



Colloque International Francophone sur les HAP  
Montréal, 3 et 4 Septembre 2008

## Méthodes d'évaluation de l'exposition aux HAP : étude des mélanges

Professeur Anne Maître  
*Toxicologie Professionnelle et Environnementale*  
Equipe EPSP, Laboratoire TIMC (UMR CNRS 5525), UJF  
CHU de Grenoble



## HAP cancérogènes : particuliers

	CIRC	UE
Benzo(a)pyrène	1	2
Dibenzo-(a,h)-anthracène	2A	2
Benzo(a)anthracène	2B	2
Benzo-(b)-fluoranthène	2B	2
Benzo-(j)-fluoranthène	2B	2
Benzo-(k)-fluoranthène	2B	2
Chrysène	2B	2
Benzo(e)pyrène	3	2



## HAP et cancer du poumon (CIRC)

### Preuves définitives ou robustes

• Gazéification charbon	2.66 (1.75-4.03)
• Production de coke	1.53 (1.20-1.96)
• Bitumes (toit, route)	2.13 (1.30-3.51)
• Fonderies de fer et d'acier	1.44 (1.26-1.65)
• Production d'aluminium	1.11 (0.97-1.28)
• Exposition diesel	1.33 (1.24-1.44)

### Preuves faibles ou non concluantes

• Noir de carbone	1.15 (0.68-1.95)
• Distillation de houille	1.18 (0.54-2.58)



## HAP et cancer de vessie (CIRC)

### Preuves définitives ou robustes

• Gazéification charbon	3.38 (1.72-6.63)
• Production d'aluminium	1.30 (0.98-1.72)
• Bitumes (toit, route)	1.64 (1.02-2.65)
• Fonderies de fer et d'acier	1.31 (0.93-1.86)

### Preuves faibles ou non concluantes

• Exposition diesel	1.29 (1.12-1.49)
• Noir de carbone	1.50 (0.66-3.41)



## Cancers professionnels (InVS 2003)

	FA / Homme	N cas	MP reconnue
Mésothéliome	85%	537-599	310 (52-58%)
Ethmoïde-sinus	25-41%	60-102	67 (65-100%)
Poumon	18-29%	2433-5427	458 (8-18%)
vessie	8-10%	625-1110	7 (0,5-1%)
leucémie	5-10%	112-413	27 (6-24%)
Total		3707-7651	869 (11-23%)



## Cancers et diagnostic étiologique

- Aucune spécificité
- Affection multifactorielle
  - Tabac (poumon, vessie)
  - Facteurs individuels
- Survenue tardive (tumorigénèse: 20-40 ans)
  - Cancer du poumon (âge H /F= 67/68 ans)
  - Cancer de vessie (âge H/F =71/77 ans)
- Manque de connaissances des médecins
- Manque de connaissances des expositions



## Evaluation de l'exposition aux HAP

Exposition

20 – 40 ans  
???

Maladie

Définition de groupes de sujets à risques, prévention

**Traçabilité des Expositions**  
(CMR 2001, PNSE 2004, PST 2005, IGAS 2008)



## Exposition environnementale aux HAP

- ✓ Pollution urbaine
  - émissions industrielles
  - diesel, incinération (OM)
  - chauffage urbain
- ✓ Pollution domestique
  - tabac (20-40 ng/cig)
  - alimentation (grillée, fumée)
    - 30-250 ng/jour
  - chauffage au bois
- ✓ Sources naturelles
  - feux de forêts, volcans



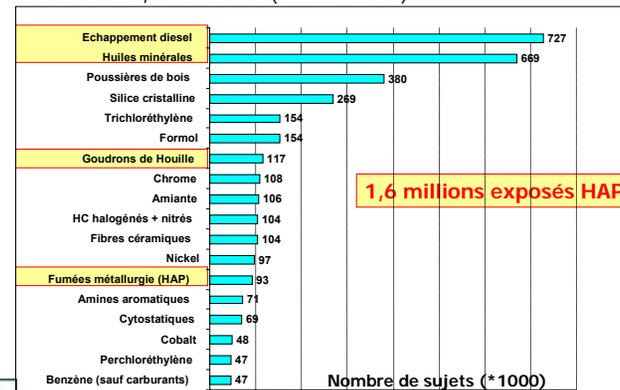
## Exposition professionnelle aux HAP

- ✓ Fours à coke
- ✓ Production d'électrodes
- ✓ Electrolyse de l'aluminium
- ✓ Fonderie de fer et d'acier
- ✓ Imprégnation du bois : créosote
- ✓ Production de silicium
- ✓ Pneumatiques : vulcanisation
- ✓ Usinage des métaux : huiles
- ✓ Routes et étanchéité toiture : bitumes
- ✓ Gaz d'émission : moteurs (diesel), incinération
- ✓ Imprimerie : encres



