

# Exposition des enfants en bas-âge aux poussières de sol

Laure Malleret, Yves Noack, Thierry Orsière



C. Patinha, A.P. Reis



geobiotec  
Geobiociências, Geoengenharias  
e Geotecnologias

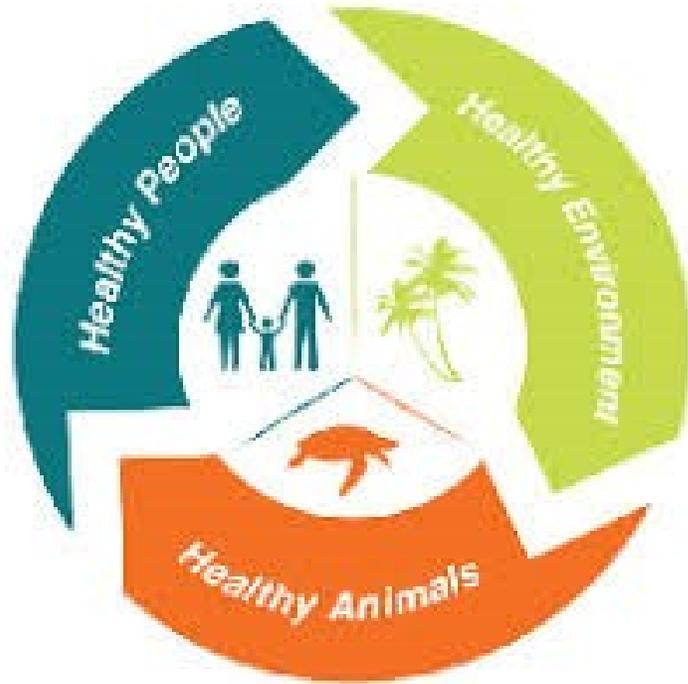


universidade  
de aveiro



# Contexte général

*The One Health Triad*

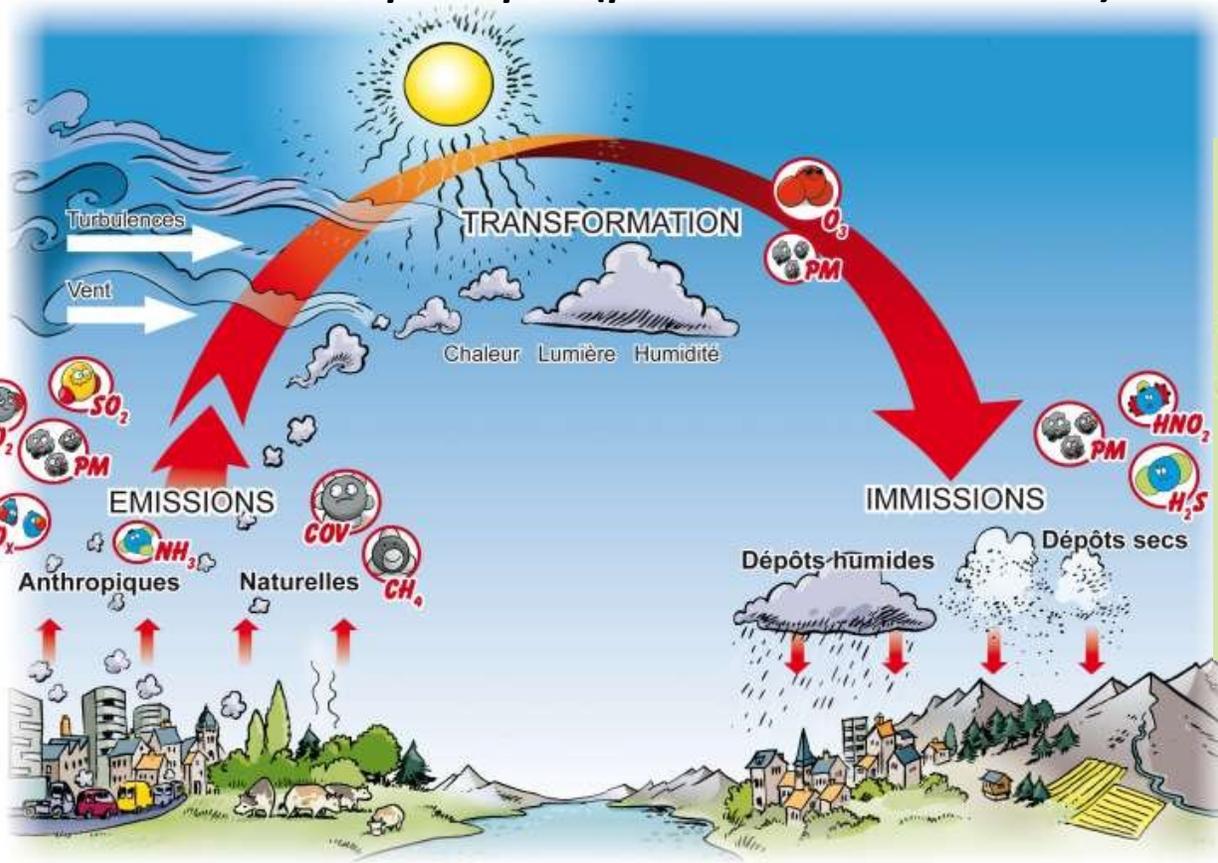


- Approche « **One health** », une santé un environnement
- Impact des contaminants de notre environnement sur notre santé
- Des **préoccupations politiques et sociétales**
  - ❖ Réglementations dans les Etablissement Recevant du Public (ERP) (01/18 « enfants », 01/20 « 2<sup>nd</sup> degré », 01/23 « autres »)
  - ❖ Campagne nationale de diagnostic sur sol/eau des lieux accueillants des enfants
  - ❖ Incendie Notre Dame de Paris
  - ❖ ANSES, valeur guide sur poussières intérieures
  - ❖ Santé publique France, Etude Esteban

