

“L'air est **essentiel à chacun**
et mérite l'**attention de tous.**”

ETUDE

Mesure des HAP en milieu urbain à Rennes

Octobre 2006 à septembre 2007



ORGANISME
DE MESURE, D'ÉTUDE
ET D'INFORMATION SUR
LA QUALITÉ DE L'AIR
EN BRETAGNE



Air Breizh
28 rue des Veyettes - 35000 Rennes
Tél. 02 23 20 90 90 - Fax 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr

Etude réalisée par Air Breizh
avec la participation
de Rennes Métropole

Diffusion

Air Breizh, en tant qu'organisme agréé pour la surveillance de la qualité de l'air, a pour obligation de communiquer ses résultats. Toutes ses publications sont accessibles sur www.airbreizh.asso.fr, dans la rubrique téléchargement.

Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant donné t, caractérisé par des conditions climatiques propres.

Air Breizh ne saurait être tenu pour responsable des événements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

Ce rapport d'étude est la propriété d'Air Breizh. Il ne peut être reproduit, en tout ou partie, sans son autorisation écrite. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh.

Contribution

Service Etudes	Service Techniques	Validation
Cyril BESSEYRE Julien HERMANT	Joel GRALL Yves GUILLOCHON	Magali CORRON

Sommaire

Introduction	5
I. Présentation d’Air Breizh	6
II. Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	7
II.1. Les sources d’émission.....	7
II.2. Les niveaux d’exposition dans l’air ambiant	9
II.3. Les impacts sanitaires et environnementaux.....	9
II.4. Le contexte réglementaire	10
III. Stratégie de campagne	11
III.1 Site de mesure	11
III.2 Protocole	11
III.3 Dates de campagne.....	12
IV. Résultats et interprétations	13
IV.1 Conditions météorologiques	13
IV.2 Qualité des mesures.....	14
IV.3 Résultats pour le Benzo[a]pyrène	14
IV.4 Résultats pour les HAP totaux	18
V. Conclusion et Perspectives	20
Bibliographie	21

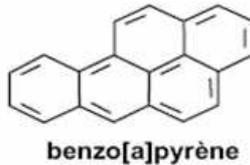
Glossaire

AASQA	Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l’Air
ADN	Acide DésoxyriboNucléique
APPA	Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique
ARN	Acide RiboNucléique
B[a]A	Benzo[a]Anthracène
B[a]P	Benzo[a]Pyrène
B[b]F	Benzo[b]Fluoranthène
B[k]F	Benzo[k]Fluoranthène
CE	Commission Européenne
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d’Etude de la Pollution Atmosphérique
CSTEE	Comité Scientifique de la Toxicité, de l’Ecologie et de l’Environnement des Communautés Européennes
DB[a,h]A	Dibenzo[a,h]Anthracène
DI	Diesel à Injection Directe
EPER	European Pollutant Emission Register
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
g/ha	Gramme par hectare
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
IARC	International Agency for Research on Cancer
IDI	Diesel à Injection Indirecte
INERIS	Institut National de l’Environnement Industriel et des Risques
IP	Indéno[1,2,3-cd]Pyrène
IPCS	Programme International sur la sécurité des Substances Chimiques
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
kg/km	kilogramme par kilomètre
LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l’Air
LD	La limite de détection est la plus petite quantité d’un composé observable dans un échantillon donné
LQ	La limite de quantification est une valeur au-dessous de laquelle il est difficile de quantifier avec une incertitude acceptable. Elle est égale à 3 fois la LD
ng/m ³	Nanogramme (10 ⁻⁹ gramme) par mètre cube
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PM10	Particule de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 micromètres
POP	Polluants Organiques Persistants
t	Tonne
UE	Union Européenne
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
US EPA	United States Environmental Protection Agency
Valeur cible	concentration dans l’air ambiant fixée dans le but d’éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé et l’environnement dans son ensemble et qu’il convient d’atteindre, si possible, dans un délai donné.
Σ	Somme

Introduction

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) sont principalement issus des activités de transformation de l'énergie (pétrole, charbon,...) et de la combustion incomplète des combustibles fossiles (transport automobile, chauffage des bâtiments,...) ou de la biomasse (chauffage au bois, feux de forêts,...).

Cette famille de polluants compte plus d'une centaine de composés formés d'au minimum 2 cycles benzéniques accolés. En raison de leur stabilité dans l'environnement, ces molécules sont intégrées au groupe des Polluants Organiques Persistants (POP).



Une fois émis, ils sont transportés dans l'atmosphère, parfois sur de longues distances, et se déposent sur le sol, la végétation et dans l'eau. Ils peuvent être inhalés ou ingérés. Ils possèdent un grand pouvoir de bioaccumulation dans la chaîne alimentaire et donc finalement chez l'homme. Certains d'entre eux, sont considérés cancérogènes pour l'homme, comme le benzo[a]pyrène, HAP le plus toxique et le plus étudié.

Pour ces raisons, la directive européenne 2004/107/CE du 15 décembre 2004 [1] définit une valeur cible pour le benzo[a]pyrène dans l'air ambiant ainsi qu'une liste de 6 autres HAP à surveiller dans l'atmosphère.

Dans ce contexte, Air Breizh a mené une première étude des HAP dans l'air ambiant afin d'**évaluer les concentrations** en HAP en milieu urbain et leurs variations temporelles à Rennes.

I. Présentation d'Air Breizh

Air Breizh est l'organisme de surveillance, d'étude et d'information sur la qualité de l'air en Bretagne. Agréé par le Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable, il est membre de la Fédération Atmo qui regroupe l'ensemble des associations en France et dans les DOM-TOM.

La surveillance de la qualité de l'air breton a débuté à Rennes en 1986. L'ASQAR, l'association alors chargée de cette surveillance, s'est régionalisée en décembre 1996, devenant Air Breizh. Depuis plus de vingt ans, le réseau de surveillance s'est régulièrement développé, et dispose aujourd'hui de 19 stations de mesure réparties sur une dizaine de villes bretonnes.



Fig.1 : Cartes des AASQA

Les missions d'Air Breizh consistent à :

- **Mesurer** en continu les polluants urbains nocifs (SO₂, NO_x, CO, O₃, Particules et Benzène) dans l'air ambiant,
- **Informers** les services de l'Etat, les élus, les industriels et le public, notamment en cas de pic de pollution,
- **Etudier** l'évolution de la qualité de l'air au fil des années, vérifier la conformité des résultats par rapport à la réglementation et intégrer la mesure de nouveaux polluants (HAP, métaux lourds, produits phytosanitaires,...).

Conformément à la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie, Air Breizh se structure autour de 4 collèges (Etat, Collectivités territoriales, Emetteurs de substances polluantes, Associations de protection de l'environnement et personnes qualifiées). Ces 4 collèges sont équitablement représentés au sein du Conseil d'Administration et du Bureau.

Afin de répondre aux missions qui lui incombent, Air Breizh compte 10 salariés (dont un élève apprenti ingénieur).

Le budget annuel s'élève à environ 1 million d'euros, financé à hauteur de 38% par l'Etat (via des subventions directes ou la réaffectation de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes, payée par les industriels en fonction de la quantité de leurs rejets dans l'atmosphère), 31% par les collectivités locales, 14% par les industriels, et 17% via des prestations et produits financiers.

II. Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

II.1. Les sources d'émission

Formation

Les sources principales de HAP se divisent en deux catégories : les sources anthropiques (imputables aux activités humaines) et les sources naturelles (éruptions volcaniques ou des feux de forêt). Les sources anthropiques représentent environ 90% des HAP émis dans l'atmosphère [2].

