

AÉROSOLS SEMI-VOLATILS

MESURER, CONNAÎTRE
ET RÉDUIRE LES EXPOSITIONS



JOURNÉE
TECHNIQUE

8 DÉCEMBRE 2022

Maison de la RATP - Paris

inrs
Institut National de Recherche et de Sécurité

Sources directes et indirectes d'aérosols semi-volatils en milieux de travail

Denis Bémer
INRS

JT INRS - AÉROSOLS SEMI-VOLATILS

08/12/2022

Aérosols organiques semi-volatils

Exemples en milieux de travail

- **Phtalates** : plastifiants (DEHP), additif parfums,... → poussières habitat, industrie de la fabrication
- **Bisphénol A** : synthèse des plastiques, cosmétique (agent fixateur)
- **HAP** (hydrocarbure aromatique polycyclique) : combustion (pyrolyse), constituant composés pétroliers
- **Pyréthrinoïdes** de synthèse : insecticides → poussières habitat, fabrication, agriculture
- **Retardateurs de flamme bromés**: PBB, PBDE,... → plastiques, textiles, moulages électroniques...
- **Parabènes** : biocide, conservateur → cosmétiques, additif alimentaire

...

Modes de génération des aérosols semi-volatils

- Par nébulisation
 - Projection (jet)
 - Aspersion (buse de pulvérisation)
- Par évaporation et condensation
 - Procédés chauds
 - Combustion, pyrolyse
- Par génération mixte
 - Nébulisation + évapo-condensation

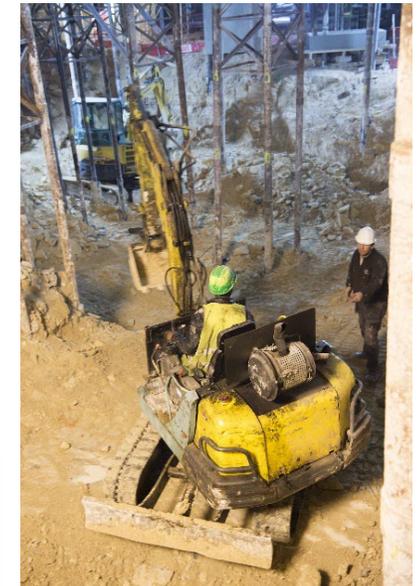


Pesticides

Fumées de bitume



Gaz d'échappement



Fluides de coupe



Trois exemples :

- Extrusion des plastiques – impression 3D
- Moteurs à combustion
- Produits de nettoyage et formation d'AOS (aérosol organique secondaire) par oxydation des COV

Extrusion de plastiques

Source retardateurs de flamme et HAP



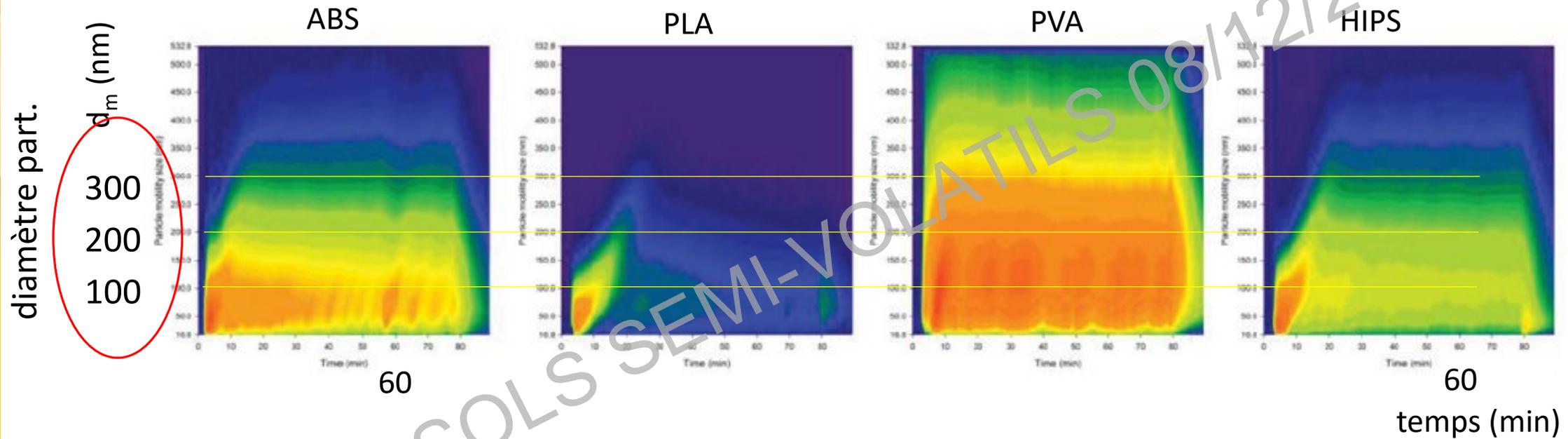


particules (filtre) ng/m3				gaz (PUF) ng/m3				Zone mesure
DBDPE	Déca-BDE	TBBPA	TPP	DBDPE	Déca-BDE	TBBPA	TPP	
5858	72	1907	182620	13	0,1	1,1	4	passerelle
3709	68	317	4152	154	3,2	0,8	14	sortie granulateur
1110	12	30	1313	419	1,5	0,7	7	Hall
445	5	21,5	1653	19	1,1	0,1	3	bureau