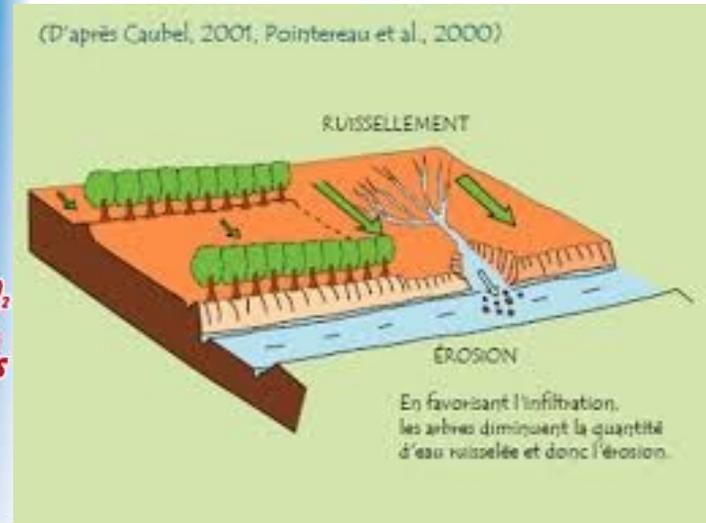
# Poussières au sol



*Retombées atmosphériques (particules sédimentables)*



*Ruissellement de surface et érosion et des sols*



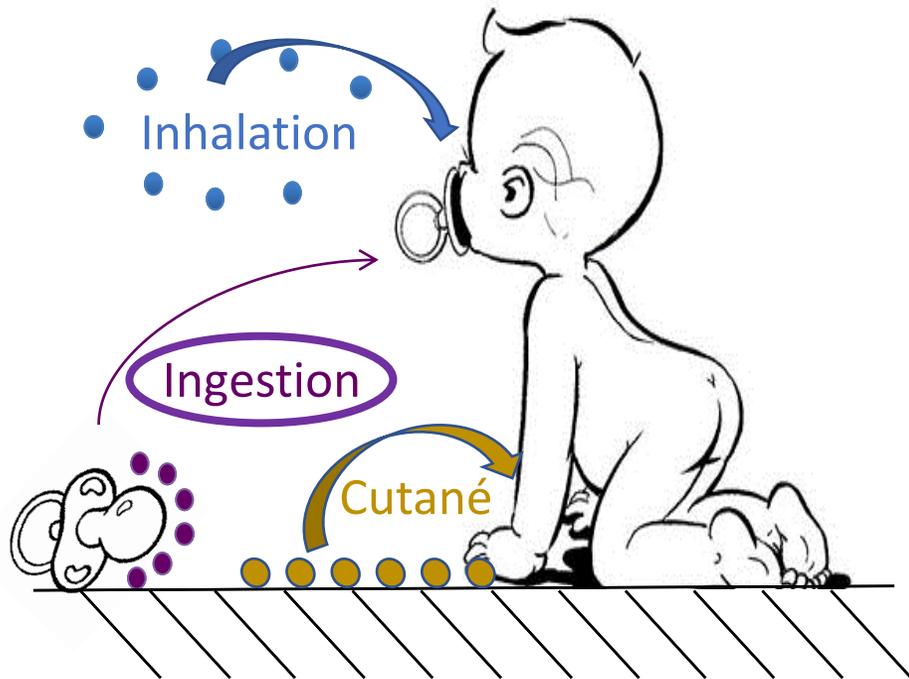
*Equipements,  
Activités humaines  
Matériaux de construction*



*Apport extérieur*



# Exposition des jeunes enfants (0-6 ans) aux poussières de sol



**Comportement particulier:**  
*jeu au sol,  
portage main-bouche*

**Leurs effets dépendent :**

- de leur **composition chimique**
- de la taille des **particules**
- de nos **caractéristiques** (âge, sexe...), **mode de vie** (tabagisme...) et **état de santé**
- du degré **d'exposition** (spatiale et temporelle) de la **dose inhalée**

Génotoxicologiques

ETM / HAP

Caractérisation physique

Jeunes enfants (0-6 ans)

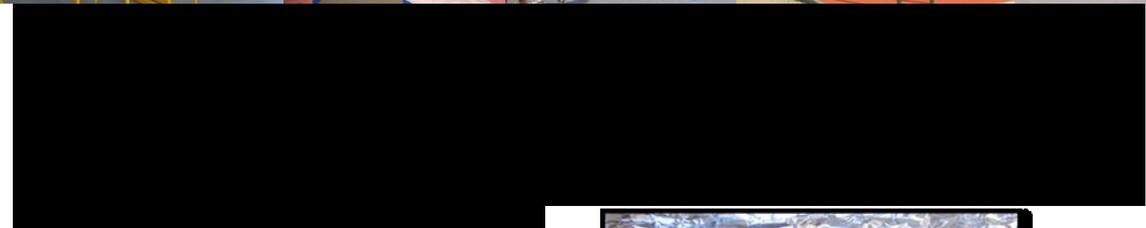
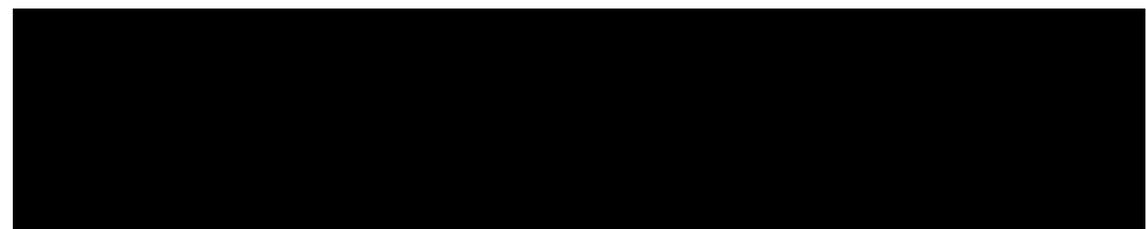
Journée

Extérieur et intérieur

# Méthodologie expérimentale

3 sites ateliers: *écoles maternelles situées dans des environnements contrastés*

Prélèvement des poussières de sols: *en intérieur et en extérieur*

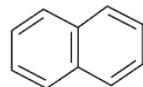


1. Industriel (Port St Louis du Rhône)
2. Urbain et portuaire (Marseille)
3. Péri-urbain (Trets)

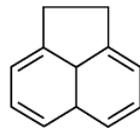
Échantillon de poussière de la cour, à l'école Ruffi (Marseille, saison: été, fraction: 50-100µm)

# Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

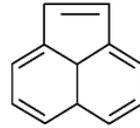
- ❑ **Ubiquiste** dans l'environnement
- ❑ 16 d'entre eux **classés prioritaires par l'US-EPA**
- ❑ Inclus dans plusieurs listes de polluants prioritaires à suivre (air, boue, sol)
- ❑ **Mutagène et/ou cancérigène**
- ❑ Le **benzo(a)pyrène** est classé **CMR (benzo(a)pyrène CMR classe 1)**