Parmi les rejets atmosphériques anthropiques, une distinction apparaît entre :

- Les sources évaporatives (utilisation du goudron, traitement du bois à la créosote et au carbiléum,...)
- Les sources thermiques provenant de la combustion incomplète de la matière organique (bois, charbon, fioul, carburants automobile, biomasse, déchets,...)[3].

En milieu urbain, les émissions liées au trafic et le chauffage domestique sont les principales sources de HAP.

Les composés aromatiques les plus légers, jusqu'à trois cycles benzéniques, sont majoritairement présents dans l'atmosphère, sous forme gazeuse. Les HAP les plus lourds, sont davantage associés à la phase particulaire. Les HAP étudiés dans cette étude (le benzo[a]anthracène, le benzo[b]fluoranthène, le benzo[k]fluoranthène, le benzo[a]pyrène, l'indéno[1,2,3-cd]pyrène et le dibenzo[a,h]anthracène) sont majoritairement présents en phase particulaire puisqu'ils ont au minimum 4 cycles benzéniques.

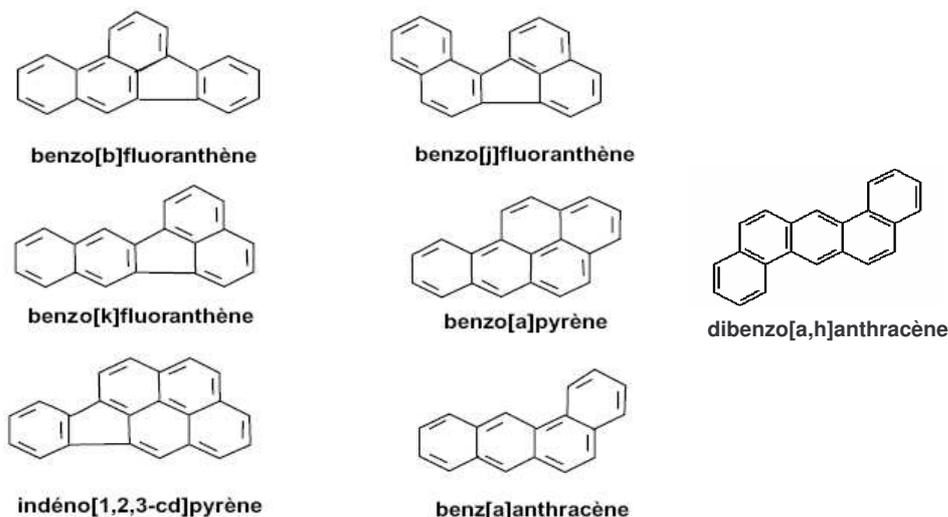


Fig.2 : Structures moléculaires des HAP étudiés

Bilan des émissions [4] [5]

- Au niveau national

En France, les émissions de HAP (B[a]P + B[b]F + B[k]F + IP) atteignaient 24,7 t en 2005.

Entre 1990 et 2005, les émissions ont baissé de 41% (-18 t). Cette baisse est observée dans l'ensemble des secteurs qui contribuent aux émissions sauf dans celui des transports routiers. Les émissions proviennent principalement de deux secteurs qui sont par ordre d'importance en 2005 : le résidentiel/tertiaire (77%), le transport routier (18%), en particulier les véhicules diesel. Les autres secteurs contribuent pour moins de 2% chacun aux émissions (secteur de la transformation d'énergie, de l'industrie manufacturière et de l'agriculture/sylviculture).

Par manque d'informations, les sources biotiques (feux de forêt principalement) ne sont pas prises en compte dans cet inventaire.

MESURE DES HAP EN MILIEU URBAIN A RENNES

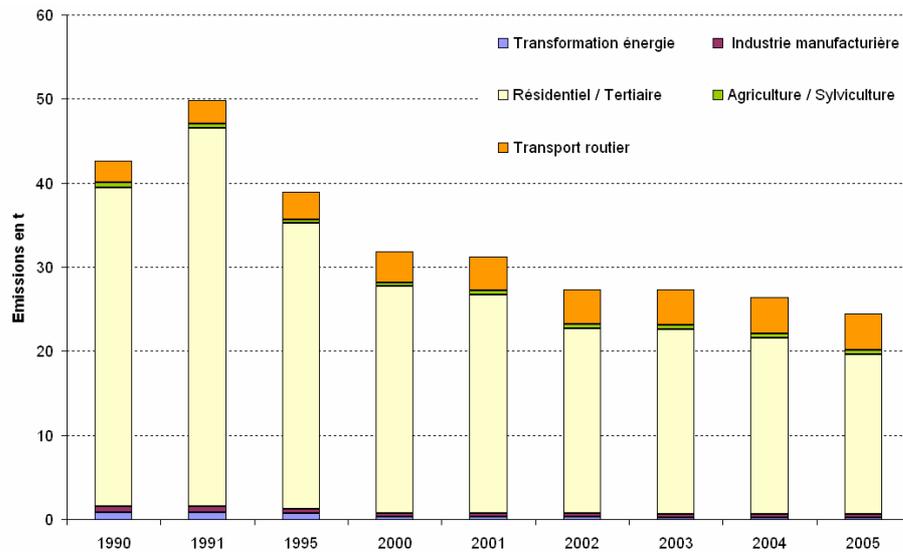


Fig.3 : Evolution des émissions annuelles en HAP dans l'air en France [4]

Bien qu'interdit par la loi et ne figurant pas dans l'inventaire des émissions, le brûlage sauvage des déchets (déchets domestiques, BTP,...) serait responsable d'une part importante des émissions de HAP au niveau national.

- En Bretagne

D'après le cadastre des émissions réalisé par Air Breizh, les émissions bretonnes s'élevaient en 2003 à 2 743 kg. Les émissions de HAP sont dues essentiellement au secteur résidentiel-tertiaire, qui représente 63 % des émissions, suivi du secteur des transports (routiers, ferroviaires et aéroportuaires) avec 28 % et le secteur agricole (8%).

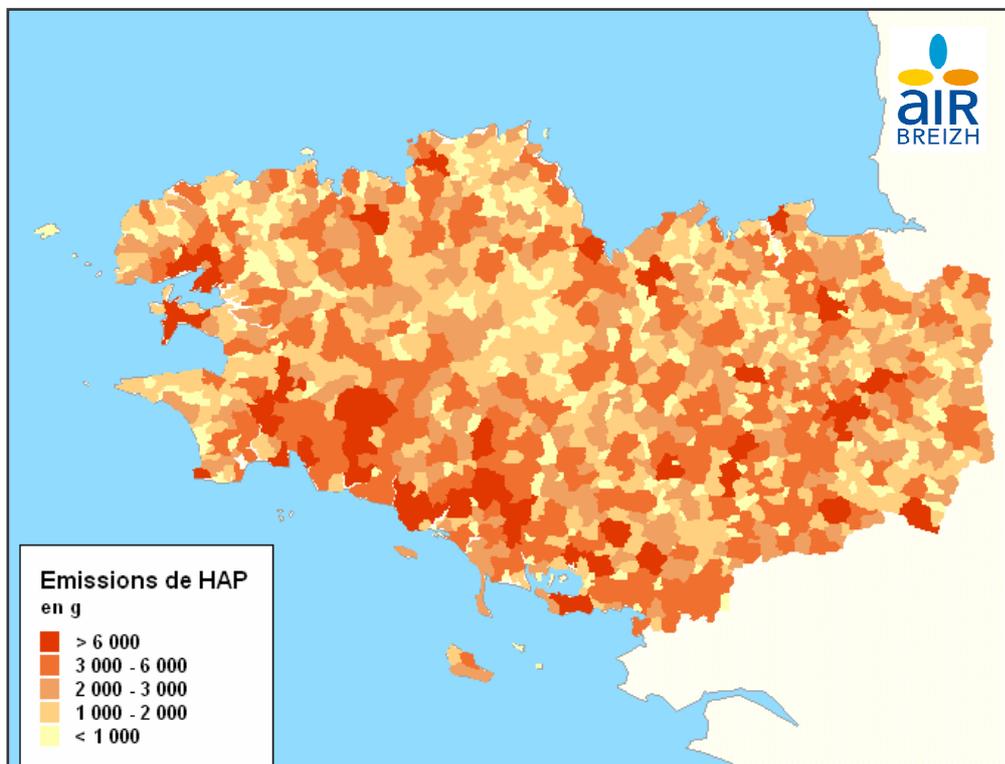


Fig.4 : Emissions de HAP en Bretagne en 2003 (Air Breizh)

II.2. Les niveaux d'exposition dans l'air ambiant

En raison de leurs réactivités et des phénomènes de dilution dans l'atmosphère, les concentrations des HAP diminuent très rapidement au fur et à mesure que l'on s'éloigne des sources d'émission.