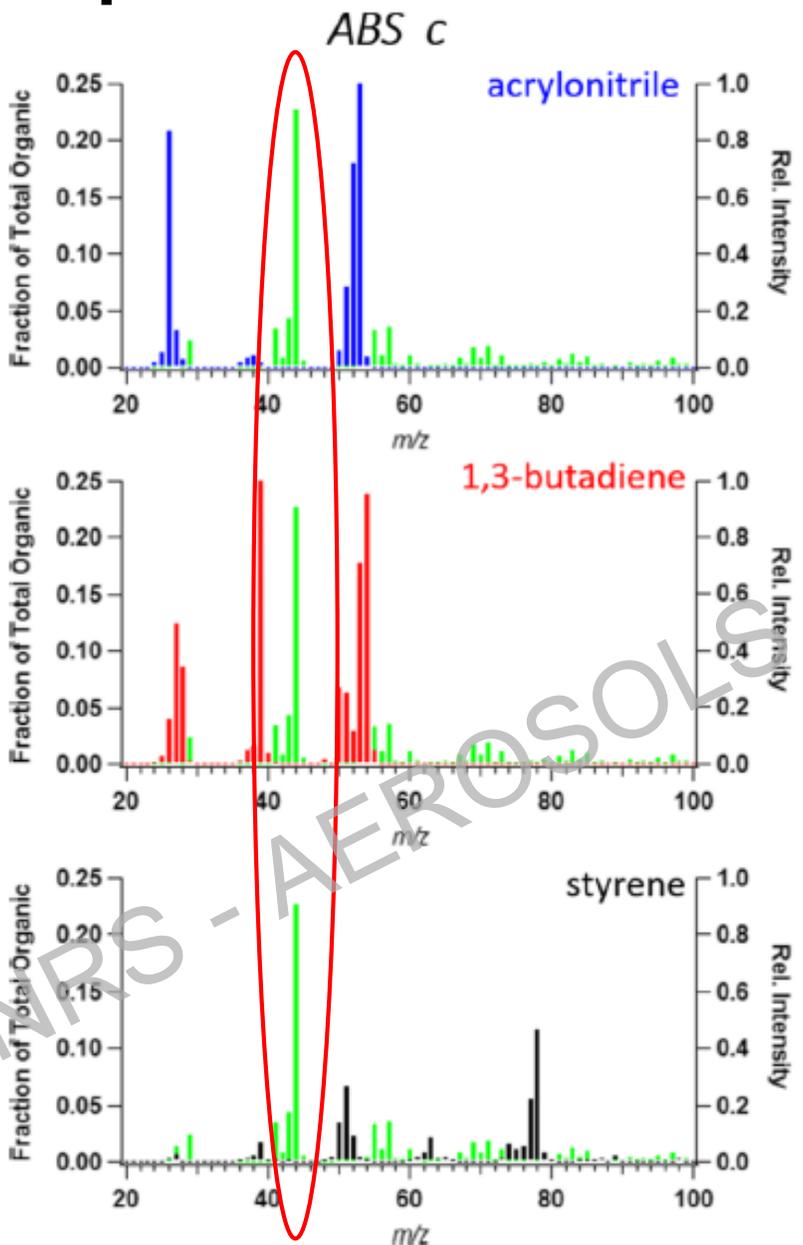
DBDPE : Décabromodiphénylthane
 Déca-BDE: Décabromodiphényléther
 TBBPA : Tétrabromobisphénol A
 TPP: Triphényle phosphate

Déca-BDE : $4,7 \cdot 10^{-6}$ Pa – 20 °C
 TBBPA : $1,2 \cdot 10^{-5}$ Pa
 TPP : $1,4 \cdot 10^{-4}$ Pa