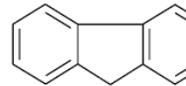
Naphtalène\*



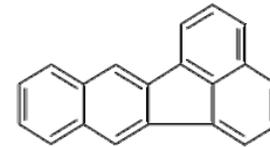
Acénaphthène\*



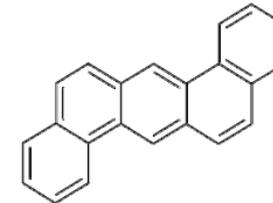
Acénaphthylène\*



Fluorène\*

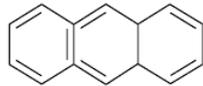


Benzo[k]fluoranthène\*

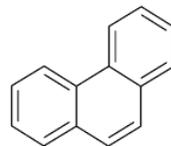


Dibenz[a,h]anthracène\*

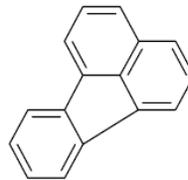
<https://www3.epa.gov/>



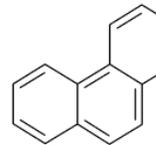
Anthracène\*



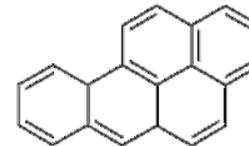
Phénanthrène\*



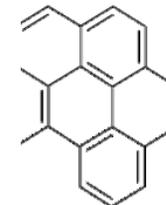
Fluoranthène\*



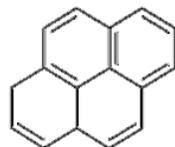
Chrysène



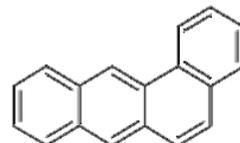
Benzo[a]pyrène\*



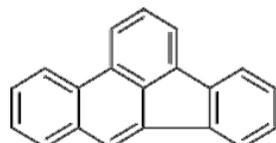
to[g,h,i]perylène\*



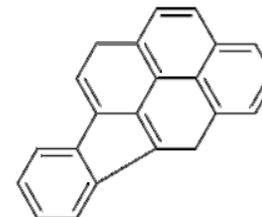
Pyrène\*



Benz[a]anthracène\*



Benzo[b]fluoranthène\*



Indéno[1,2,3-c,d]pyrène\*

# Origine des HAP dans notre environnement

## Émissions naturelles :

### Éruptions volcaniques



<http://www.gralon.net/>

### Feux de forêt



<http://footage.framepool.com>

## Émissions anthropiques :

### Pétrogénique



<http://www.planete-energies.com/>



*Industries pétrochimiques*



*Zone industrialo-portuaire Marseille-Fos*

### Pyrolytique



*Traffic routier, autoroutier en zone urbaine*



<http://infodoc.agroparistech.fr/>

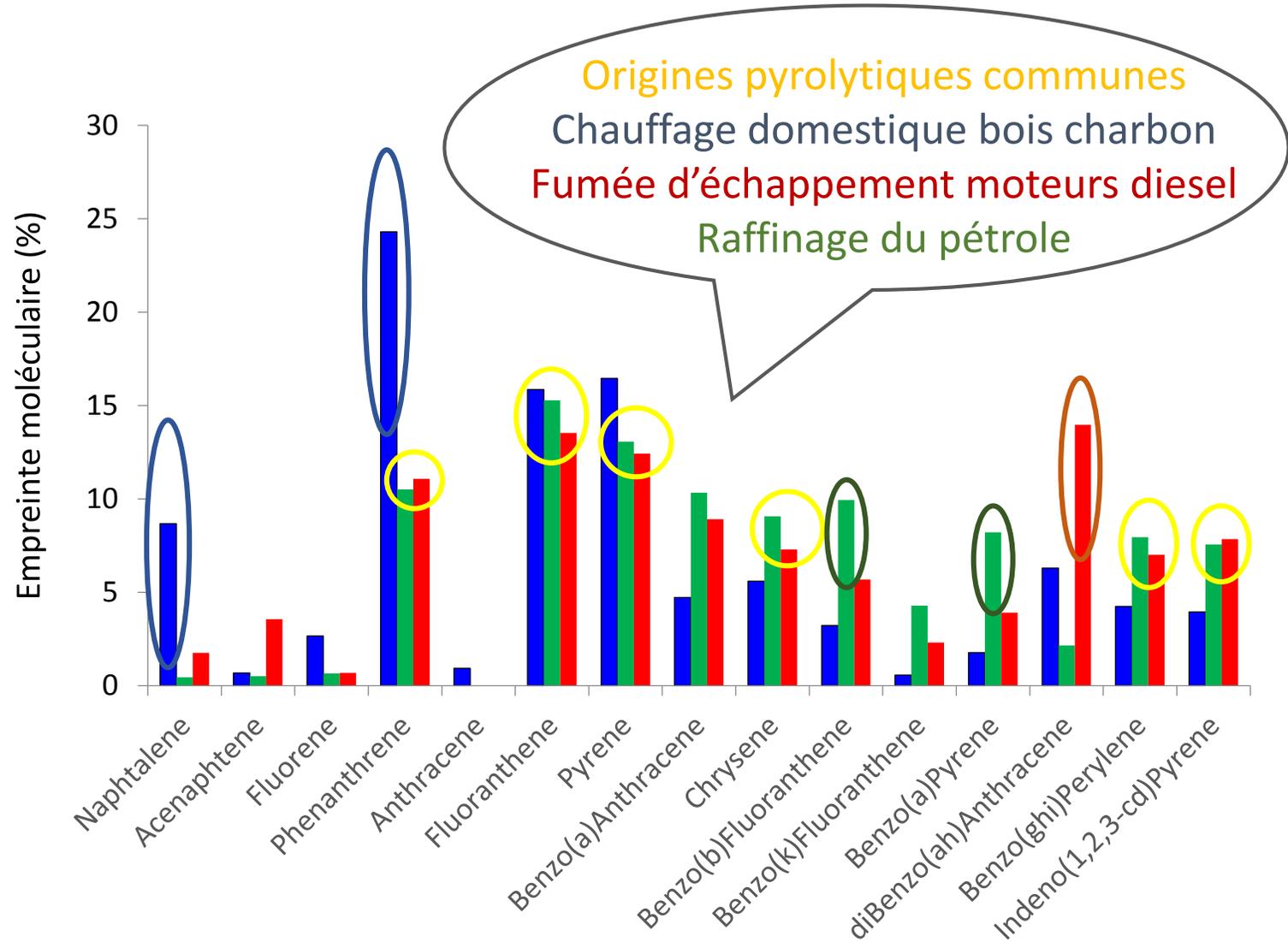
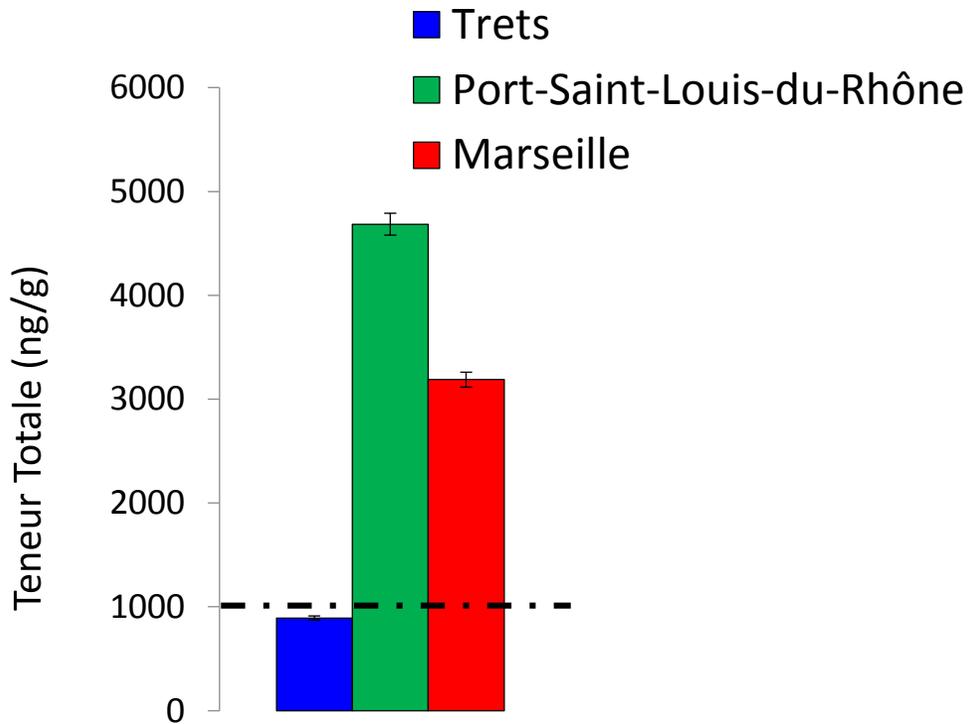


