort de la comparaison des profils qu'il n'y a pas de différences majeures sur l'Aéroport de Bordeaux-Mérignac par rapport aux autres typologies de sites. Le profil qui se rapproche le plus de celui de l'Aéroport est le profil des sites ruraux. Ceci est confirmé par les coefficients de corrélation calculés entre les différents profils. Ce coefficient de corrélation est de :

- 0,969 avec le profil des sites ruraux
- 0,917 avec le profil des sites trafics
- 0,886 avec le profil des sites urbains
- 0,702 avec le profil des sites industriels

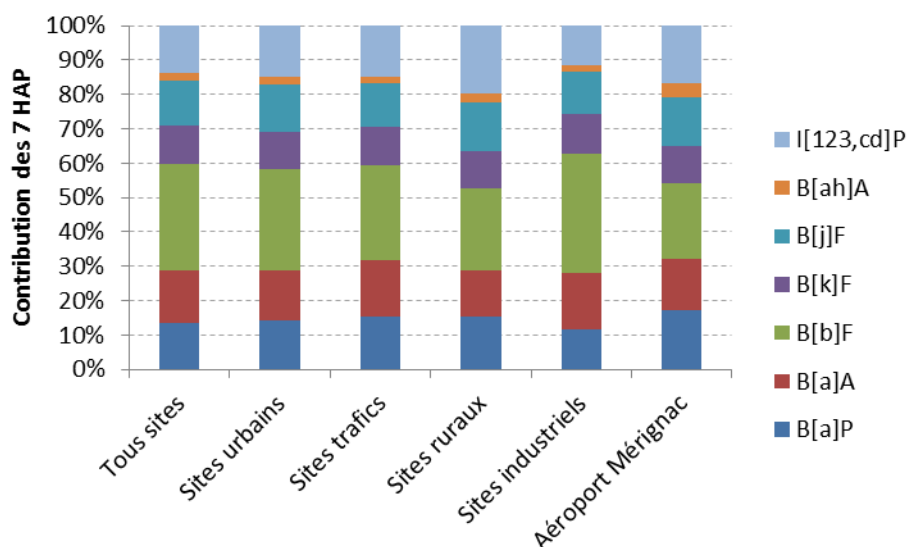


Figure 20 : Contribution des 7 HAP en France par typologie de site

Aussi, il ressort qu'à la fois en terme de niveaux mesurés, et de contribution des différents HAP, le site de l'Aéroport de Bordeaux-Mérignac se comporte plutôt comme un site rural, et qu'il ne se dégage pas de spécificité particulière permettant de mettre en lumière l'impact de l'Aéroport sur une molécule en particulier.

Cette observation peut être mise en relation avec les sources d'émission identifiées pour les HAP (cf. annexe 1 : émissions des quatre HAP (B[a]P, B[b]F, B[k]F et I[1,2,3-cd]P) du protocole d'Aarhus). En effet, les HAP sont principalement issus du secteur résidentiel (~2/3 des émissions), et du secteur du transport routier (~1/4 des émissions). Le secteur des autres transports (dont le transport aérien) représente, en terme d'émissions, moins de 2 % des émissions. Aussi, le site de mesures sur l'Aéroport étant sous faible influence résidentielle, il est cohérent d'y retrouver des niveaux plus faibles en HAP qu'en sites urbains.

CONCLUSION

Dans le cadre de la charte du Développement Durable de l'Aéroport de Bordeaux-Mérignac, AIRAQ a réalisé en 2012 des mesures des 7 HAP cités dans la Directive 2004/107/CE. Les résultats issus de cette étude ont permis de répondre aux objectifs fixés, à savoir de disposer de premières mesures exploratoires sur ces molécules à proximité de l'Aéroport de Bordeaux, et de comparer les niveaux à ceux observés en Aquitaine et en France.

Tout d'abord, il ressort que, sur l'Aéroport, les 7 HAP sont très bien corrélés entre eux, signe de sources communes, même si le benzo[a]anthracène est légèrement moins corrélé que les autres. Le benzo[a]pyrène, seul HAP pour lequel une valeur réglementaire est définie, arrive en 2^{ème} position en terme de moyenne annuelle ($0,24 \text{ ng/m}^3$) parmi les 7 recherchés, et ce, juste après le benzo[b]fluoranthène ($0,31 \text{ ng/m}^3$). La moyenne annuelle en benzo[a]pyrène est environ 4 fois inférieure à la valeur cible de 1 ng/m^3 .