Impression 3D



Composition chimique particules: Impression 3D - ACSM - chromatographie

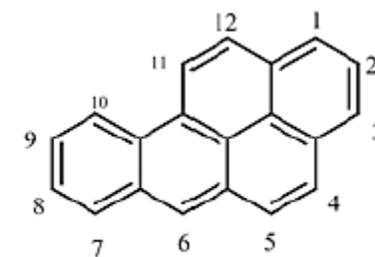
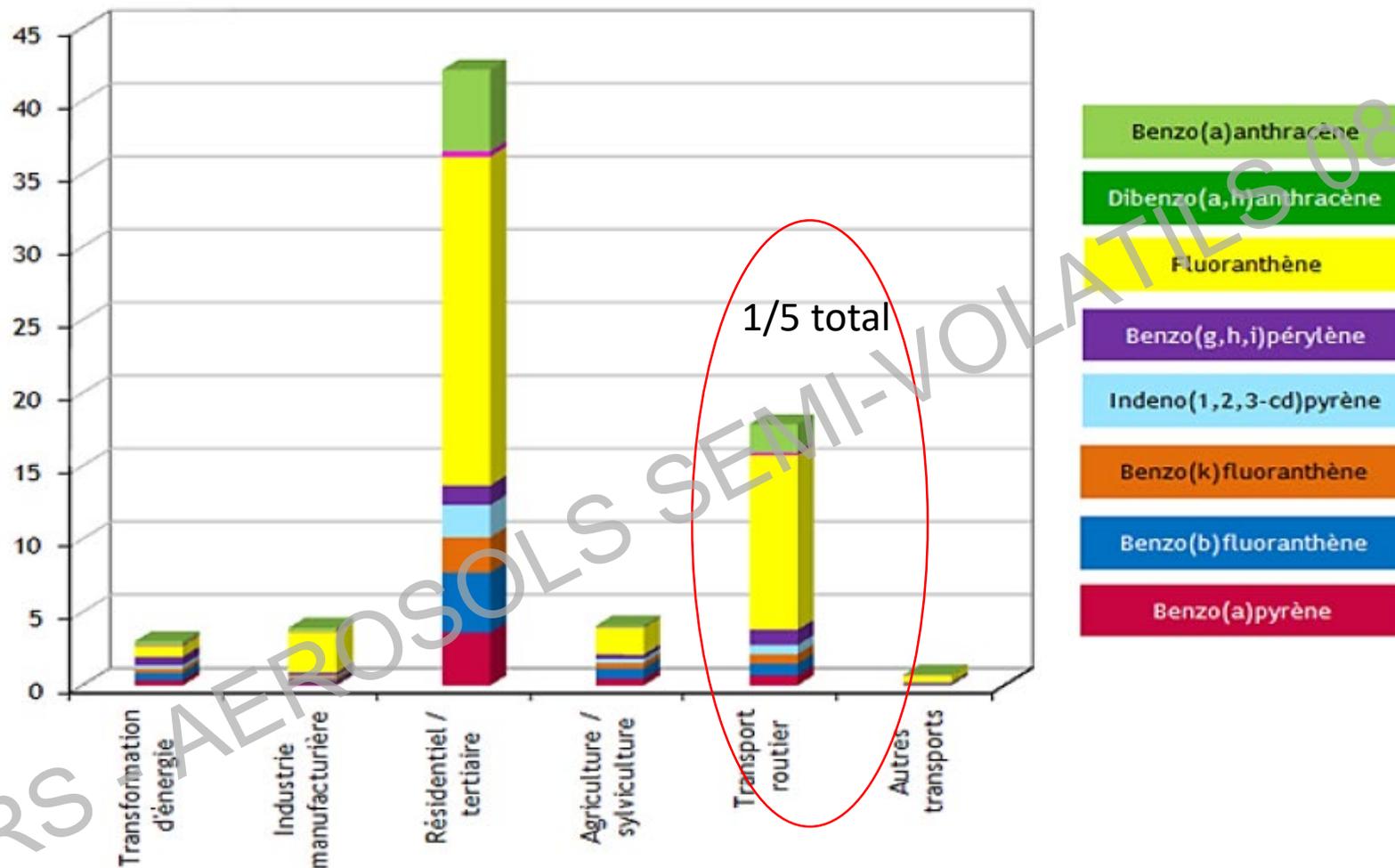


Composés \neq monomères
comme acides palmitique, stéarique à Pvs = 2 Pa,
20 °C, naphthalène carbonitrile, phtalates,...

Zhang Q. et al. Environmental Sci. Tech. 2019

(spectres de masse particules en vert)