<http://footage.framepool.com>



*Grand Port Maritime de Marseille*

# Variation spatiale des teneurs en HAP selon les villes

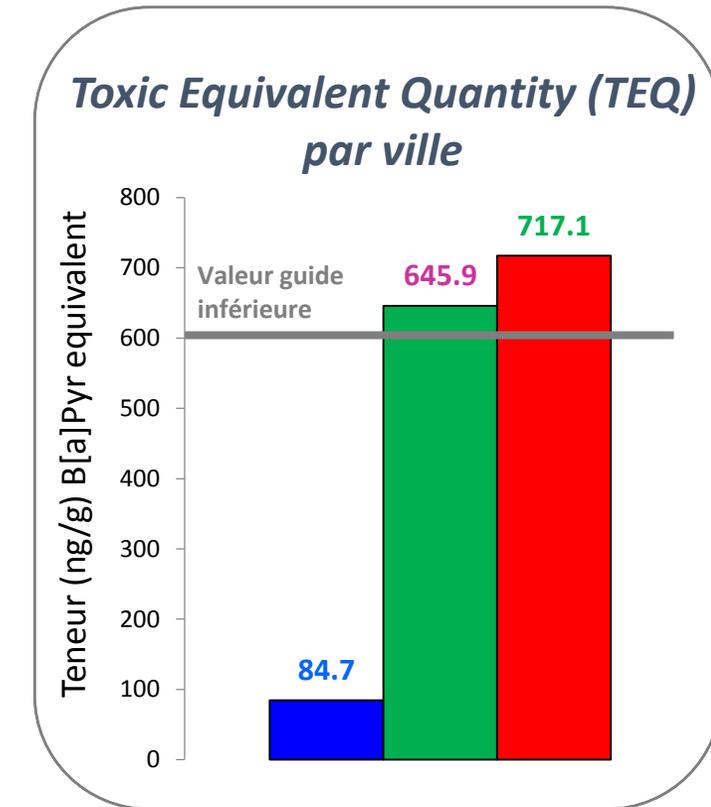


Teneur en HAPs (moyennées selon le site d'échantillonnage)  
 dans les particules d'écoles selon les villes étudiées

# Evaluation de la toxicité des particules liée aux HAP

HAP prioritaires EPA	Facteur d'Equivalence Toxique (TEF)	Cancérogène CIRC	EU sécurité alimentaire (EFSA)
Naphtalene	0,001	N.C.	
Acenaphtene	0,001	3	
Acenaphtylène	0,001	N.C.	
Fluorene	0,001	3	
Phenanthrene	0,001	3	
Anthracene	0,001	3	
Fluoranthene	0,001	3	
Pyrene	0,001	3	
<b>Benzo(a)Anthracene</b>	<b>0,1</b>	<b>2B</b>	<b>x</b>
<b>Chrysene</b>	<b>0,01</b>	<b>2B</b>	<b>x</b>
<b>Benzo(b)Fluoranthene</b>	<b>0,1</b>	<b>2B</b>	<b>x</b>
<b>Benzo(k)Fluoranthene</b>	<b>0,1</b>	<b>2B</b>	<b>x</b>
<b>Benzo(a)Pyrene</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>x</b>
<b>diBenzo(ah)Anthracene</b>	<b>1</b>	<b>2A</b>	<b>x</b>
Benzo(ghi)Perylene	0,01	3	
<b>Indeno(1,2,3-cd)Pyrene</b>	<b>0,1</b>	<b>2B</b>	<b>x</b>

- Groupe 1 : substance cancérogène, - Groupe 2A : substance probablement cancérogène, - Groupe 2B : substance possiblement cancérogène, - Groupe 3 : substance inclassable quant à sa cancérogénicité



*Cachada et al., 2016*

*TEQ limite 600 ng/g – 5300 ng/g*

- Trets
- Port-Saint-Louis-du-Rhône
- Marseille

# HAP



## En résumé

- Contenu en HAP variable et contrasté selon les sites
- De fortes teneurs totales à Marseille et PSLR avec un fort marquage anthropique
- Des concentrations élevées en HAP cancérogènes donnant lieu à des équivalents toxiques élevés



## Questionnements et Perspectives

- Contenu total en HAP vs le contenu bio-accessible?  
⇔ Développer des outils
- Le TEQ calculé est-il en lien avec les effets génotoxiques observables?  
⇔ Lien entre effets calculés et effets in-vitro
- Le TEQ reflète-t-il les effets des différents mélanges? Quel rôle jouent les métaux?  
⇔ Etudier les effets « mélanges »

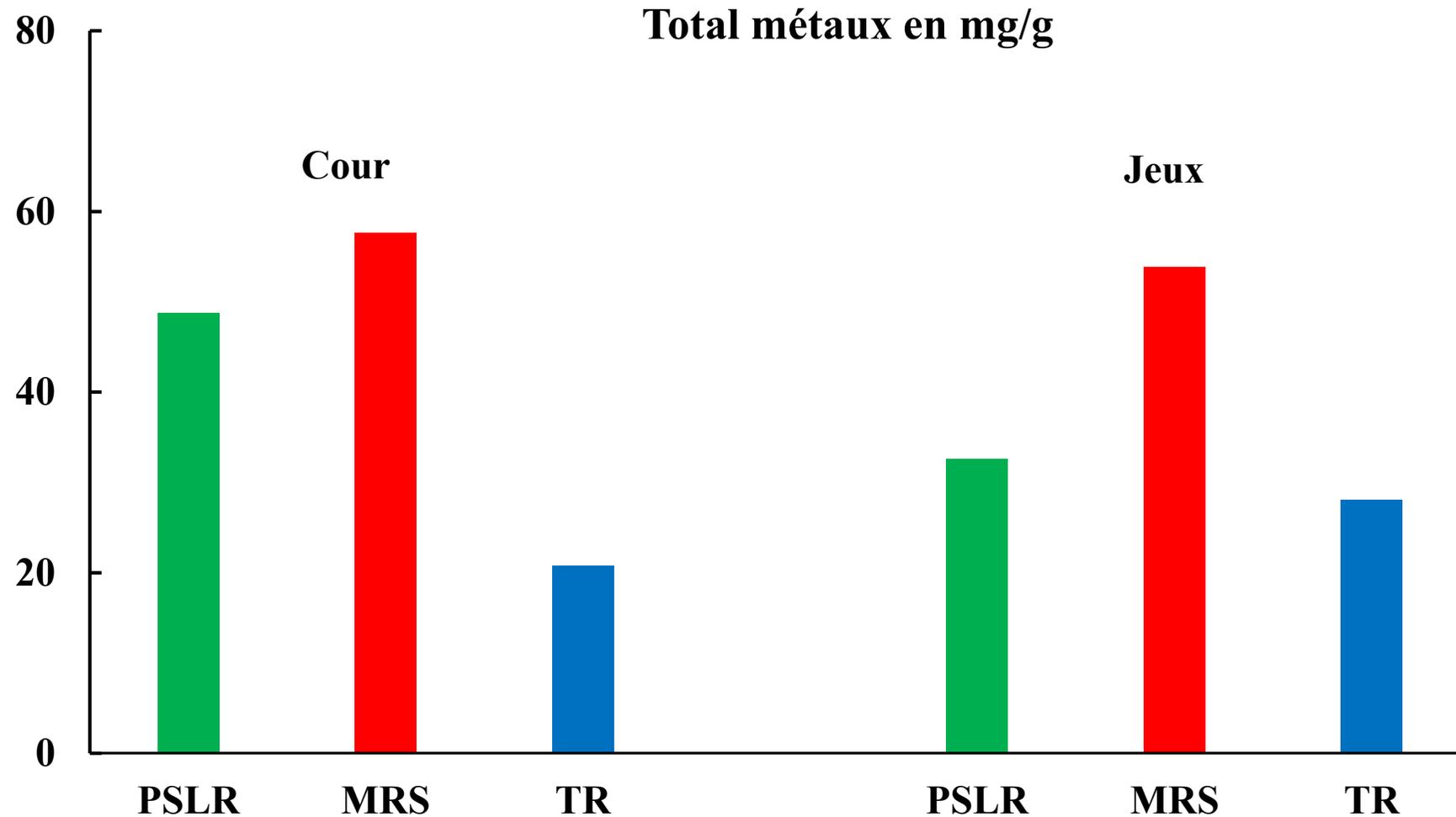
# Les métaux

Cliquez sur une case pour obtenir sous le tableau une description détaillée de l'élément correspondant.