En terme de saisonnalité, les niveaux hivernaux sont plus élevés, en particulier en janvier-février et novembre-décembre, et ce, pour les 7 HAP recherchés, ce qui est cohérent avec les émissions, plus élevées en hiver, et une dégradation plus faible de ces molécules à cette saison. Aucune moyenne mensuelle en benzo[a]pyrène n'excède les 1 ng/m^3 , correspondant à la valeur cible annuelle fixée pour ce polluant, et le maximum mensuel cumulé pour les 7 HAP est de l'ordre de 5 ng/m^3 en février.

En comparaison aux autres mesures faites en Aquitaine en 2012, les niveaux de benzo[a]pyrène observés sur l'Aéroport sont inférieurs d'un facteur 1,5 à 2 à ceux mesurés sur les stations urbaines de Talence et de Dax. Seuls les niveaux mensuels de juin et juillet sont légèrement plus élevés sur le site de l'Aéroport, en lien avec des travaux d'enrobés à proximité immédiate du site de mesures.

Au global, les niveaux moyens et le profil des 7 HAP observés sur l'Aéroport se rapprochent le plus des niveaux et des profils observés sur les sites ruraux en France, d'après les données 2010-2011 recueillies auprès du LCSQA. Cette observation est cohérente avec les données d'inventaire disponibles auprès du CITEPA, indiquant une forte prédominance de la contribution du chauffage résidentiel, et du transport routier pour ces molécules, les autres transports représentant une part marginale (moins de 2 % des émissions). Au final, aucun des 7 HAP cités dans la directive 2004/107/CE ne semble donc pouvoir constituer un traceur de l'activité aéroportuaire.



ANNEXES

Annexe 1 : Les polluants mesurés

Annexe 2 : Résultats journaliers

Annexe 3 : La représentation par box plot

Annexe 4 : Table des illustrations

ANNEXE 1 : LES POLLUANTS MESURES

LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)

Sources

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques HAP sont des composés formés de 4 à 7 noyaux benzéniques. Plusieurs centaines de composés sont générés par la combustion des matières fossiles (notamment par les moteurs diesels) sous forme gazeuse ou particulaire.

En France, les émissions des quatre HAP (le benzo[a]pyrène, le benzo[b]fluoranthène, le benzo[k]fluoranthène et l'indéno-[1,2,3-cd]pyrène) du protocole d'Aarhus représentent 20,6 t en 2010, selon l'inventaire du CITEPA. Elles sont globalement en baisse sur la période 1990-2010. Ainsi, elles étaient au maximum de 45,9 t en 1991, soit une baisse de plus de 50 % depuis cette date.

Les principales sources d'émission dans l'air en 2010 pour les 4 HAP considérés sont le chauffage résidentiel/tertiaire (charbon, bois ou fuel domestique) avec 68 % et le transport routier avec 25 % (en particulier les véhicules diesel). Les autres secteurs n'apportent qu'une faible contribution aux émissions de ce polluant. Concernant le secteur résidentiel, les HAP se forment dans des proportions importantes lors de la combustion servant pour le chauffage et tout particulièrement celle de la biomasse qui s'effectue dans des conditions mal maîtrisées (par exemple en foyer ouvert) (Figure 21).