## Exposition professionnelle aux HAP

- France : 2,4 millions (SUMER 2002)



## Exposition aux HAP

Mélanges d'HAP gazeux et particulaires de compositions différentes selon les sources d'émission

- Produits :
  - Dérivés de houille
  - Distillation du pétrole
  - Combustion de la matière organique
- Conditions environnementales :
  - Température, dispersion, dégradation



## Exposition aux HAP

Diminution des niveaux d'exposition

← Changement de produits et conditions d'utilisation

- **Bitumes** : remplacement des dérivés de houille par des dérivés pétroliers
- **Huiles** : remplacement des huiles minérales par des huiles hautement raffinées ou semi-synthétiques
- **Electrolyse de l'aluminium** : remplacement du procédé Söderberg à anode continue par le procédé à anode précurée, application de pâte de brasque à 40°C (avant 145°C)

En plus des cartographies d'exposition,  
nécessité d'un suivi longitudinal des expositions



## Traçabilité des expositions

**EXPORISQ-HAP** (AFSSET, InVS, entreprises)  
www.medecine-travail-u-grenoble.org

- Mesurage des expositions individuelles aux agents cancérogènes (HAP) :
  - Identification des entreprises régionales fabriquant ou utilisant substance cancérogène : HAP
  - Mesure de l'exposition individuelle aux HAP : atmosphérique et biologique (absorption cutanée, plus proche du risque)
  - Recueil des données / profession : secteur, profession, activité, procédé, produit, protection

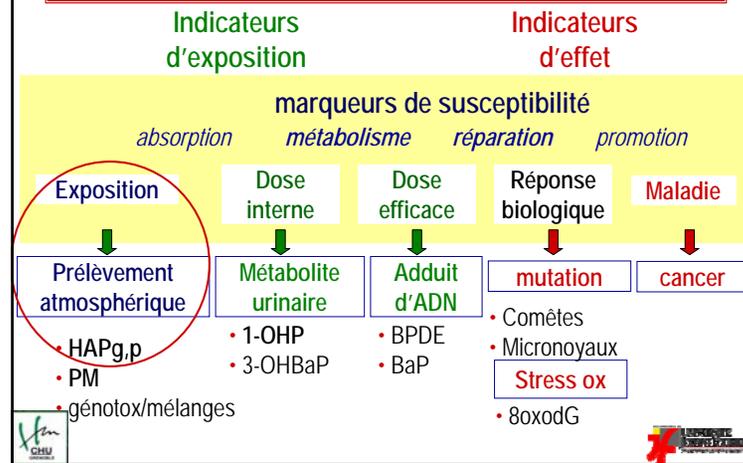


## Traçabilité des expositions

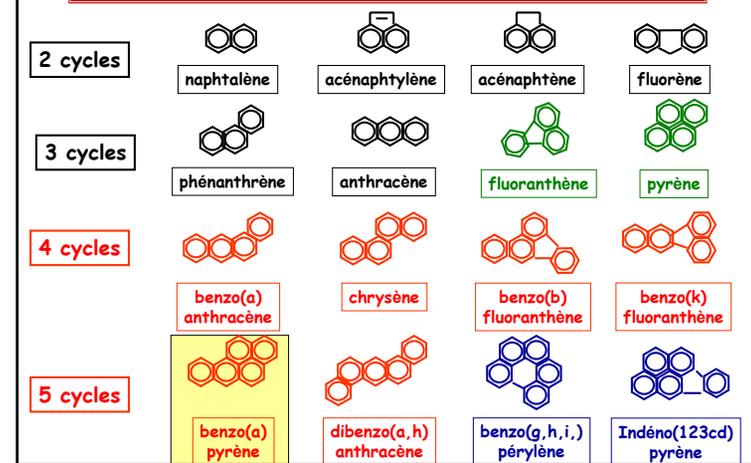
- Cartographie des expositions / secteur, produit
  - Groupes de sujets à risque
  - Priorités de prévention
- Amélioration des matrices emplois-expositions (InVS)
- Limitation des biais / études épidémiologiques : manque de données d'exposition
  - **Suivi périodique expositions** : modification composition produits et conditions d'utilisation, amélioration EPC et EPI
  - ➔ Développer une **base de données régionale .... nationale**