Le tableau suivant présente les concentrations en HAP couramment observées en Europe dans les années 90 [6].

	Site de fond	Rural	Urbain	Trafic	Industriel
Benz[a]anthracene	0 – 0,02	0.01 - 0,09	0,2 - 1,3	0,6 - 4,2	0.37 - 42
Benzo[a]pyrene	0.02	0.02 - 1,6	0,4 - 2	0,7 - 3,1	0,2 - 39
Benzo[b]fluoranthene	<0,01	0,04 - 0,6			0,3 - 34
Benzo[k]fluoranthene		0,04 - 0,32	0,2 - 1		0,3 - 17
Dibenzo[a,h]anthracène		0,02 - 1,1	0,06 - 0,3	0,1 - 0,4	0,05 - 7,5
Indeno[123-cd]pyrene	0,02 - 0,04	0,04 - 0,21	0,3 - 2,1	1,3 - 2,6	0,4 - 37

Fig.5 : Concentrations moyennes annuelles par type de site en Europe

Des données plus récentes sont disponibles pour la France grâce aux résultats du programme pilote national de surveillance des HAP dans l'air ambiant auquel ont participé 9 Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) entre octobre 2001 et décembre 2003. Les HAP ont été étudiés sur 9 villes françaises et 14 sites de prélèvement (prélèvements pendant 24 heures tous les 6 jours, de façon à couvrir tous les jours de la semaine) [7].

Concernant le benzo[a]pyrène les concentrations sont très faibles (bien en dessous de 1 ng/m³), pendant l'été (avril-septembre) alors que, pendant l'hiver (octobre-mars), elles dépassent fréquemment 2 ng/m³ avec des pics supérieurs à 6 ng/m³ à Grenoble et à Lille. Ce phénomène s'explique principalement par :

- l'augmentation des émissions avec l'apparition du chauffage domestique comme nouvelle source,
- les processus de dégradation des HAP qui sont moins importants l'hiver,
- une plus grande stabilité des basses couches de l'atmosphère qui limite les phénomènes de dispersion.

Dans le cadre de cette étude, 11 autres composés ont été suivis dans la phase gazeuse et particulaire. En global, les résultats montrent que pour le B[a]P et les HAP totaux, les plus fortes concentrations sont observées sur les sites trafic, suivi des sites urbains et des sites industriels.

II.3. Les impacts sanitaires et environnementaux

Les HAP sont des molécules biologiquement actives qui, une fois accumulées dans les tissus organiques, se prêtent à des réactions de transformation sous l'action d'enzymes conduisant à la formation de dihydrools et/ou d'époxydes. Les métabolites ainsi formés peuvent avoir un effet plus ou moins marqué en se liant à des molécules telles que les protéines, l'ARN, l'ADN et en provoquant des dysfonctionnements cellulaires.

Ainsi, la toxicité du benzo[a]pyrène est en partie indirectement liée au pouvoir cancérigène de l'un de ses métabolites, le benzo[a]pyrène-7,8-dihydrodiol-9,10 époxyde, qui se fixe au niveau de l'ADN des cellules et entraîne des mutations pouvant, à terme, aboutir au développement d'un cancer.

Outre leurs possibles propriétés cancérigènes, les HAP présentent un caractère mutagène dépendant de la structure chimique des métabolites formés. Ils peuvent aussi entraîner une diminution de la réponse du système immunitaire augmentant ainsi les risques d'infection.

Les HAP les plus légers sont associés majoritairement aux particules moyennes et grosses alors que les plus lourds sont d'avantage observés sur les particules fines.

Ceci met en relief le caractère problématique des HAP particuliers car les composés les plus toxiques comme le benzo[a]pyrène sont des composés lourds associés à des particules fines susceptibles de pénétrer profondément dans l'organisme. Des études montrent que le benzo[a]pyrène représente 40% de la toxicité globale des HAP, dans le cas de l'inhalation [8].

L'exposition humaine à ces HAP est due principalement à l'inhalation d'air pollué (fumée de cigarette, pollution automobile, industrielle et domestique) et à l'ingestion de nourriture et d'eau contaminées par les produits de combustion. Phillips (1999) indique que l'alimentation est la source majoritaire d'exposition aux HAP pour les non fumeurs (70% de l'exposition) [9].

Les HAP étudiés appartiennent au groupe 1, 2A ou 2B [10] :

Molécule	Groupe	Classement CIRC
Benz[a]anthracène	2A	Cancérogène probable
Benzo[a]pyrène	1	Cancérogène
Benzo[b]fluoranthène	2B	Cancérogène possible
Benzo[k]fluoranthène	2B	Cancérogène possible
Dibenzo[a,h]anthracène	2B	Cancérogène probable
Indeno[123-cd]pyrène	2A	Cancérogène probable

Fig.6 : Classement des HAP particuliers selon leur toxicité

II.4. Le contexte réglementaire

La directive européenne 2004/107/CE du 15 décembre 2004 définit une valeur cible (= 1 ng/m³ sur la fraction PM10) pour le benzo[a]pyrène dans l'air ambiant

Le Comité Scientifique de la Toxicité, de l'Ecologie et de l'Environnement des Communautés Européennes (CSTEE) estime que le B[a]P ne peut être utilisé que comme traceur semi-quantitatif de la présence de HAP cancérogènes.

Dans ce contexte, la directive impose la surveillance d'autres HAP que le B[a]P : benzo[a]anthracène, benzo[b]fluoranthène, benzo[j]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, l'indéno[1,2,3-cd]pyrène et dibenzo[a,h]anthracène.

III. Stratégie de campagne

III.1 Site de mesure

L'objectif de l'étude est d'appréhender les niveaux de pollution en HAP dans l'air rencontrés à Rennes en zone urbaine (site de fond). Conformément à l'annexe III de la directive 2004/107/CE, le point de prélèvement se situe au niveau de la station urbaine du Triangle équipée d'un analyseur en continu de PM10 (type TEOM). Le préleveur a été installé devant l'entrée Ouest du bâtiment à environ 40 mètres de l'avenue des Pays-Bas (respectant ainsi les critères nationaux d'implantation avec une distance moyenne supérieure à 20 m pour un trafic moyen journalier annuel de 3 500 veh/j) et à 100 mètres du boulevard de Yougoslavie.



Fig.7 : Stations de mesure de la qualité de l'air à Rennes

III.2 Protocole

Prélèvements

Dans l'attente de la publication de la norme européenne EN 15549 sur le prélèvement et l'analyse du benzo[a]pyrène dans l'air ambiant, le protocole de prélèvement suivi respecte les recommandations du LCSQA [11,12].