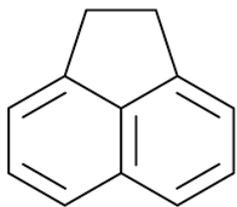
Moteurs à combustion



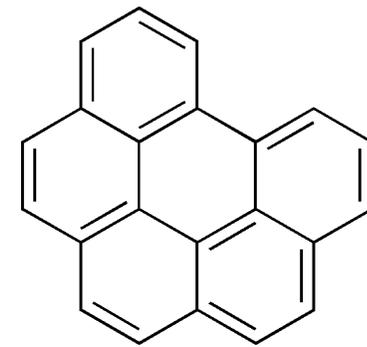
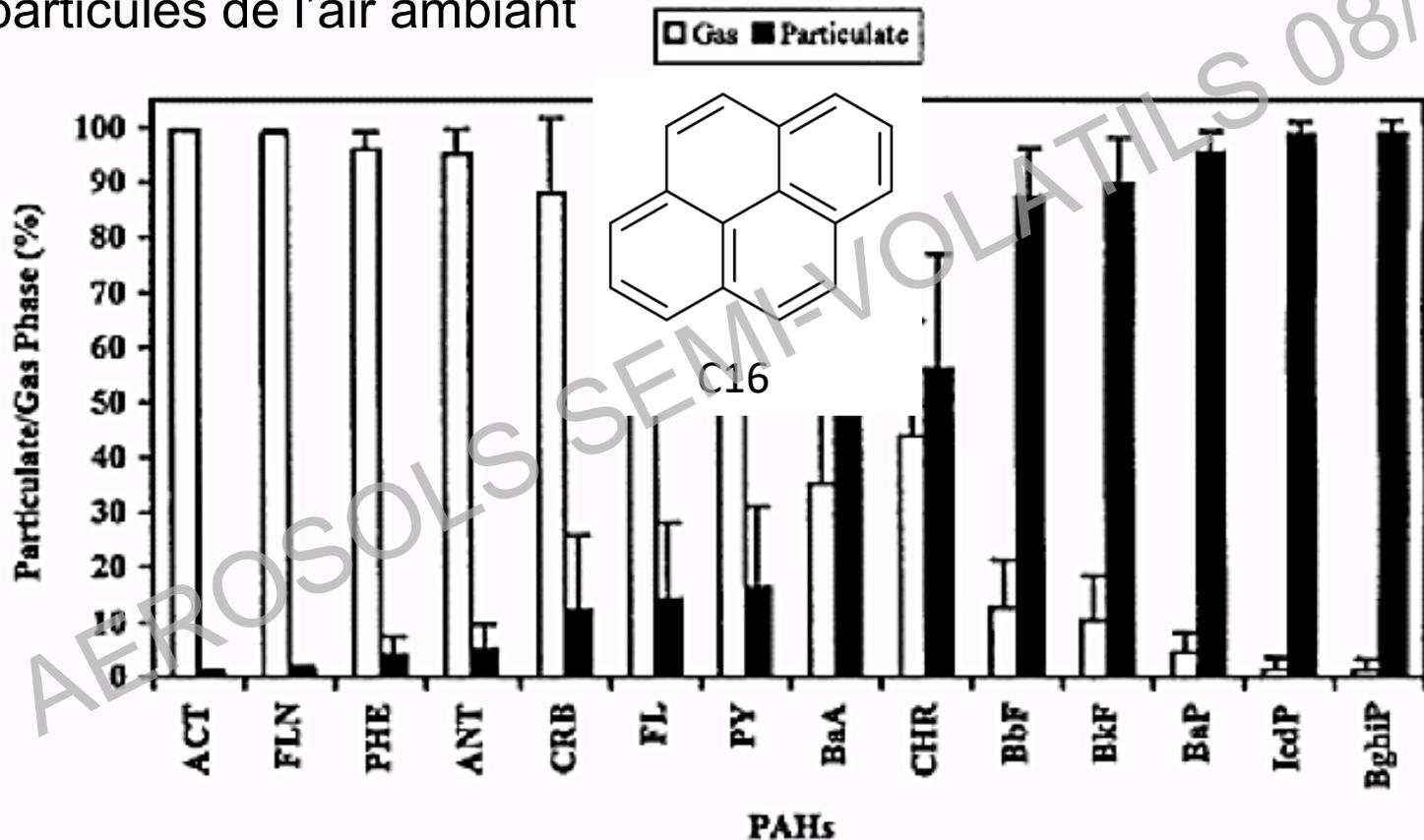
Benzo[a]pyrene

Emissions par secteur en France métropolitaine en 2015 pour les HAP réglementés en (t) CITEPA, 2017

- **HAP lourds (> 5 cycles)** : fraction ultrafine des particules ($d_p < 0,1 \mu\text{m}$) formées lors de la combustion initiale
- **HAP légers (< 5 cycles)** : toutes les tailles, par recondensation des vapeurs sur les particules de l'air ambiant