## Marqueurs d'exposition ou d'effet ?



## HAP gazeux et particulaires



## Métrieologie atmosphérique des HAP

- Prélèvement :

- Industrie : individuel portatif (1L/min, 8H)



- Supports placés en séries

- filtres : HAP particulaires
- résines : HAP gazeux

- Analyses des HAPg et HAPp : HPLC-Fluo, GC-SM

- après extraction des HAP par solvants



## Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle aux HAP

- FSB ou BSM (Fraction Soluble dans Benzène) : Extraction des filtres dans benzène, pesée gravimétrique  $\approx 20\%$  HAP, 1-2% BaP  
France, Canada 0.2 mg/m<sup>3</sup>

- HAPs totaux  
Norvège 40 µg/m<sup>3</sup>

- BaP Finlande 10 µg/m<sup>3</sup>  
Canada, RFA (cokerie) 5 µg/m<sup>3</sup>  
RFA 2 µg/m<sup>3</sup>  
**France 0.15 µg/m<sup>3</sup> (=150 ng/m<sup>3</sup>)**

- HAPs cancérigènes ?

somme des HAP cancérigènes (HAPc), BaPeqT



## Calcul du BaPeqT : TEF

	EPA (1993)	Nisbet et Lagoy (1992) INERIS
BaP	1	1
diBahA	1	1 (5)
BaA	0.1	0.1
BbF	0.1	0.1
BkF	0.01	0.1
Chr	0.001	0.01

$$\rightarrow [\text{BaP}_{\text{eq}}] = \sum [\text{HAPc}] \times \text{TEF}$$



## Métrieologie atmosphérique des HAP

- Avantages : hygiène industrielle +
  - **Composition chimique** précise du mélange, granulométrie de la phase particulaire, évolution spatio-temporelle
    - BaP / Pyrène, HAPc / Pyrène ? Profils ?
  - Identification des **sources d'émission** (prévention)
  - Identification des **pics**
  - Efficacité des **EPC**

**Exporisq-HAP :**

- Production de Silicium et alliages
- Emissions de moteurs



## Expositions professionnelles

- Production de silicium et alliages

Si → Électrodes composites      FeSi, CaSi → Électrodes Söderberg

Brai de houille  
20%

## Expositions professionnelles

- Si et alliages : chargement électrodes

**Electrodes composites : chargement**  
Niveaux plus élevés (70 x + BaP)

Plus d'HAPc  
Plus de BaP  
2 x + BaP/Pyr

Plus d'HAP partielaires

## Expositions professionnelles

- Si : chargement électrodes composites

**Si aspiration**  
7 x moins BaP

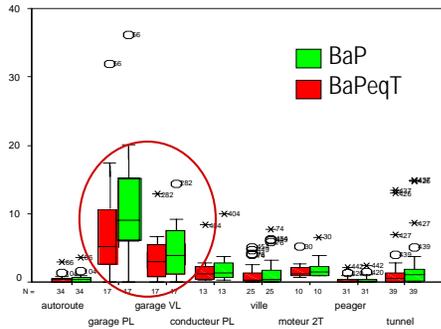
**Si chargement automatique**  
6 x moins BaP