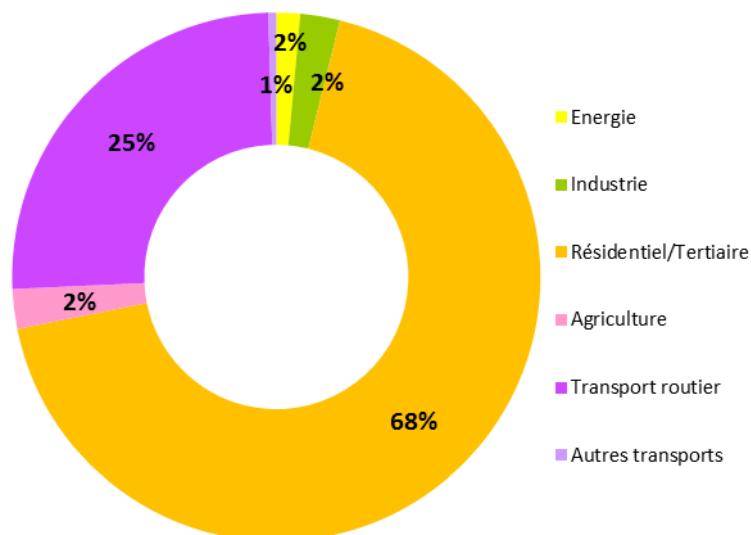


Figure 21 : Inventaire des émissions de HAP en France en 2010 (CITEPA / format SECTEN – avril 2012)

Effets sur la santé

Les HAP sont préférentiellement adsorbés sur les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm. Ces particules sont susceptibles d'atteindre plus ou moins profondément les voies respiratoires, en véhiculant ainsi tous les composés se trouvant adsorbés. Plusieurs études ont montré un potentiel cancérogène plus important pour la phase particulaire que pour la phase gazeuse.

Réglementation

Directive n° 2004/107/CE du 15 décembre 2004 Valeur cible* à atteindre, si possible, au 31 décembre 2012	
Benzo[a]pyrène (traceur des HAP)	1 ng/m ³ pour la moyenne annuelle ^(*)

^(*) Moyenne calculée sur l'année civile du contenu total de la fraction PM10

ANNEXE 2 : RESULTATS JOURNALIERS

Aéroport de Mérignac							
Date	B[a]P	B[a]A	B[b]F	B[k]F	B[j]F	B[ah]A	I[123,cd]P
05/01/2012	< 0,04	< 0,02	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
11/01/2012	1,26	1,41	1,45	0,67	0,93	0,18	1,14
17/01/2012	1,39	1,28	1,42	0,65	0,92	0,19	1,09
23/01/2012	0,09	0,05	0,13	0,06	0,08	< 0,04	0,14
29/01/2012	0,55	0,52	0,79	0,35	0,50	0,13	0,48
04/02/2012	1,51	2,02	1,74	0,83	0,99	0,22	1,08
10/02/2012	0,91	0,83	1,45	0,60	0,87	0,17	0,79
16/02/2012	0,46	0,28	0,72	0,30	0,44	0,11	0,48
22/02/2012	0,68	0,60	1,02	0,47	0,63	0,13	0,60
28/02/2012	0,75	0,72	0,89	0,42	0,58	0,12	0,48
05/03/2012	0,11	0,09	0,17	0,07	0,10	< 0,04	0,10
11/03/2012	0,10	0,07	0,17	0,07	0,09	< 0,04	0,10
17/03/2012	< 0,04	0,02	0,07	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,05
23/03/2012	0,11	0,06	0,18	0,08	0,10	< 0,04	0,17
29/03/2012	0,06	0,05	0,13	0,05	0,06	< 0,04	0,09
04/04/2012	0,06	0,05	0,11	0,05	0,06	< 0,04	0,09
10/04/2012	0,08	0,08	0,13	0,06	0,07	< 0,04	0,10
16/04/2012	0,04	0,03	0,09	0,04	0,04	< 0,04	0,06
22/04/2012	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
28/04/2012	< 0,04	< 0,04	0,07	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,05
04/05/2012	< 0,04	< 0,02	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
10/05/2012	0,04	0,03	0,08	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,05
16/05/2012	< 0,04	0,03	0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,05
22/05/2012	< 0,04	< 0,02	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
28/05/2012	< 0,04	< 0,02	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
03/06/2012	< 0,04	< 0,02	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
09/06/2012	< 0,04	0,04	0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04
15/06/2012	< 0,04	< 0,02	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
21/06/2012	0,12	0,11	0,26	0,12	0,10	< 0,04	0,16
27/06/2012	0,04	0,04	0,10	< 0,04	0,04	< 0,04	0,07
03/07/2012	0,24	0,19	0,41	0,19	0,18	0,06	0,25
09/07/2012	< 0,04	< 0,02	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
15/07/2012							
21/07/2012	< 0,04	< 0,02	0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
27/07/2012	< 0,04	< 0,02	0,06	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
02/08/2012	0,08	0,04	0,14	0,06	0,06	< 0,04	0,13
08/08/2012	< 0,04	0,02	0,07	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,05
14/08/2012	0,04	0,02	0,09	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04
20/08/2012	< 0,04	< 0,02	0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
26/08/2012	< 0,04	0,06	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
01/09/2012	< 0,04	< 0,02	0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04
07/09/2012	0,04	0,04	0,13	0,04	0,06	< 0,04	0,09
13/09/2012	< 0,04	0,02	0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,06
19/09/2012	< 0,04	0,02	0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,05
25/09/2012	< 0,04	< 0,02	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04
01/10/2012	0,06	0,06	0,10	0,04	0,06	< 0,04	0,11
07/10/2012	< 0,04	< 0,02	0,05	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04
13/10/2012	0,04	0,03	0,08	< 0,04	0,04	< 0,04	0,07
19/10/2012	< 0,04	0,03	0,09	< 0,04	0,05	< 0,04	0,09
25/10/2012	0,13	0,08	0,22	0,09	0,13	0,04	0,22
31/10/2012	0,55	0,24	0,84	0,38	0,58	0,10	0,72
06/11/2012	0,29	0,19	0,28	0,14	0,21	0,04	0,26
12/11/2012	1,28	0,95	1,13	0,55	0,87	0,17	1,03
18/11/2012	0,09	0,04	0,23	0,09	0,15	0,04	0,23
24/11/2012	0,05	0,02	0,09	0,04	0,05	< 0,04	0,08
30/11/2012	0,74	0,59	0,91	0,42	0,64	0,10	0,80
06/12/2012							
12/12/2012	0,73	0,68	0,90	0,39	0,60	0,09	0,73
18/12/2012	0,26	0,19	0,29	0,14	0,21	0,05	0,28
24/12/2012	0,14	0,06	0,21	0,09	0,14	0,04	0,22
30/12/2012	0,05	0,02	0,08	0,04	0,06	< 0,04	0,07
Moyenne (ng/m³)	0,24	0,21	0,31	0,15	0,20	0,06	0,23