C12

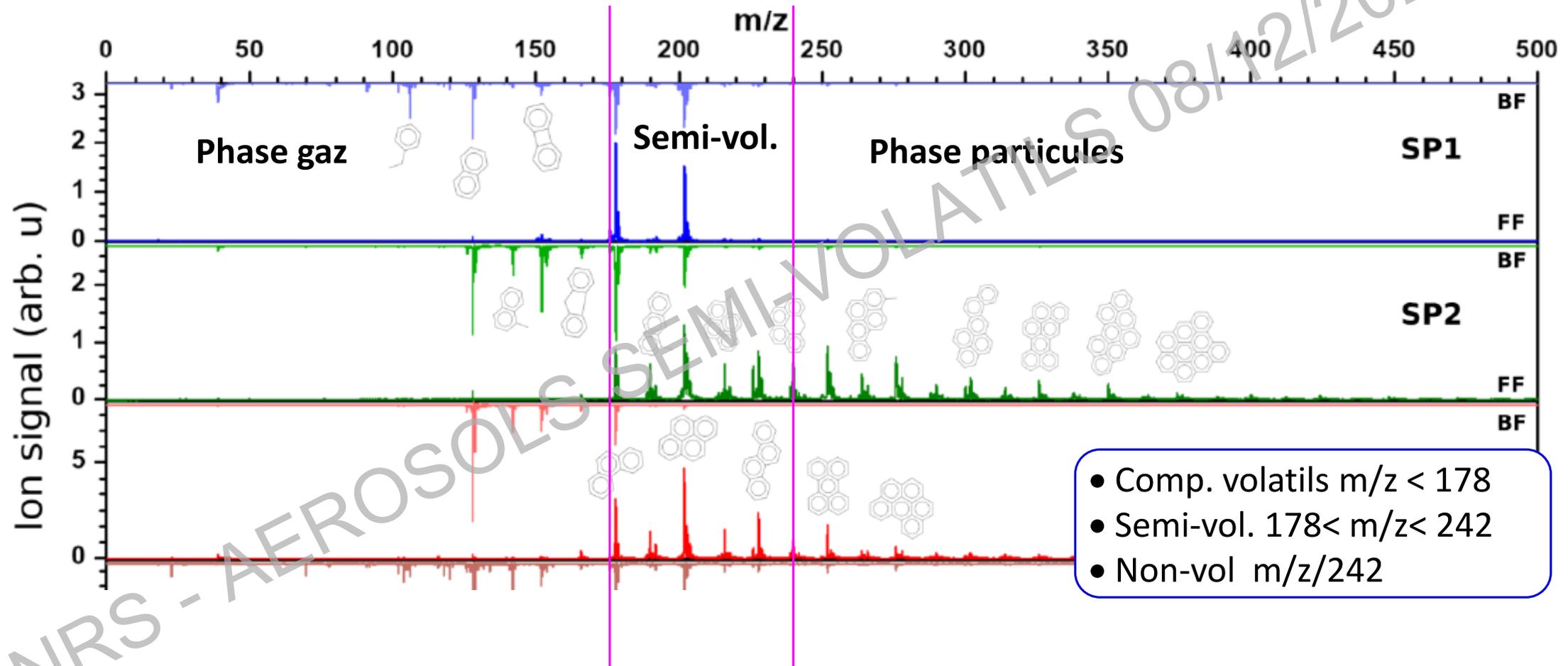


C22

Partition gaz/particules dans l'atmosphère de Chicago
(Trafic routier, industrie (fours à coke))

Odabasi M. et al, The Sci. of the tot. Environ. 227 (1999)

Partition HAP gaz / particules



Duca D. et al. ETH Conf. on Combustion generated nanoparticles, Zurich 2019

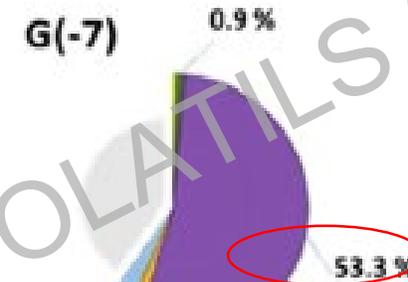
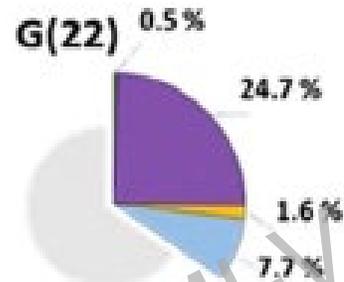
Emissions moteurs combustion



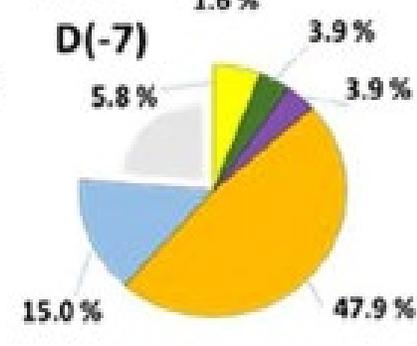
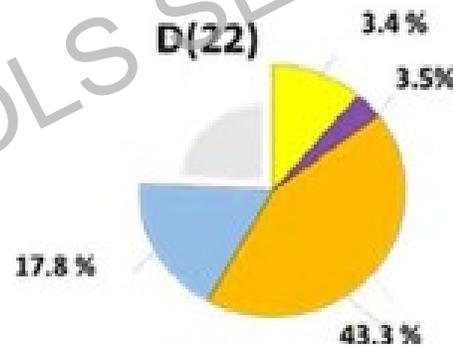
22 °C

