

Caractérisation physico-chimiques des particules émises hors échappement par les véhicules routiers

Intervenant : B. Muresan

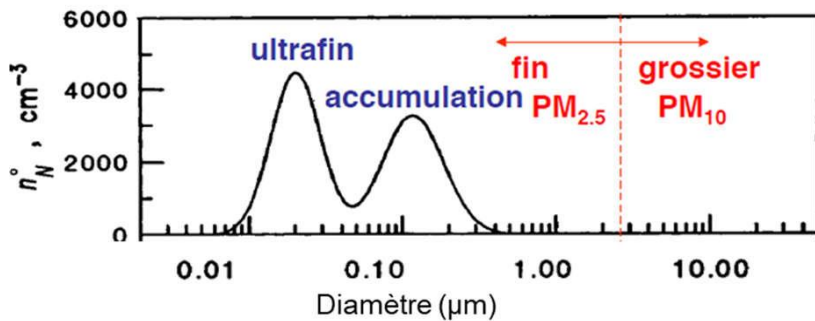
Contributeurs : Asma Beji (Doctorante EASE),
Karine Deboudt (LPCA) et Salah KHARDI (EASE).

Université Gustave Eiffel

Introduction

• La pollution de l'air par les particules

– Un impact environnemental et sanitaire important

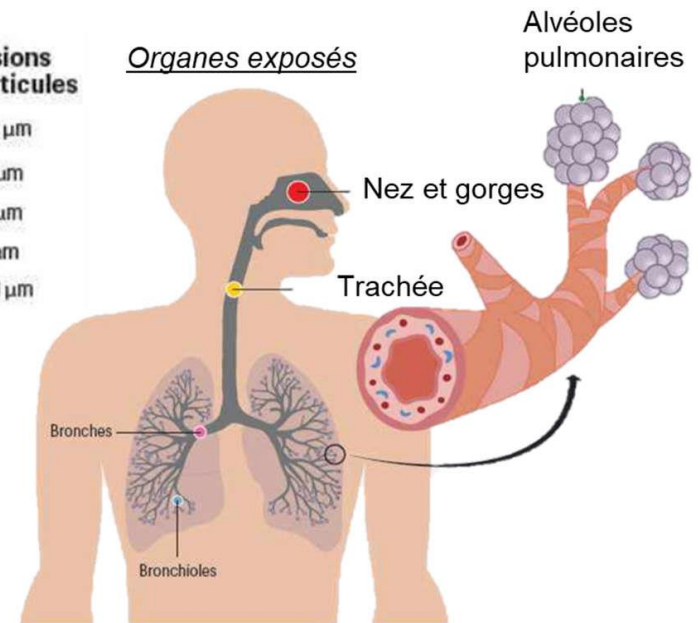


≈ 380.000 morts/an liées aux émissions du transport de $PM_{2,5}$ et ozone (6400 en France).
Maladies respiratoires, cancers, infarctus...
(source ICCT, 2016)