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
87 Fr	88 Ra	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og	
		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

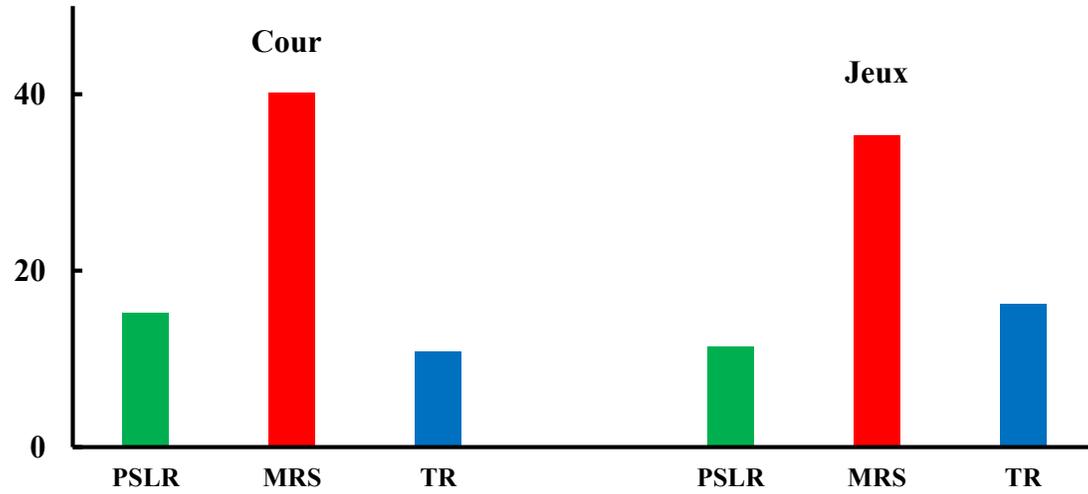
- Métaux analysés : Aluminium, Arsenic, Cadmium, Chrome, Cobalt, Cuivre, Fer, Manganèse, Molybdène, Nickel, Plomb, Thorium, Titane, Uranium, Vanadium, Zinc
- Ils peuvent être présent dans les roches ou les sols, mais leurs concentrations peuvent être augmentées par les activités anthropiques
- Beaucoup peuvent être toxiques ou génotoxiques

# Composition chimique - Métaux

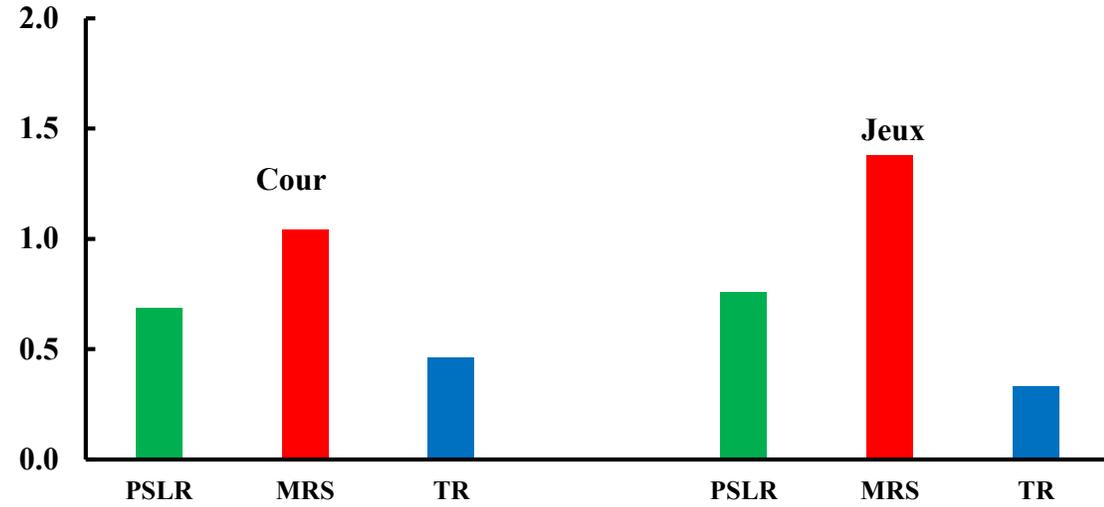


# Composition chimique - Métaux

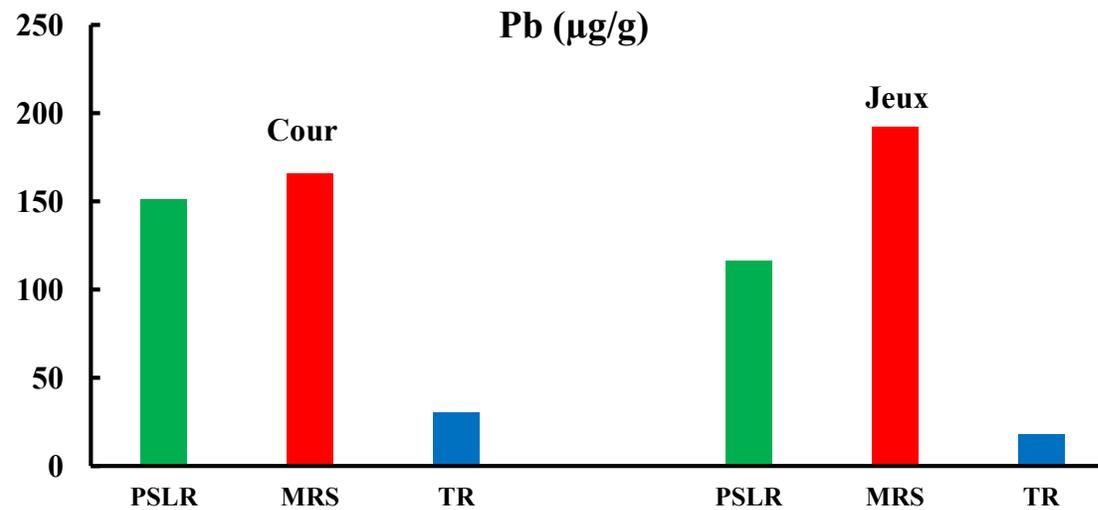
Al (mg/g)