ANNEXE 3 : LA REPRESENTATION PAR BOX PLOT

Le box-plot, également appelé boîte à moustaches, est un moyen de représenter graphiquement les caractéristiques d'une série de données.

Ce diagramme résume quelques caractéristiques de position du caractère étudié. Ces caractéristiques sont, par ordre décroissant :

- Le maximum
- Le 3^{ème} quartile (valeur qui délimite les 25% des données les plus élevées)
- La médiane (valeur qui sépare les données en deux groupes de même taille : 50% des données sont inférieures à la médiane, 50% lui sont supérieures)
- Le 1^{er} quartile (valeur qui délimite les 25% des données les plus basses)
- Le minimum

Selon les cas, les premier et troisième quartiles peuvent être remplacés par d'autres paramètres statistiques, par exemple :

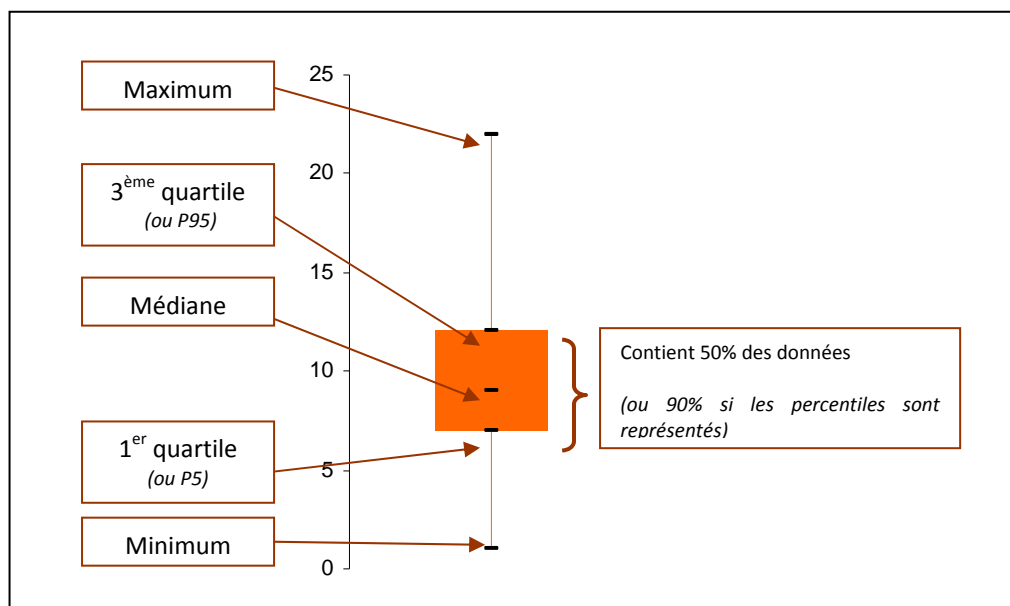
- Le 3^{ème} quartile par le percentile 95 (P95, valeur qui délimite les 5% des données les plus élevées)
- Le 1^{er} quartile par le percentile 5 (P5, valeur qui délimite les 5% des données les plus basses)