Dimensions des particules

- 5–10 μm
- 3–5 μm
- 2–3 μm
- 1–2 μm
- 0,1–1 μm

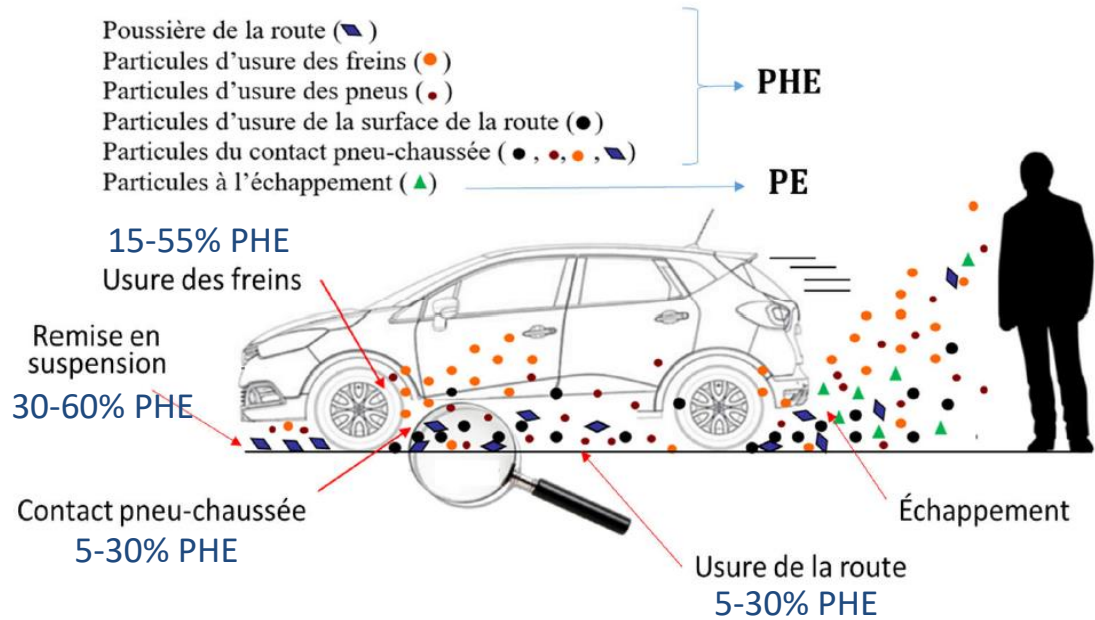
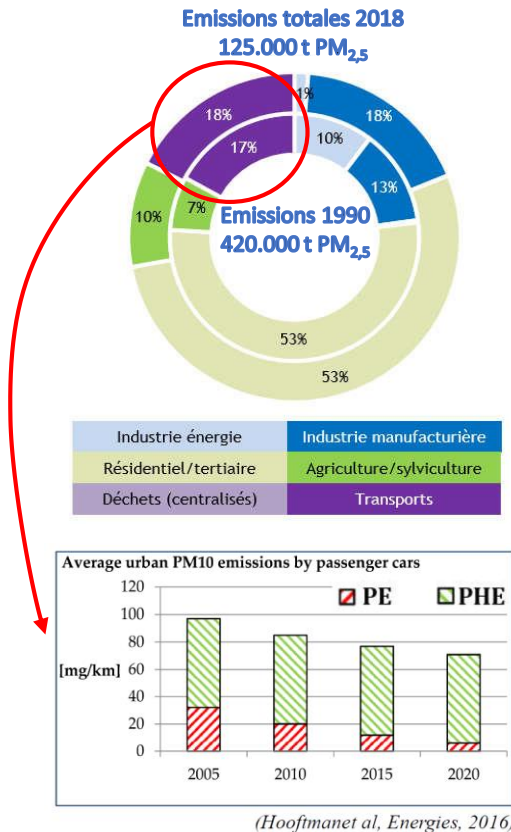
Organes exposés



Introduction

• Les émissions hors échappement

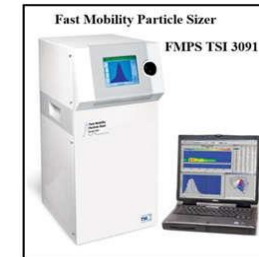
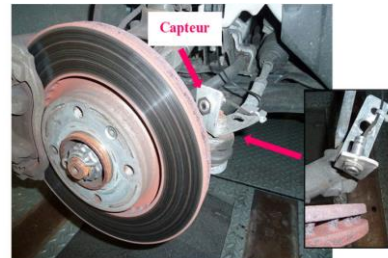
– Une contribution émergente et difficile à réduire



Les émissions des freins

• Les instruments utilisés

– Le banc à rouleau et la cellule d'émission

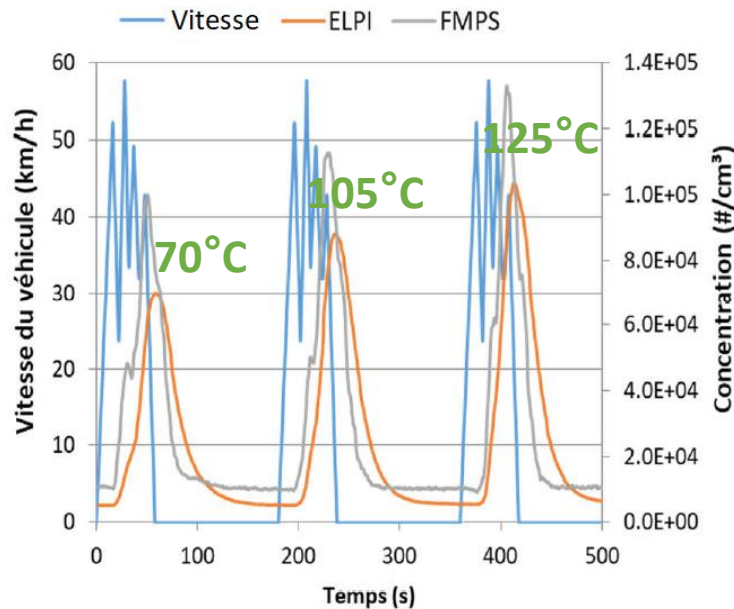


Comment varient les PHE en fonction des conditions de conduite ?
Quelle est la taille et la composition chimique des PHE?