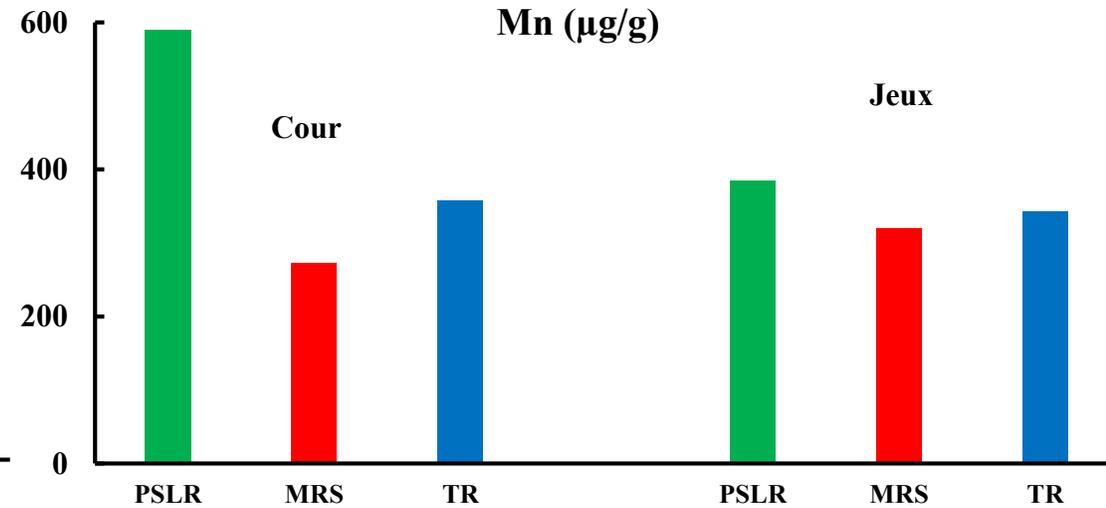
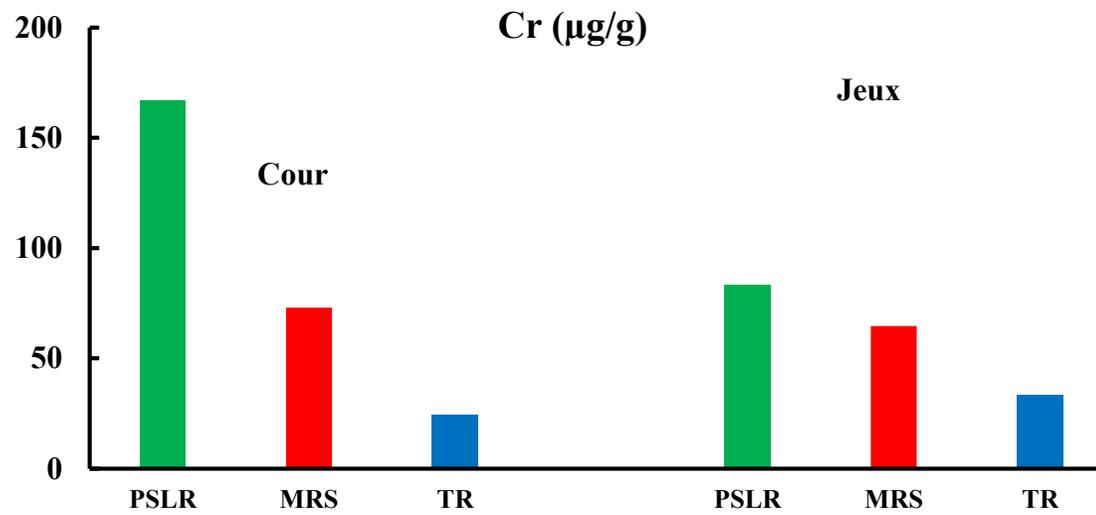
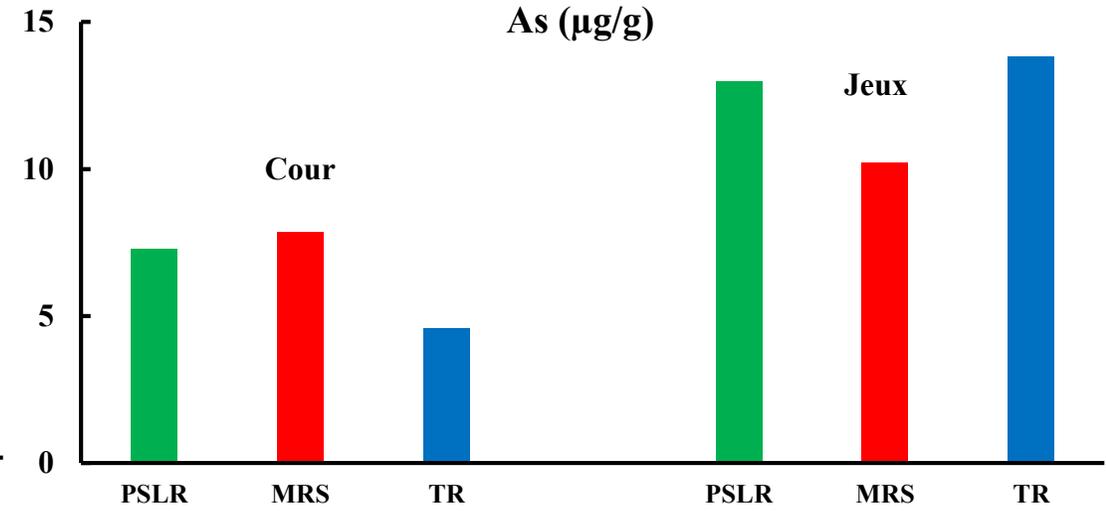
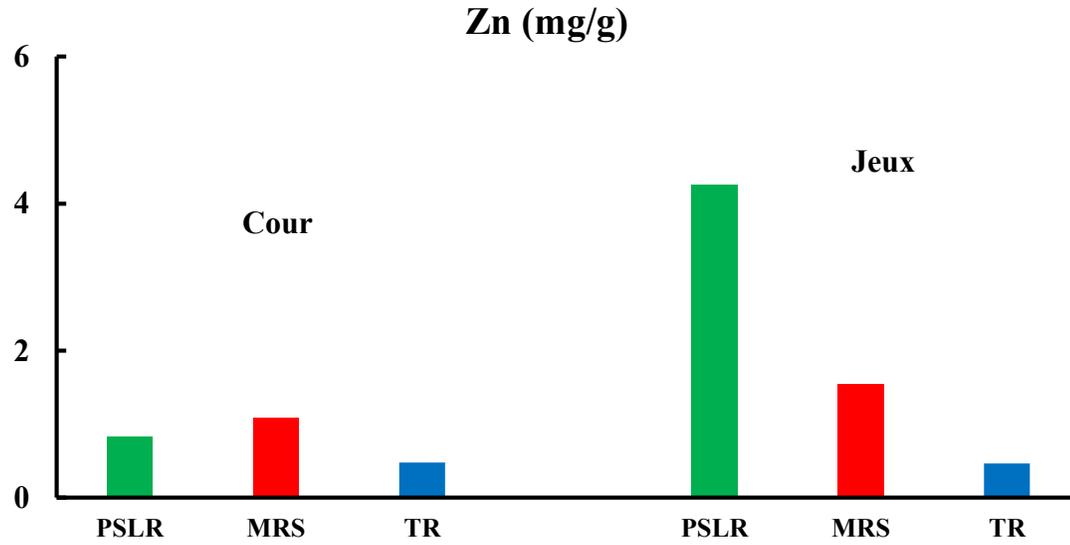
Cd ( $\mu\text{g/g}$ )



Pb ( $\mu\text{g/g}$ )



# Composition chimique - Métaux



# METAUX



## En résumé

- Les concentrations en métaux sont variables en fonction des environnements.
- Marquage important des activités industrielles à Marseille et Port Saint Louis du Rhône.