Les particules de diamètre inférieur ou égal à 10 μm (PM10), sur lesquelles s'applique la norme, sont prélevées à l'aide d'un préleveur haut-débit (DA-80 : débit fixé à 30m³/h), équipé d'une tête PM10.

L'utilisation d'un tel appareil permet d'éviter les problèmes analytiques dus aux faibles concentrations en HAP dans l'air ambiant et aux limites de détection des laboratoires d'analyse.



Fig.8 : Préleveur DA 80 sur site

MESURE DES HAP EN MILIEU URBAIN A RENNES

Les particules sont collectées sur des filtres à quartz de diamètre 150 mm. Avant les prélèvements, chacun des filtres est conditionné individuellement dans un porte-filtre au laboratoire. Les vérifications de l'appareil et l'étalonnage (température, pression, tests de fuite) sont régulièrement réalisées.

Conformément à la directive 2004/107/CE, la durée du prélèvement est établie à 24h. A l'issue du prélèvement, le porte-filtre est récupéré, emballé dans du papier aluminium (échantillon à l'abri de la lumière) et expédié au laboratoire d'analyse dans une glacière (le froid évite la volatilisation de certains HAP). Ce dernier dispose d'un mois pour faire l'extraction et l'analyse des HAP.

Analyses

A la réception des filtres, les échantillons sont extraits par micro-ondes dans un mélange solvant, concentrés, purifiés sur colonne chromatographique et enfin dosés par couplage chromatographique en phase gazeuse et spectrométrie de masse (GC/MS).

Afin de vérifier la qualité des prélèvements et du matériel utilisé, 2 filtres témoins dits « blanc terrain » sont analysés.

Le premier (BL) est un filtre qui a été conservé au sein des locaux d'Air Breizh durant toute la campagne de mesure.

Le second (BT) a subi le même traitement (conditionnement, pesée, transport, mise en place dans l'appareil,...) que les échantillons mais n'a pas été exposé. Il permet de vérifier qu'il n'y a pas de contamination durant le transport et les manipulations.

III.3 Dates de campagne

Selon la directive 2004/107/CE, la durée minimale pour la mesure du B[a]P et des autres HAP doit couvrir 14% de l'année (mesure indicative) avec une saisie minimale de 90% des données, soit 1 jour de prélèvement tous les 6 jours, fréquence permettant d'échantillonner tous les jours de la semaine.

Afin de se rapprocher le plus possible des conditions exigées par la directive, les périodes d'échantillonnage suivantes ont été définies :

- Campagne n°1 du 27 octobre au 20 novembre 2006 (5 prélèvements),
- Campagne n°2 du 1^{er} février au 9 mars 2007 (7 prélèvements),
- Campagne n°3 du 28 avril au 22 mai 2007 (5 prélèvements),
- Campagne n°4 du 24 août au 17 septembre 2007 (5 prélèvements).

Ces campagnes permettent de couvrir 6% du temps d'octobre 2006 à septembre 2007. Les jours de prélèvement sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

Calendrier des prélèvements de HAP à Rennes																															
sept-06	V1	S2	D3	L4	M5	M6	J7	V8	S9	D10	L11	M12	M13	J14	V15	S16	D17	L18	M19	M20	J21	V22	S23	D24	L25	M26	M27	J28	V29	S30	
oct-06	D1	L2	M3	M4	J5	V6	S7	D8	L9	M10	M11	J12	V13	S14	D15	L16	M17	M18	J19	V20	S21	D22	L23	M24	M25	J26	V27	S28	D29	L30	M31
nov-06	M1	J2	V3	S4	D5	L6	M7	M8	J9	V10	S11	D12	L13	M14	M15	J16	V17	S18	D19	L20	M21	M22	J23	V24	S25	D26	L27	M28	M29	J30	
déc-06	V1	S2	D3	L4	M5	M6	J7	V8	S9	D10	L11	M12	M13	J14	V15	S16	D17	L18	M19	M20	J21	V22	S23	D24	L25	M26	M27	J28	V29	S30	D31
janv-07	L1	M2	M3	J4	V5	S6	D7	L8	M9	M10	J11	V12	S13	D14	L15	M16	M17	J18	V19	S20	D21	L22	M23	M24	J25	V26	S27	D28	L29	M30	M31
fev-07	J1	V2	S3	D4	L5	M6	M7	J8	V9	S10	D11	L12	M13	M14	J15	V16	S17	D18	L19	M20	M21	J22	V23	S24	D25	L26	M27	M28			
mars-07	J1	V2	S3	D4	L5	M6	M7	J8	V9	S10	D11	L12	M13	M14	J15	V16	S17	D18	L19	M20	M21	J22	V23	S24	D25	L26	M27	M28	J29	V30	S31
avr-07	D1	L2	M3	M4	J5	V6	S7	D8	L9	M10	M11	J12	V13	S14	D15	L16	M17	M18	J19	V20	S21	D22	L23	M24	M25	J26	V27	S28	D29	L30	
mai-07	M1	M2	J3	V4	S5	D6	L7	M8	M9	J10	V11	S12	D13	L14	M15	M16	J17	V18	S19	D20	L21	M22	M23	J24	V25	S26	D27	L28	M29	M30	J31
juin-07	V1	S2	D3	L4	M5	M6	J7	V8	S9	D10	L11	M12	M13	J14	V15	S16	D17	L18	M19	M20	J21	V22	S23	D24	L25	M26	M27	J28	V29	S30	
juil-07	D1	L2	M3	M4	J5	V6	S7	D8	L9	M10	M11	J12	V13	S14	D15	L16	M17	M18	J19	V20	S21	D22	L23	M24	M25	J26	V27	S28	D29	L30	M31
août-07	M1	J2	V3	S4	D5	L6	M7	M8	J9	V10	S11	D12	L13	M14	M15	J16	V17	S18	D19	L20	M21	M22	J23	V24	S25	D26	L27	M28	M29	J30	V31
sept-07	S1	D2	L3	M4	M5	J6	V7	S8	D9	L10	M11	M12	J13	V14	S15	D16	L17	M18	M19	J20	V21	S22	D23	L24	M25	M26	J27	V28	S29	D30	L31

Fig.9 : Calendrier des prélèvements

IV. Résultats et interprétations

IV.1 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques jouent un rôle prépondérant dans les mécanismes de pollution atmosphérique car elles conditionnent la dispersion et la transformation des polluants. Ainsi, la direction et la force du vent, la température, l'ensoleillement et les précipitations sont des facteurs clefs. Ces données sont disponibles à partir des observations de la station Météo-France de Rennes Saint-Jacques.

Campagne n°1 du 27 octobre au 20 novembre 2006

La fin du mois d'octobre est marquée par un changement de temps. L'anticyclone s'installe, les températures fléchissent (-2,3°C enregistrée le 6 novembre), les vents orientés de nord-est sont faibles et l'ensoleillement est important. A partir du 10 novembre, la pression atmosphérique s'oriente à la baisse, le vent vire au sud-ouest, les températures sont douces et la pluie fait son apparition.

Campagne n°2 du 1^{er} février au 9 mars 2007

Ce mois de février a connu un temps doux et pluvieux, dominé par des vents d'ouest. Le record de précipitation survient le 23 février avec 19,4 mm.

Campagne n°3 du 27 avril au 21 mai 2007

Après un mois d'avril estival, le mois de mai est marqué par des températures plus fraîches, des records de précipitation avec le développement de nombreux orages ; il est tombé 25,2 mm de pluie le 20 mai à Rennes.

Campagne n°4 du 24 août au 17 septembre 2007

Si le mois d'août peut être qualifié dans sa globalité maussade et pluvieux, la fin du mois connaît une amélioration sensible avec la mise en place d'un régime anticyclonique durable qui perdure tout le mois de septembre sur la Bretagne. Deux courts épisodes perturbés les 3 et 17 septembre.