## Expositions professionnelles

- Si : niplage et soudage électrodes composites

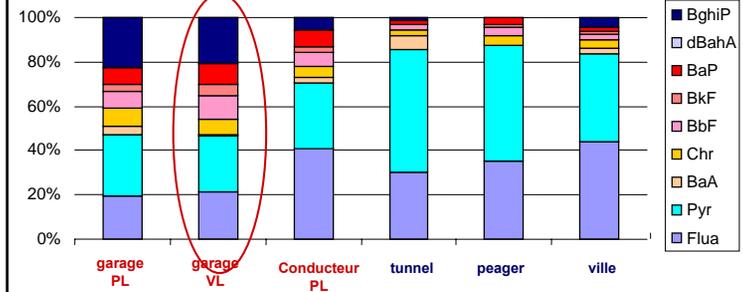
Meilleure protection respiratoire  
Moindre absorption cutanée

## Exposition aux HAP : émissions moteurs



## Exposition aux HAP : émissions moteurs

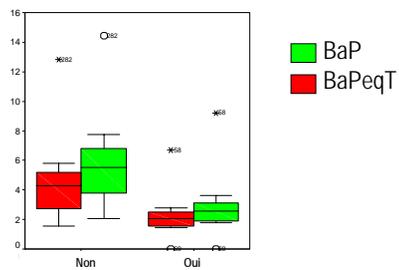
### HAP atmosphériques particulaires



Plus d'HAP cancérigènes à proximité / source d'émission



## Exposition aux HAP: émissions moteurs

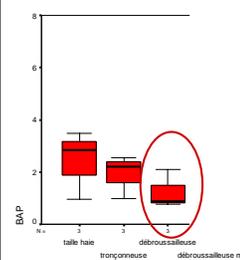


Intérêt des aspirations dans les garages VL

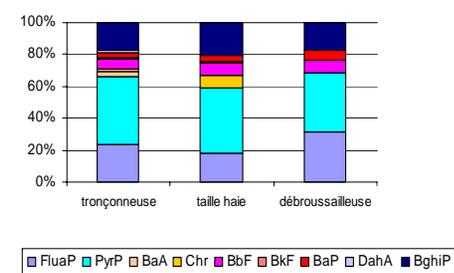


## Exposition aux HAP: émissions moteurs 2T

### BaP (ng/m3)



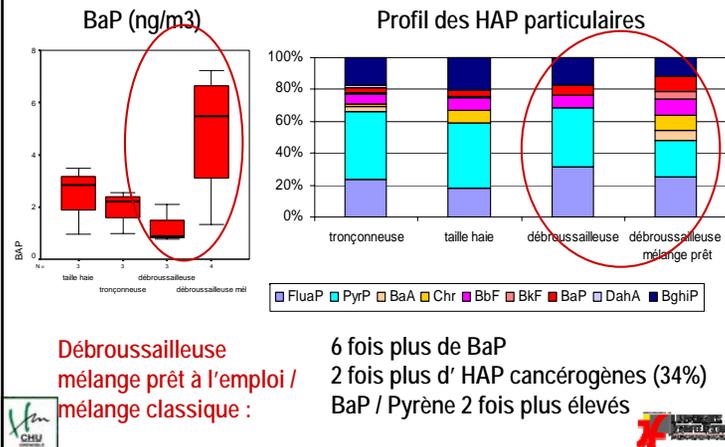
### Profil des HAP particulaires



Profils HAP particulaires comparables / même mélange  
Niveaux plus faibles / débroussailluses (moteur dans le dos)



## Exposition aux HAP: émissions moteurs 2T



## Evaluation de l'exposition aux HAP

- **Métrieologie atmosphérique :**  
Approche indispensable d'hygiène industrielle +
  - Identification des **sources d'émission** (prévention)
  - **Composition chimique** précise du mélange :
    - fonction de la (des) **source(s)** et de l'**activité** (attention à la globalisation par secteur)
    - **étude / source** : profil HAP, HAPc, **BaP / Pyr**
  - Efficacité des **EPC**
  - **Faibles doses**

## Evaluation de l'exposition aux HAP

- **Suivi biologique :**  
Approche indispensable en santé +
  - Prend en compte EPI, toutes voies d'absorption
  - Prend en compte facteurs individuels (faible exposition)
  - Plus en relation avec les **risques sanitaires**
- **Connaissances à améliorer :**
  - 3OHBaP, 1OHP? VLB?
    - fonction de la source (BaP/Pyr)? étude 3OHBaP/1OHP
    - faibles doses
  - biomarqueurs d'exposition génotoxique : **VPP?**