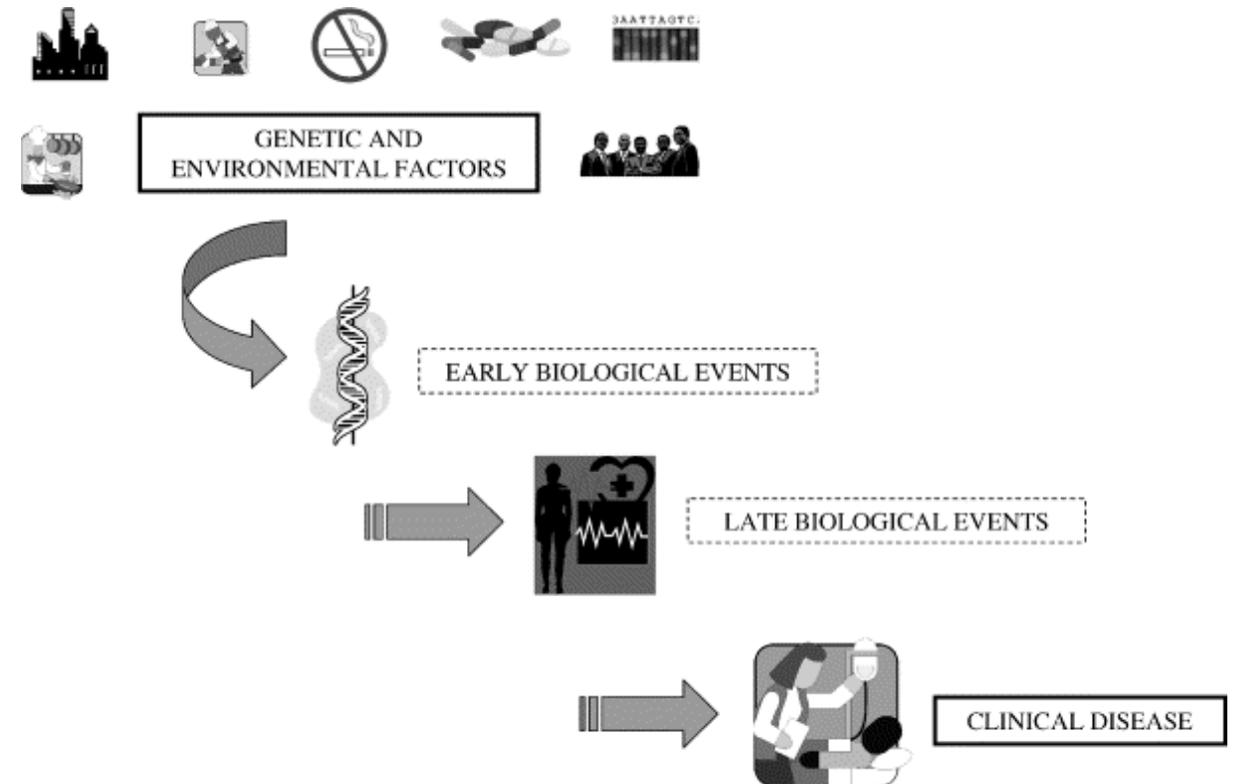


## Questionnements et Perspectives

- Composition des revêtements de jeux à préciser.
- Quelles spéciations et donc bioaccessibilité pour ces éléments en fonction de l'environnement.

# Ces particules présentent elles des effets génotoxiques ?

La génotoxicité, appelée également toxicité génétique, représente la capacité de certains agents physiques, chimiques ou biologiques à provoquer l'apparition de dommages à l'ADN\* qui peuvent conduire à des mutations génétiques si ces lésions ne sont pas réparées. Ces agents sont qualifiés de mutagènes.



Centre international de Recherche sur le Cancer

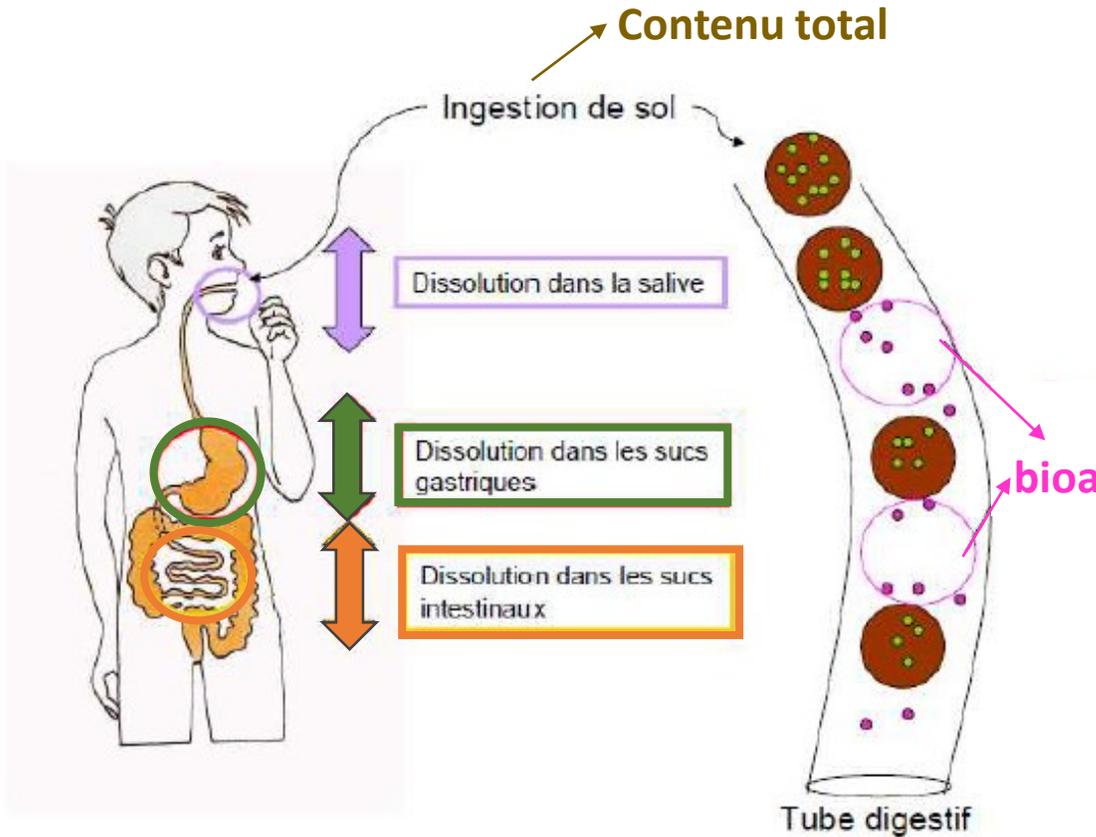


COMMUNIQUE DE PRESSE  
N° 213

12 Juin 2012

LES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES MOTEURS DIESEL  
CANCEROGENES

# Contenu total vs contenu bio-accessible et bio-disponible



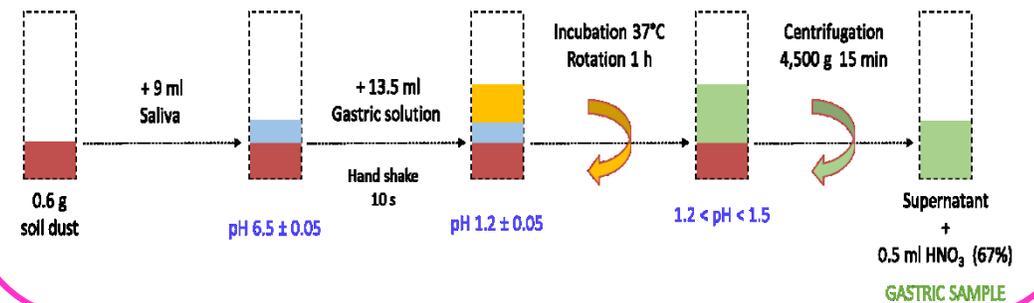
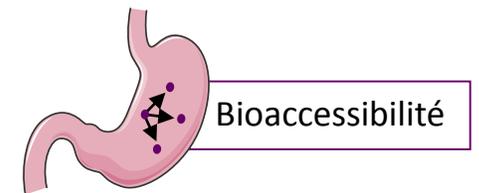
Distribution aux organes  
Accumulation