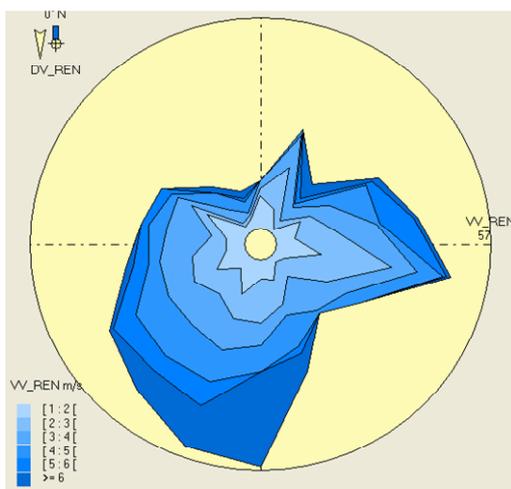


Fig 10 : Rose des vents du 27/10/06 au 20/11/06 à Rennes
Données Météo-France

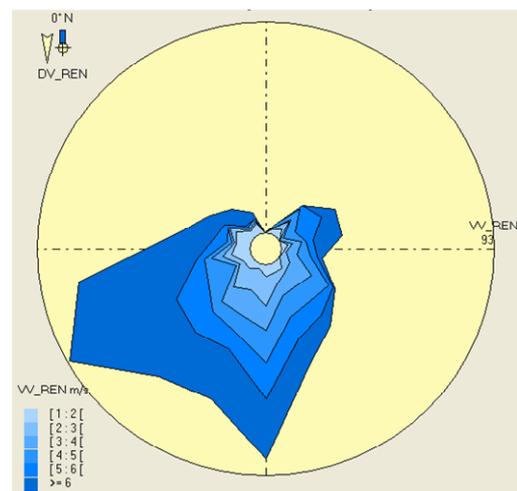


Fig 11 : Rose des vents du 01/02/07 au 09/03/07 à Rennes
Données Météo-France

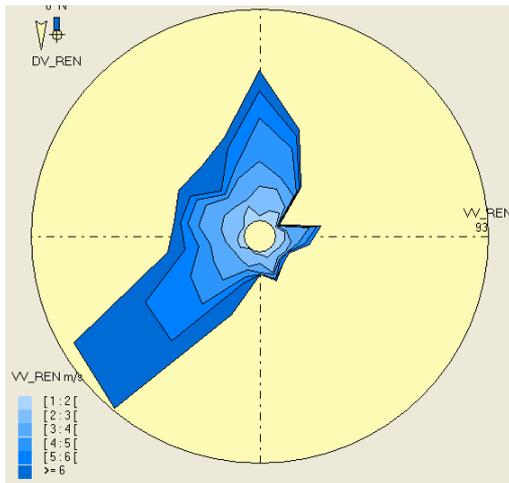


Fig.12 : Rose des vents du 27/04/08 au 21/05/07 à Rennes
Données Météo-France

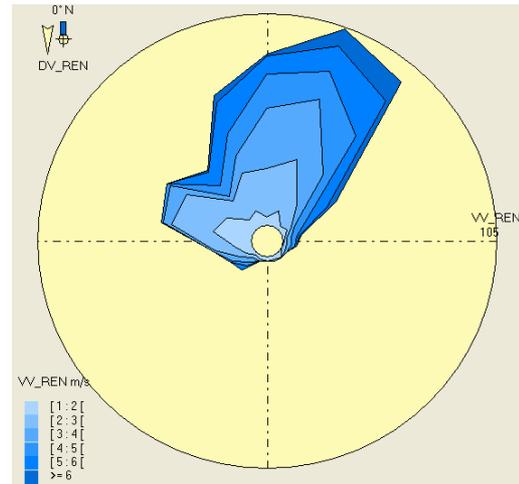


Fig.13 : Rose des vents du 24/08/07 au 17/09/07 à Rennes
Données Météo-France

IV.2 Qualité des mesures

La limite de quantification (LQ) annoncée par le laboratoire d'analyse est de 0,028 ng/m³ pour un prélèvement de 24h à 30 m³/h, soit une limite de détection (LD) de 0,009 ng/m³. Cette limite est acceptable puisqu'inférieure à 0,013 ng/m³ (recommandations du groupe de travail national sur les HAP).

L'analyse des blancs n'a montré aucune contamination des échantillons pour l'ensemble des HAP mesurés.

Par principe de précaution, si une donnée de concentration est inférieure à la LQ, la valeur de la LQ lui est affectée.

IV.3 Résultats pour le Benzo[a]pyrène

Evolution temporelle des concentrations

Les concentrations en B[a]P varient entre 0,028 ng/m³ (LQ) et 0,671 ng/m³. La concentration la plus élevée a été mesurée le 8 novembre 2006, la plus faible le 24 août 2007.

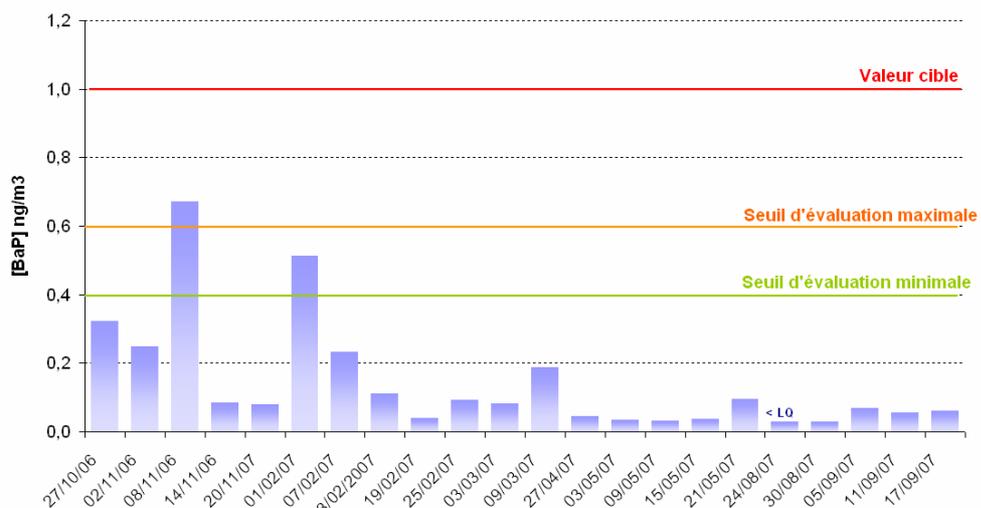


Fig.14 : Concentrations en BaP sur la fraction PM10 au niveau de la station du Triangle à Rennes

Les mesures réalisées dans le cadre de cette étude couvrent une grande partie de l'année. Les résultats font apparaître de fortes différences entre les concentrations « hivernales » (d'octobre à mars) les plus élevées, et estivales (d'avril à septembre) les plus faibles, tant pour les valeurs extrêmes (minimales et maximales) que pour les moyennes (cf. tableau ci-dessous).

Campagne	Période	Moyenne ng/m ³	Minimale ng/m ³	Maximale ng/m ³
1	27/10/06 au 20/11/06	0,281	0.078	0.671
2	01/02/07 au 03/03/07	0,180	0.039	0.514
3	27/04/07 au 21/05/07	0,049	0.031	0.094
4	24/08/07 au 17/09/07	0,048	0.028	0.068
Total	27/10/06 au 17/09/07	0,143	0.028	0.671

Fig.15 : Synthèse des mesures de BaP à la station du Triangle à Rennes

Ces différences ne sont pas propres aux mesures réalisées par Air Breizh. La campagne pilote de mesure des HAP coordonnée par le LCSQA entre octobre 2001 et décembre 2003 sur 14 sites d'étude faisait le même constat (cf. II.2).