-7 °C

Essence
Euro 5



Diesel
DOC + FAP
Euro 5

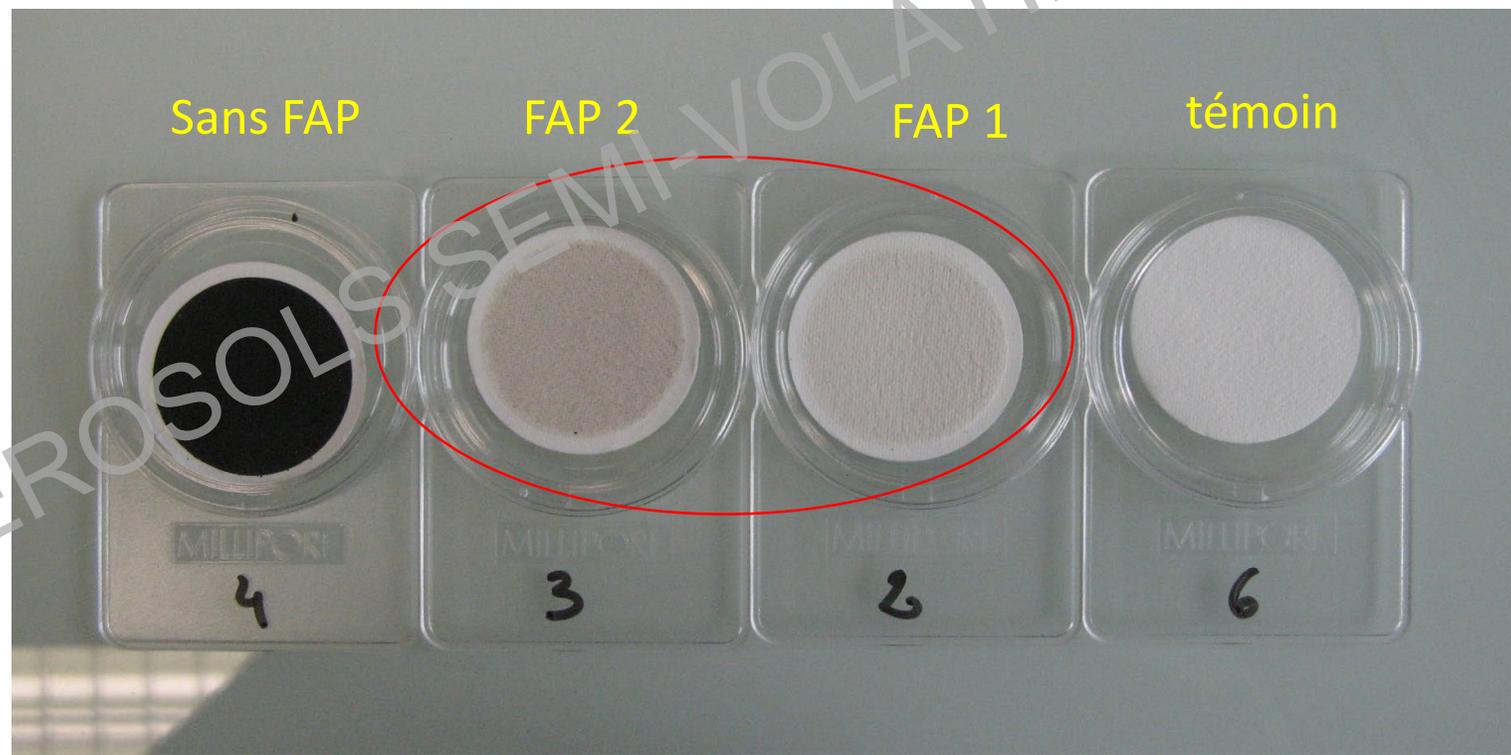


- Acids
- Alcohols
- Ar. HC
- Carbonyls
- Methane
- Other

➔ HAP: Précurseurs formation d'AOS (semi-volatils)