Il est représenté en traçant un rectangle allant du premier quartile au troisième quartile (ou du percentile 5 au percentile 95), coupé par la médiane. A ce rectangle sont ajoutés deux segments aux extrémités menant jusqu'aux valeurs extrêmes.

En considérant le jeu fictif de 9 données suivants : 1 ; 4 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 12 ; 19 ; 22 :

- le minimum est égal à 1
- le maximum est égal à 22
- la médiane vaut 9 (4 mesures en dessous, 4 mesures au dessus), alors que la moyenne vaut 10
- le 1^{er} quartile vaut 7 (2 mesures en dessous, 6 mesures au dessus)
- Et le 3^{ème} quartile vaut 12 (6 mesures en dessous, 2 mesures au dessus)

Soit le box-plot suivant :



Le box-plot est couramment utilisé pour représenter les caractéristiques d'une série de données, ou pour comparer graphiquement un même paramètre dans plusieurs séries différentes.

ANNEXE 4 : TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1: Exemples d'ossatures de HAP.....	5
Figure 2 : Formule chimique développée du benzo[a]pyrène.....	7
Figure 3 : Formule chimique développée du benzo[a]anthracène	7
Figure 4 : Formule chimique développée du benzo[b]fluoranthène.....	8
Figure 5 : Formule chimique développée du benzo[j]fluoranthène.....	8
Figure 6 : Formule chimique développée du benzo[k]fluoranthène	8
Figure 7 : Formule chimique développée du dibenzo[a,h]anthracène	9
Figure 8 : Formule chimique développée de l'indéno[1,2,3-c,d]pyrène.....	9
Figure 9 : Préleveur haut débit DA-80.....	10
Figure 10 : Filtre en fibre de quartz	10
Figure 11 : Vue aérienne de l'implantation du préleveur sur l'Aéroport.....	11
Figure 12 : Implantation du préleveur sur l'Aéroport.....	11
Figure 13 : Evolution mensuelle des teneurs en benzo[a]pyrène sur l'Aéroport de Bordeaux en 2012	13
Figure 14 : Evolution mensuelle des teneurs en HAP sur l'Aéroport de Bordeaux en 2012.....	14
Figure 15 : Gamme des teneurs journalières en HAP sur l'Aéroport de Bordeaux en 2012	14
Figure 16 : Moyennes mensuelles 2012 sur l'Aéroport de Bordeaux, Talence et Dax.....	15
Figure 17 : Box-plot 2012 en B[a]P sur l'Aéroport de Bordeaux, Talence et Dax	16
Figure 18 : Vue aérienne resserrée du préleveur.....	16
Figure 19 : Moyennes annuelles HAP en France par typologie de site.....	17
Figure 20 : Contribution des 7 HAP en France par typologie de site	18
Figure 21 : Inventaire des émissions de HAP en France en 2010 (CITEPA / format SECTEN – avril 2012).....	21

TABLEAUX

Tableau 1 : Limite de quantification des 7 HAP – Laboratoire IANESCO.....	12
Tableau 2 : Récapitulatif des résultats HAP - Aéroport de Bordeaux 2012.....	13
Tableau 3 : Coefficients de corrélation entre les 7 HAP - Aéroport de Bordeaux 2012.....	15
Tableau 4 : Moyennes HAP relevées par typologie de sites en 2010-2011 en France et sur l'Aéroport en 2012..	18