**Dose biodisponible**

Excrétion (urine)

Passage dans la circulation sanguine

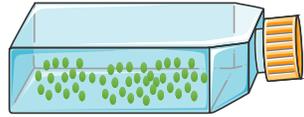
## BARGE: BioAccessibility Research Group of Europe



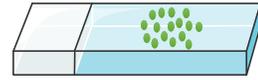
- Contaminants métalliques dissous dans les fluides gastriques
- Contaminants organiques dissous dans les sucs intestinaux

# Evaluation des lésions primaires à l'ADN : test des comètes

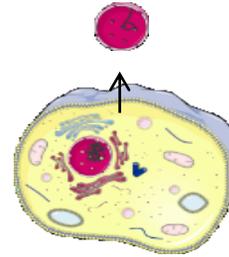
2h of exposition



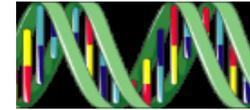
Cellule AGS  
en culture



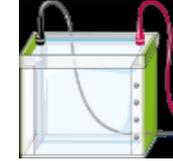
Cellule dans un  
gel d'agarose



Lyse



Denaturation



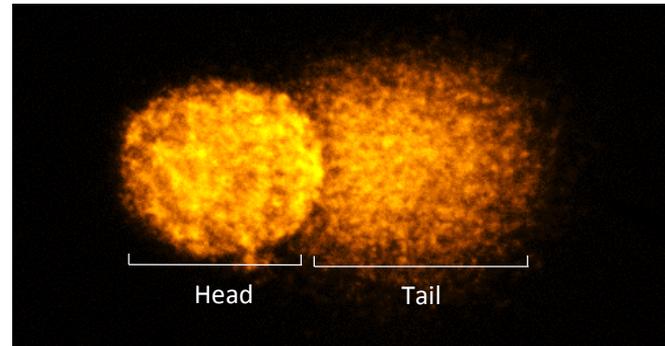
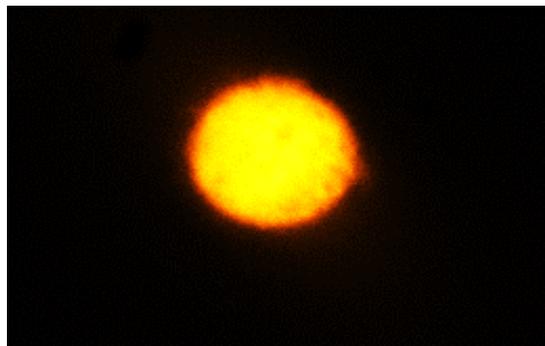
Electrophorese



analyses  
microscopique



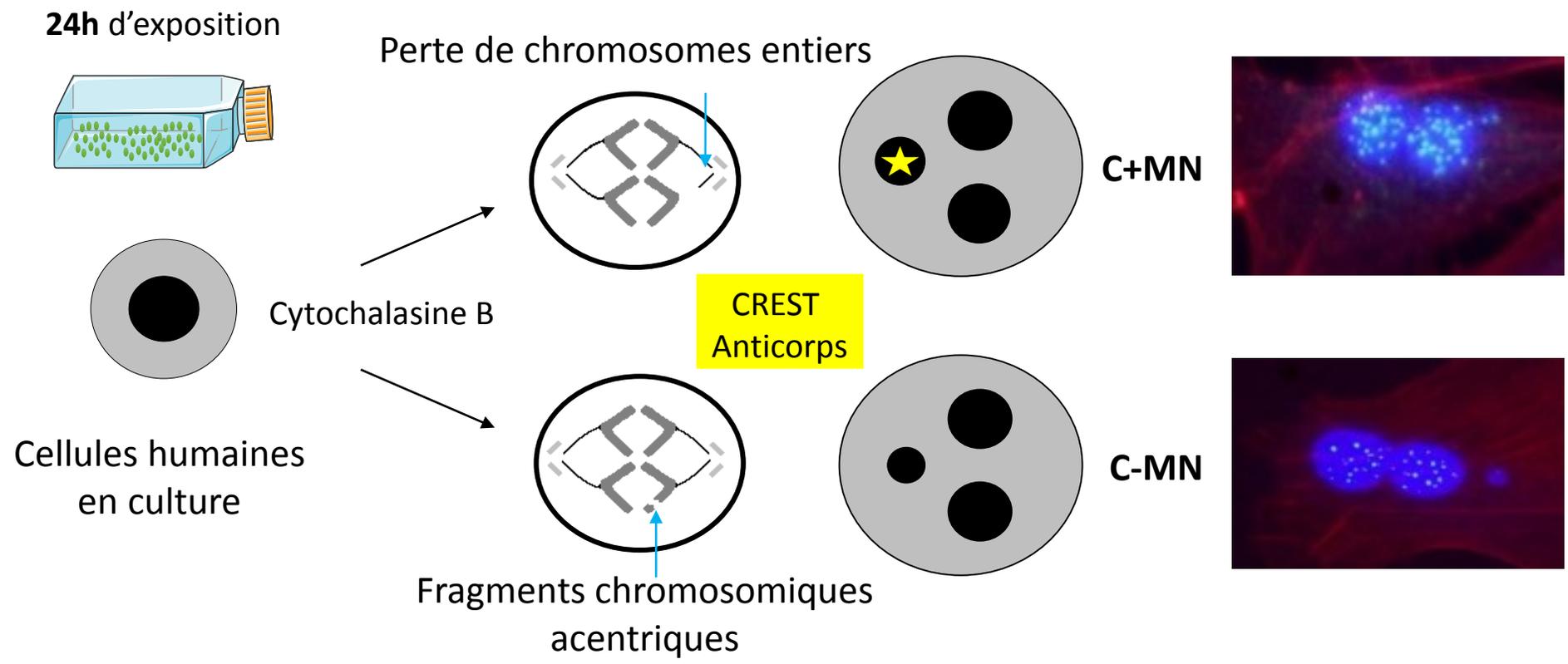
Neutralisation



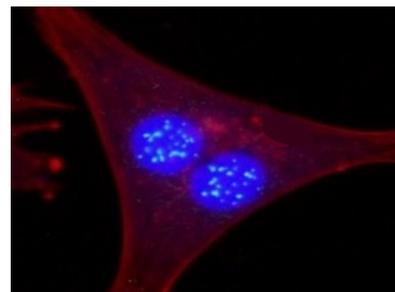
Analysis: 100 cells (n = 3)

- % Tail DNA
- Significant differences with T-
- Dose-response relationship

# Evaluation des mutations chromosomiques : test des micronoyaux couplé au marquage des centromères



- Analyses: 2 000 cellules binucléées (n = 3)
- **Fréquence de cellules micronucléées**
  - Différences significatives par rapport au T-
  - Relation dose-réponse



# Conclusions - Perspectives



- Identifier si il existe un danger en terme de génotoxicité lié à l'ingestion des poussières de sols
- Prendre en compte la bioaccessibilité des contaminants ETM et HAP dans la caractérisation de cet éventuel danger
- Tenter d'attribuer aux composés seuls (Ex Cd, BaP) ou aux mélanges les éventuels effets observés
- Tenter de définir les sources des contaminations des poussières les plus nocives en fonction du contexte urbain, portuaire, agricole, industriel



# Un grand merci à nos financeurs et labels