Véhicules modernes > Euro 5 – DOC (+ FAP diesel), carburant à basse teneur en S

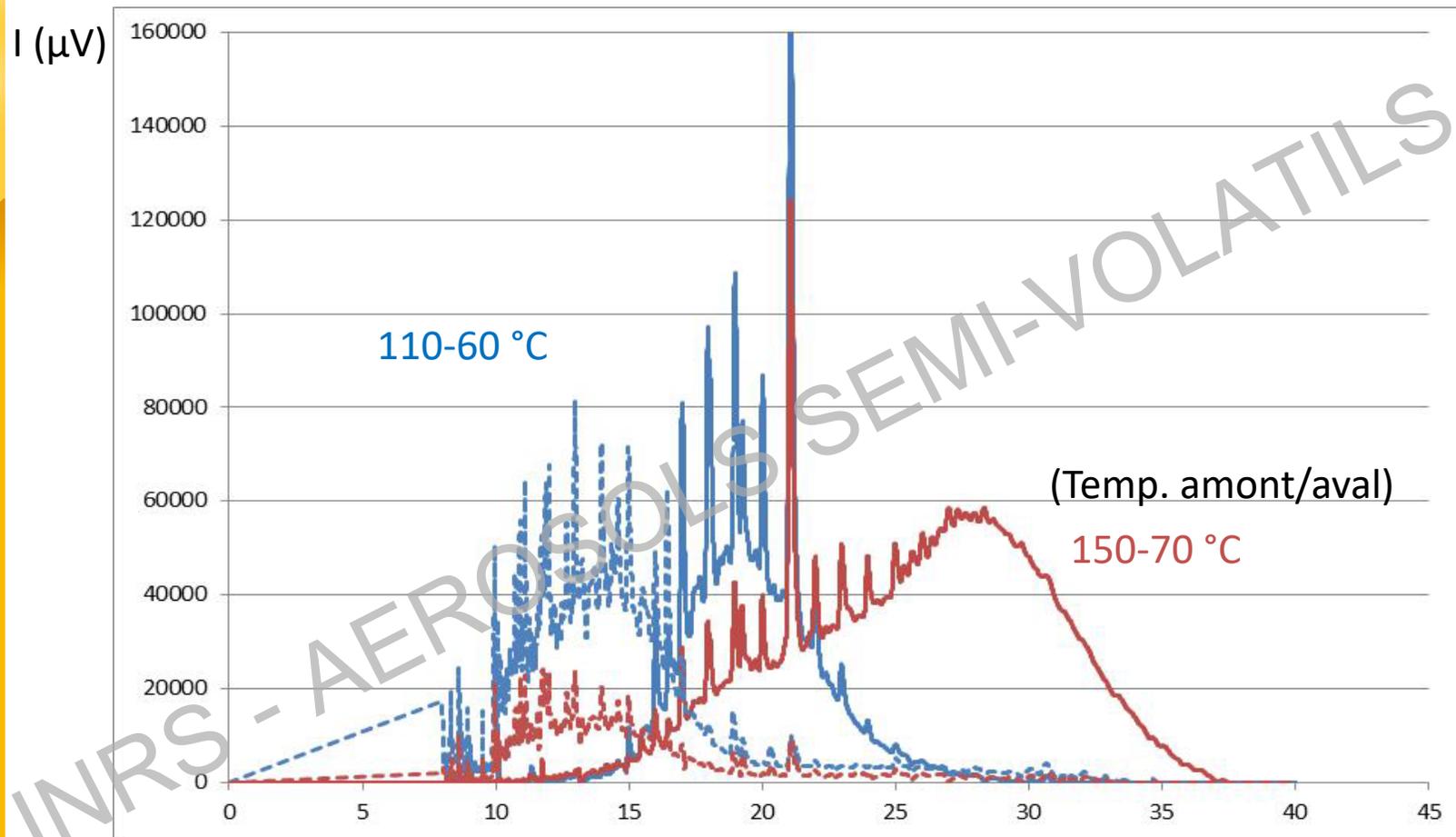
- **Très peu de suies** (particules carbone 20 – 200 nm)
- **Des nanoparticules** < 20 nm – volatiles / semi-vol., non volatiles (HC, métaux).



Prélèvement en sortie moteur engin diesel avec et sans filtre à particules (FAP) – donnée INRS

➔ FAP « moyenne efficacité » engin TP

Chromatogramme issu prélèvement en sortie FAP moteur diesel



— Filtre PTFE (particules)
- - - Adsorbant XAD2 (vapeurs)

Nombre C

Produits de nettoyage et formation d'AOS

Oxydation des COV terpéniques par l'ozone



- produits nettoyants
- peintures, encres, vernis
- solvants
- produits cosmétiques

COV $\xrightarrow{O_3}$ COV



limonène

COV

groupe fonctionnel
oxygéné
carboxyle, hydroxyle,...