Comparaison aux autres villes françaises

Les prélèvements effectués par Air Breizh et les différentes AASQA sélectionnées pour la comparaison ont des conditions d'échantillonnage identiques :

- Durée d'échantillonnage (24 heures)
- Fréquence de prélèvement (un tous les six jours)
- Nombre de prélèvement par période (cinq)
- Nature du site d'étude (urbain)

Sur l'ensemble des sites étudiés lors de la phase « pilote », cinq sont urbains. Le graphique suivant reprend les concentrations correspondantes aux moyennes en B[a]P retrouvées pour des périodes comparables à celles étudiées à Rennes.

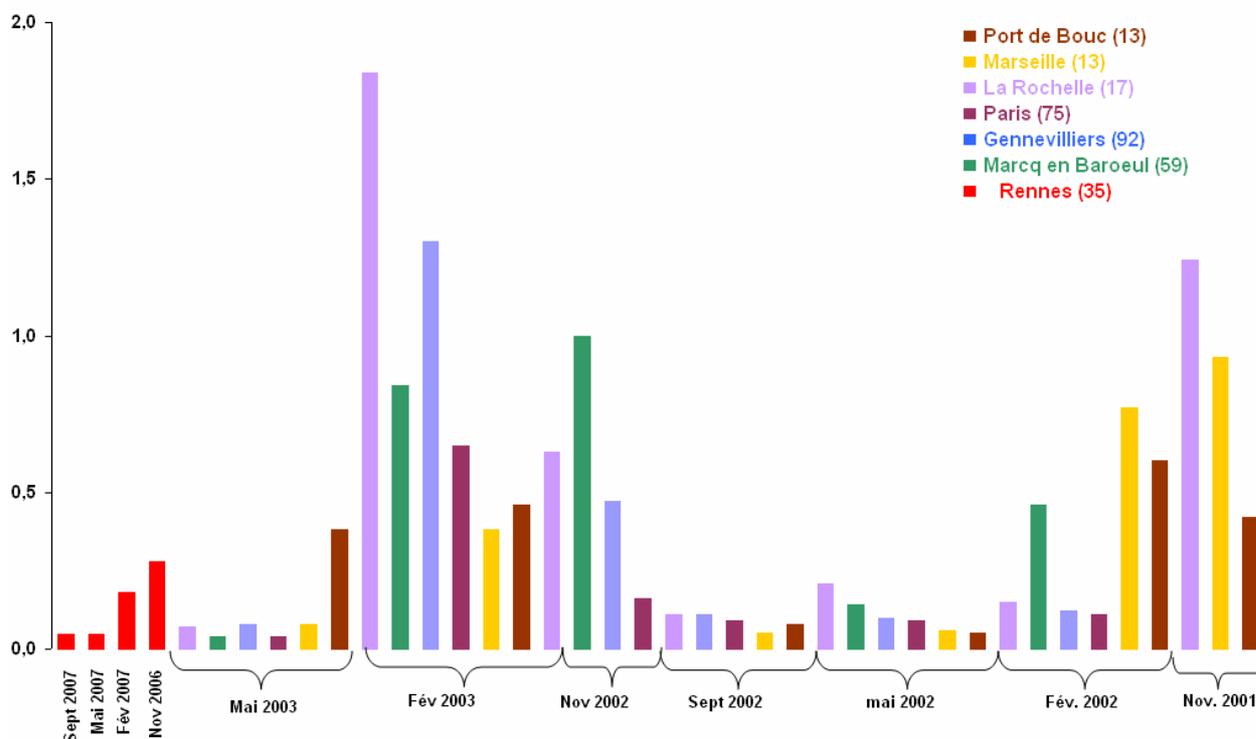


Fig.16 : Comparaison des mesures de B[a]P à Rennes et dans d'autres villes françaises

Les niveaux de pollution au B[a]P observés à Rennes au printemps (mai) et en été (septembre) sont proches de ceux relevés dans les autres agglomérations françaises.

Les mesures réalisées sur l'automne et l'hiver (novembre à février) sont extrêmement variables d'une ville à l'autre et d'une année sur l'autre.

Corrélation entre les niveaux de B[a]P et les concentrations en PM10

La station du Triangle est dotée d'un analyseur en continu des PM10.

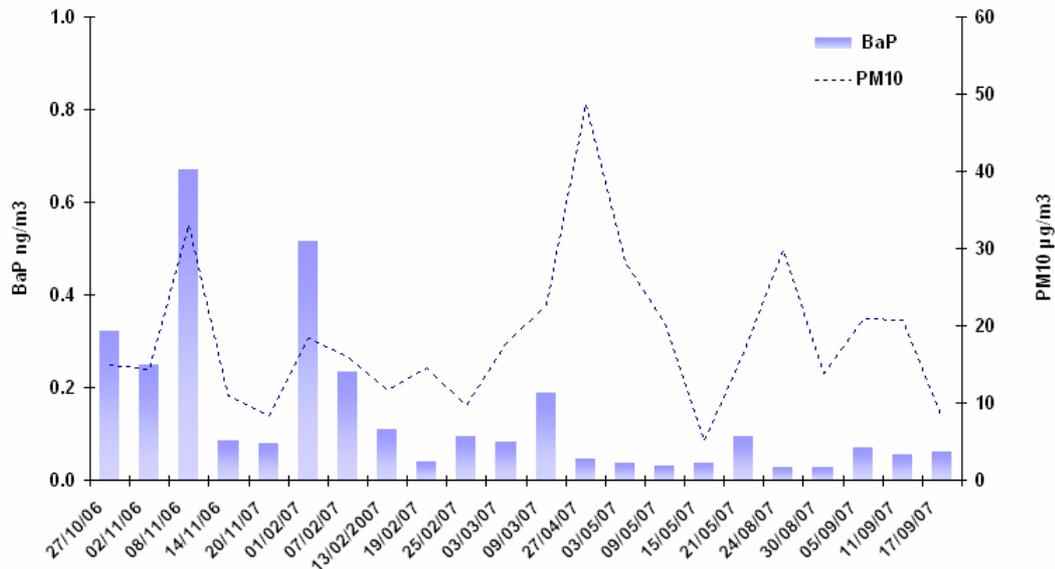


Fig.17 : Mesures de B[a]P et niveau de pollution en PM10 à Rennes

Les mesures de HAP étant réalisées sur la fraction PM10, les quantités de B[a]P devraient varier proportionnellement aux niveaux de particules. C'est le cas pour 8 premiers échantillons mais ne se confirme pas pour les suivants.

Ceci peut être dû aux faibles concentrations en B[a]P relevées à partir du mois de mars. Nous pouvons avancer l'hypothèse selon laquelle la nature chimique de l'aérosol urbain change en fonction des saisons. Ainsi, les émissions de PM10 liées au chauffage devenant faibles à mesure que les températures montent, la part du B[a]P dans la fraction PM10 diminue au profit d'autres molécules et/ou d'autres sources de particules [13].

Influence des conditions météorologiques sur les concentrations en B[a]P

De même, il existe une grande variabilité des concentrations au sein d'une même campagne de mesure. Ces fluctuations peuvent s'expliquer par des conditions météorologiques contrastées. En effet, les concentrations les plus élevées sont systématiquement rencontrées lorsque les températures, les précipitations et la vitesse du vent sont faibles (cf. fig.17). A l'inverse, les concentrations sont faibles si des événements pluvieux surviennent, que les températures sont douces et que le vent est fort (conditions permettant une bonne dispersion des polluants atmosphériques).