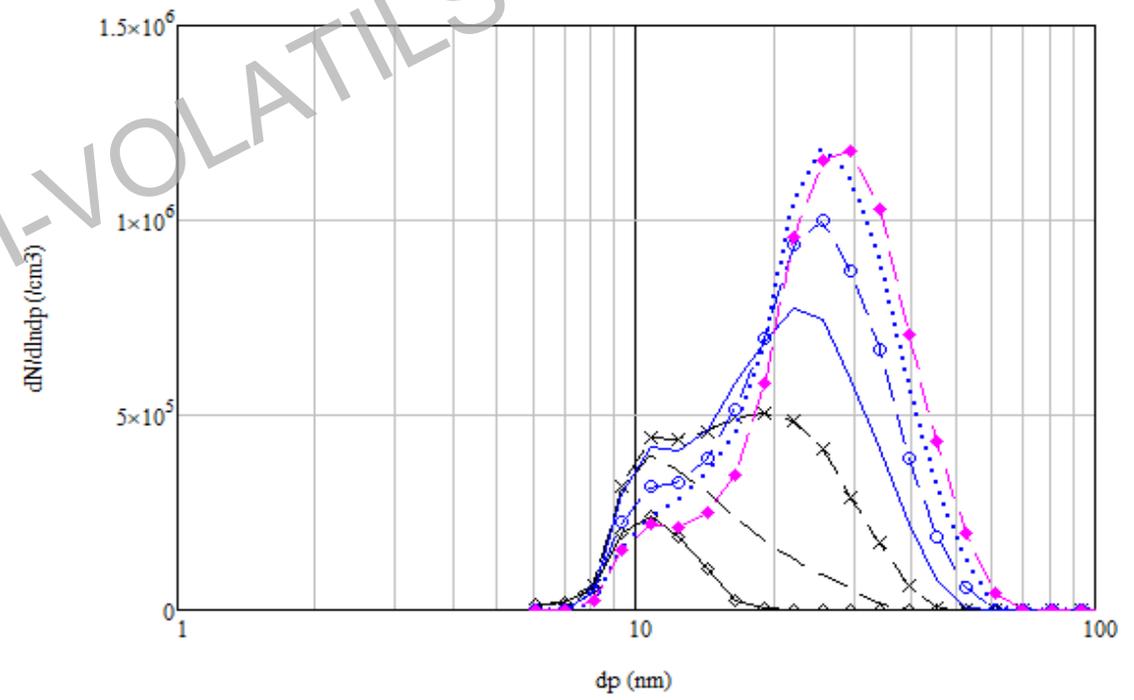
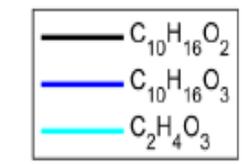
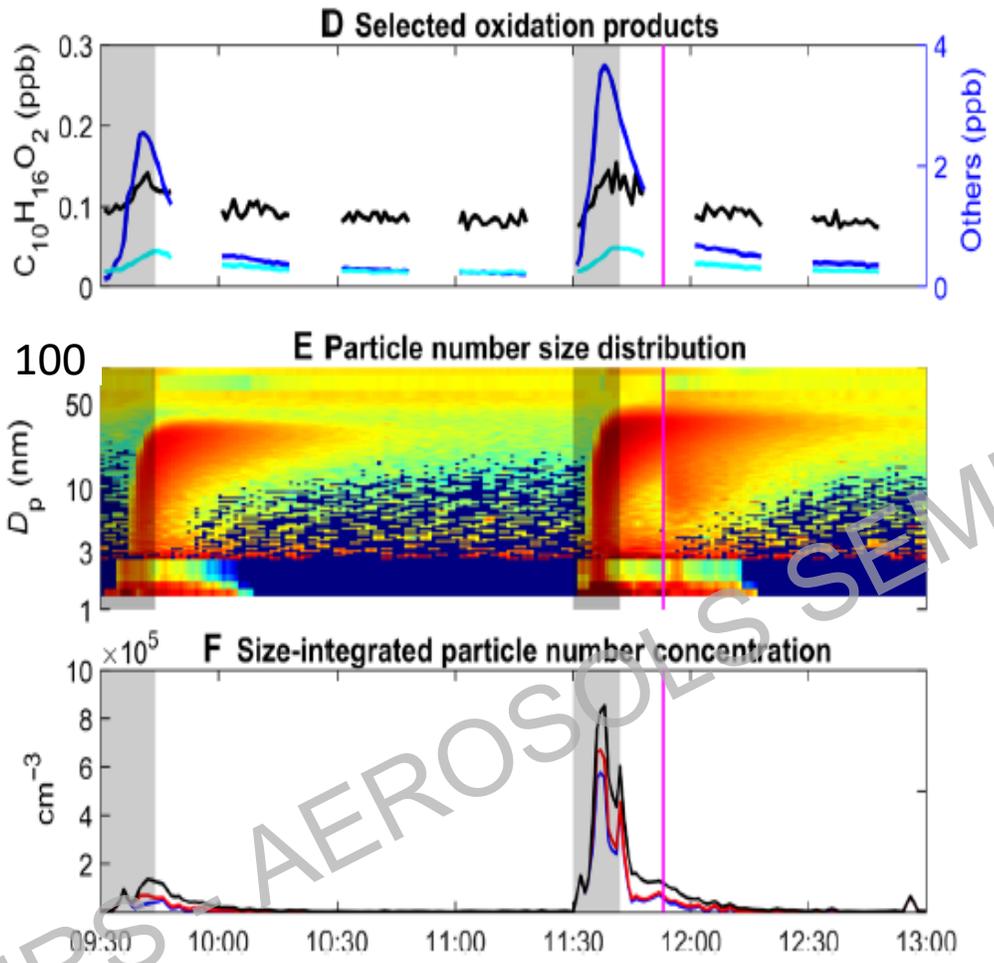
P_{vs} ↓



Aérosol semi-vol
30-200 nm

Ozone : - ozone air extérieur
- sources milieux de travail

Suivi des polluants lors d'opérations de nettoyage de surfaces



Rosales CMF. Science Adv. 8 (2022)

Source INRS

Autres source d'AOS

- **Travaux de revêtement routiers** : fumées de bitume - HC lourds dont HAP (BaP)
- **Vulcanisation du caoutchouc** : fumées avec HAP, nitrosamines
- **Usinage des métaux** : brouillards d'huile - HAP, nitrosamines, polyglycols
- **Cockerries, fonderies, fabrication d'électrodes, cémentation gazeuse** : HAP dont BaP
- **Traitement des cultures** : pesticides