MESURE DES HAP EN MILIEU URBAIN A RENNES

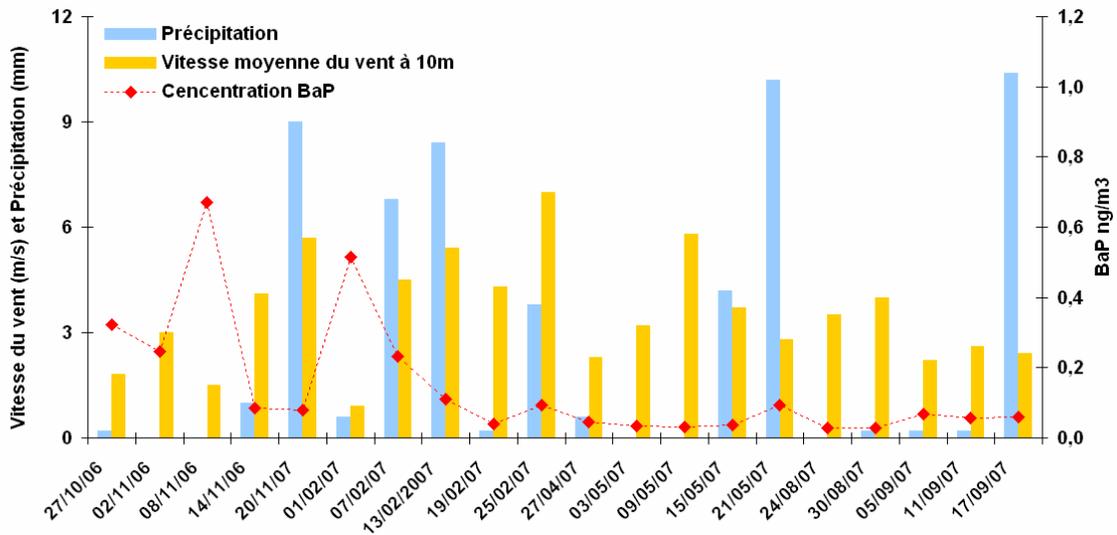


Fig.18 : Mesures de B[a]P et conditions météorologiques à Rennes

L'étude des vents ne permet pas de définir de directions privilégiées pour la pollution au B[a]P. Cette observation s'explique par le caractère diffus des sources d'émission en HAP (chauffage et trafic routier). Aucune source d'émission ponctuelle n'est mise en évidence à proximité du site de mesure.

Influence du jour de la semaine

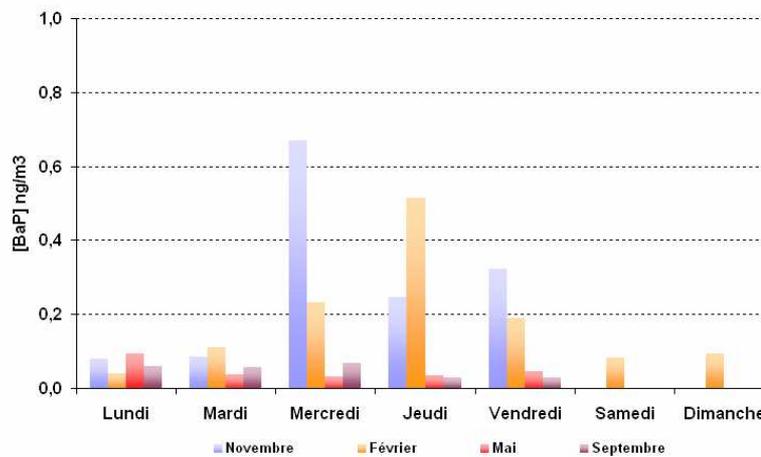


Fig.19 : Profils hebdomadaires des concentrations B[a]P à Rennes

Compte tenu du nombre limité d'échantillon, il n'est pas possible de conclure à une quelconque influence du jour de la semaine sur les concentrations en B[a]P.

Comparaison aux valeurs de références

Sur la figure 13, il apparaît que l'ensemble des mesures respectent la valeur cible pour la protection de la santé établie à 1 ng/m^3 . Cependant, sous certaines conditions météorologiques (hautes pressions, vents faibles, présence de brouillard), les concentrations journalières ont dépassé ponctuellement les seuils d'évaluation fixés par la directive européenne (le 8 novembre 2006 et le 1 février 2007).

IV.4 Résultats pour les HAP totaux

La directive 2004/107/CE impose la surveillance de 6 autres HAP en complément du B[a]P. Il s'agit du benzo(a)anthracène, du benzo(b)fluoranthène, du benzo(j)fluoranthène, du benzo(k)fluoranthène, de l'indéno(1,2,3-cd)pyrène et du dibenzo(a,h)anthracène.

Les HAP totaux correspondent à la somme des concentrations de ces 7 HAP. Les 2 congénères B[b]F et B(j)F peuvent être difficiles à séparer d'un point de vue analytique. Les résultats sont donc exprimés en tant que somme B(b+j)F.

Distribution des HAP mesurés

La distribution des différents HAP est relativement stable au cours de l'année.

Les 2 congénères « benzo(b+j)fluoranthène » sont les molécules prépondérantes puisqu'elles représentent entre 29% et 40% des HAP totaux en fonction des mois (38 % sur l'ensemble de l'étude). Les concentrations journalières mesurées à Rennes s'échelonnent entre 0,06 ng/m³ et 1,33 ng/m³.

Par ordre décroissant d'importance, apparaissent ensuite :

- l'indéno(1,2,3-cd)pyrène (19%),
- le benzo[a]pyrène (16%),
- le benzo(a)anthracène (12%),
- le benzo(k)fluoranthène (11%),
- le dibenzo(a,h)anthracène (5%).

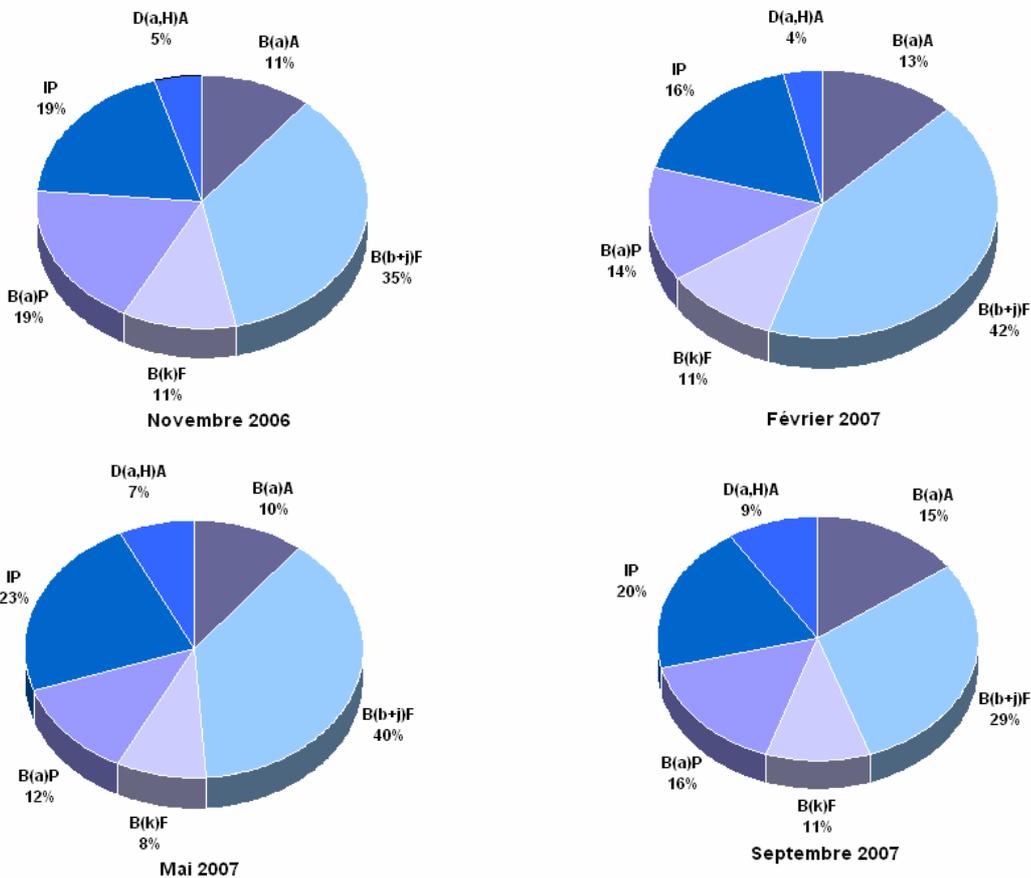


Fig.20 : Distribution des concentrations en HAP dans la fraction PM10 à Rennes

Corrélation entre les concentrations en BaP et les HAP totaux

Le B[a]P a été choisi au niveau européen comme traceur du risque cancérigène lié aux HAP dans l'air ambiant. Il représenterait à lui seul 40 % du risque cancérigène total attribué aux HAP.

L'étude de la corrélation entre les concentrations B[a]P et les HAP totaux démontre que le B[a]P est un bon traceur de la pollution au HAP sur Rennes. Le coefficient de corrélation ($R^2 = 0,98$) se rapproche de la valeur idéale ($R^2 = 1$).

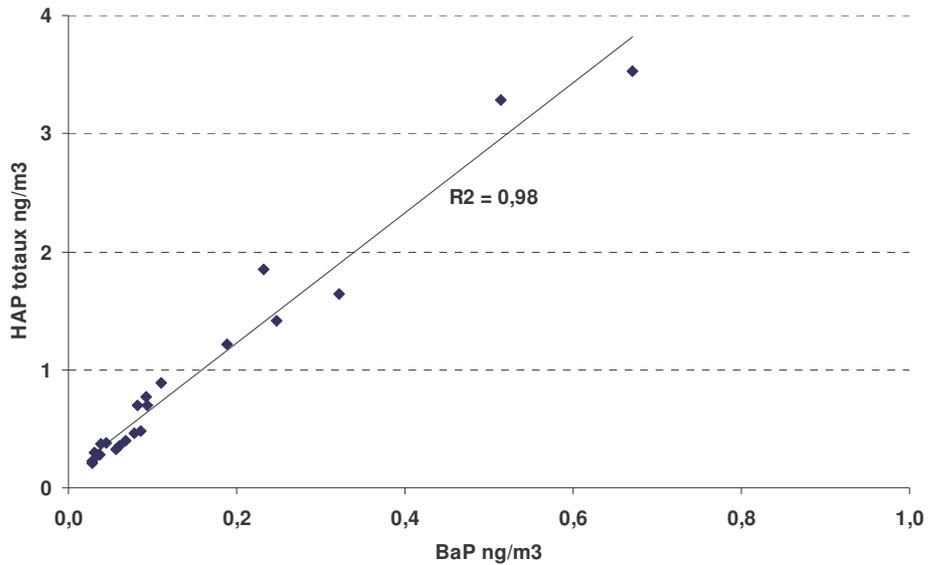


Fig.20 : Distribution des concentrations en HAP dans la fraction PM10 à Rennes

Les autres HAP pris de manière individuelle présentent également de bonnes corrélations avec les mesures d'HAP totaux, notamment pour le B[b+j]F, l'IIP et le B[k]F, dont les coefficients de corrélation sont égaux à 0,99.

Bien que fortement corrélés, les résultats sont moins bons pour le B[a]A ($R^2 = 0,94$), le D[a,h]A ($R^2 = 0,95$).

V. Conclusion et Perspectives

Cette première étude des HAP dans l'air ambiant à Rennes a permis de répondre à l'objectif initial que nous nous étions fixés : **évaluer les concentrations** en HAP en milieu urbain et leurs variations temporelles.

Les concentrations journalières en Benzo[a]pyrène relevées au niveau du site du Triangle varient entre 0,028 ng/m³ (LQ) et 0,671 ng/m³. La moyenne établie sur l'ensemble de l'étude (0,143 ng/m³) est environ 7 fois inférieure à la valeur cible pour la protection de la santé (1 ng/m³). Il arrive que certaines journées les seuils d'évaluation maximale et minimale soient dépassés. Le dépassement de ces seuils conditionnant la stratégie de surveillance à long terme sur l'agglomération (fréquence des mesures notamment), il serait pertinent de poursuivre les investigations dans le domaine en réalisant des prélèvements sur des sites trafics.

Le B[a]P n'est pas le HAP le plus prépondérant dans la fraction PM10 puisqu'il représente environ 15% des HAP totaux. Néanmoins, l'excellente corrélation qui apparaît entre les HAP et le B[a]P fait de lui un bon traceur de la pollution urbaine en HAP.

Cette étude a également permis de souligner que les teneurs atmosphériques en HAP sont soumises à une forte saisonnalité avec des niveaux plus élevés l'hiver que l'été. Ce phénomène s'explique principalement par :

- l'augmentation des émissions avec l'apparition du chauffage domestique comme nouvelle source,
- les processus de dégradation des HAP qui sont moins importants l'hiver,
- une plus grande stabilité des basses couches de l'atmosphère qui limite les phénomènes de dispersion.

En site urbain, les niveaux de pollution au B[a]P peuvent atteindre ponctuellement les seuils d'évaluation fixés par la législation européenne. Ces derniers étant plus élevés à proximité du trafic, il serait pertinent de mettre en œuvre des mesures sur ce type de site dans l'avenir.

Bibliographie

- [1] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPEENNE. Directive 2004/107/CE du Parlement européen et du Conseil, 2004
- [2] ALEXANDRE ALBINET. Hydrocarbures aromatiques polycycliques et leurs dérivés nitrés et oxygénés dans l'air ambiant : caractérisation physico-chimique et origine, Thèse chimie analytique et environnement, INERIS, Bordeaux, 2006, 374p.
- [3] INERIS. HAP - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France, 2005, 43p.
- [4] CITEPA. Rapport d'inventaire national - Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France- Secten, Paris, 2007, 289p.
- [5] CITEPA. Inventaire départementalisé des émissions de polluants atmosphériques en France en 2000, Paris, 2005, 357 p.
- [6] European Communities. Ambient air pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) - Position Paper, Luxembourg, 2001, 49p.
- [7] LCSQA. Programme pilote national de surveillance des HAP : Rapport Final, Paris, 2004, 29p.
- [8] BLANDINE DOORNAERT, ANNICK PICHARD. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) - Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérogènes : Approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique - FET) et approche par mélanges - Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets non cancérogènes : Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), INERIS, Paris, 2006, 64p.
- [9] SOPHIE GABET. Remobilisation d'Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) présents dans les sols contaminés à l'aide d'un tensioactif d'origine biologique, Thèse n° : 12-2004, Université de Limoges, 2004, 170 p.
- [10] CIRC. Monographies sur l'Evaluation des Risques de Cancérogénicité pour l'Homme. Disponible sur <http://monographs.iarc.fr/indexfr.php> (12/01/08)
- [11] LCSQA. Recommandations pour le prélèvement et l'analyse des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) préconisés par la 4^{ème} directive fille – version finale, Paris, 2004,34p
- [12] LCSQA. Rapport de recommandations pour le prélèvement et l'analyse des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) dans l'air ambiant – version finale, Paris, 2007,34p.
- [13] P. MASCLET, H. CACHIER, L'aérosol atmosphérique - Caractéristiques physico-chimiques, Analisis Magazine, 1998, 26, N° 9, 6p.