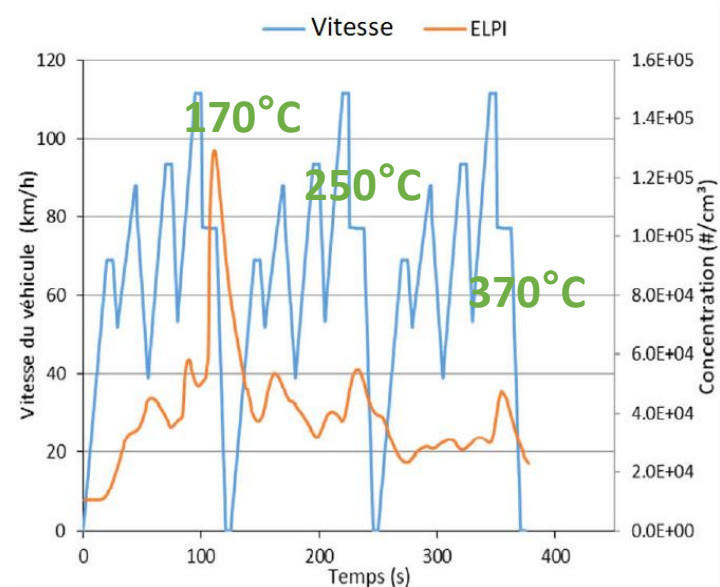
Les émissions des freins

• Influence du cycle routier

Cycle urbain



Cycle péri-urbain

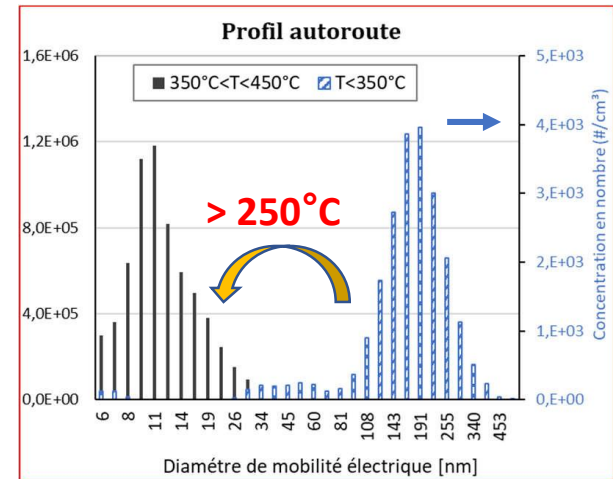
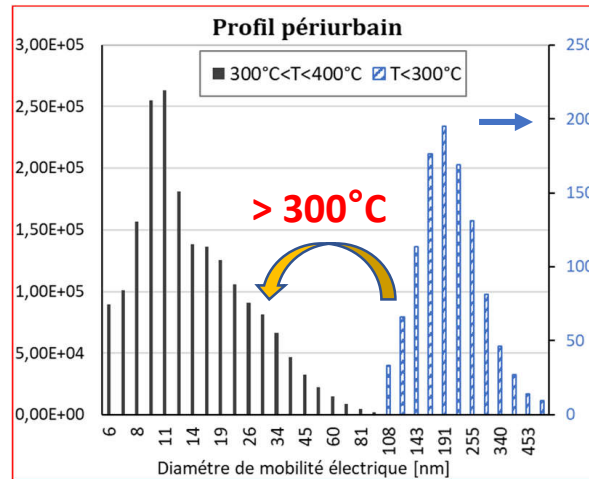
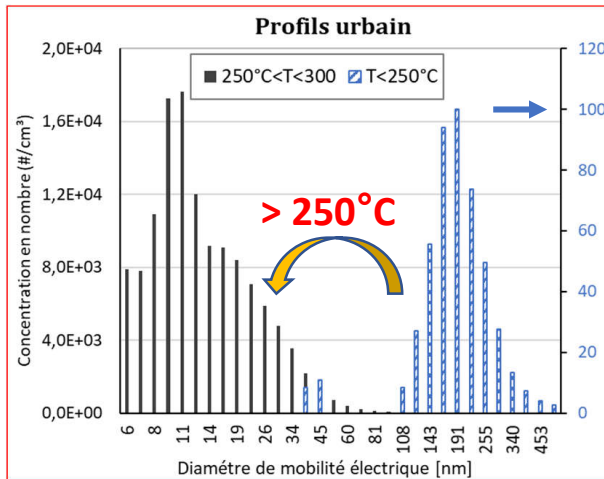


Emission = $f_{croissante}(T \text{ frein}) = f_{décroissante}(T \text{ frein}) \rightarrow$ épuisement

Maxima de concentration lors du découplage disque / plaquette

Les émissions des freins

• Notion de température critique



- Concentration (nano)particules = f (fréquence & force de freinage)
- $T > T_{crit}$: Transitions mode micrométrique vers mode **ultrafin**
- Possible dégradation thermique des matériaux des freins

Les émissions des freins

• Morphologie des particules émises

Observations microscopiques

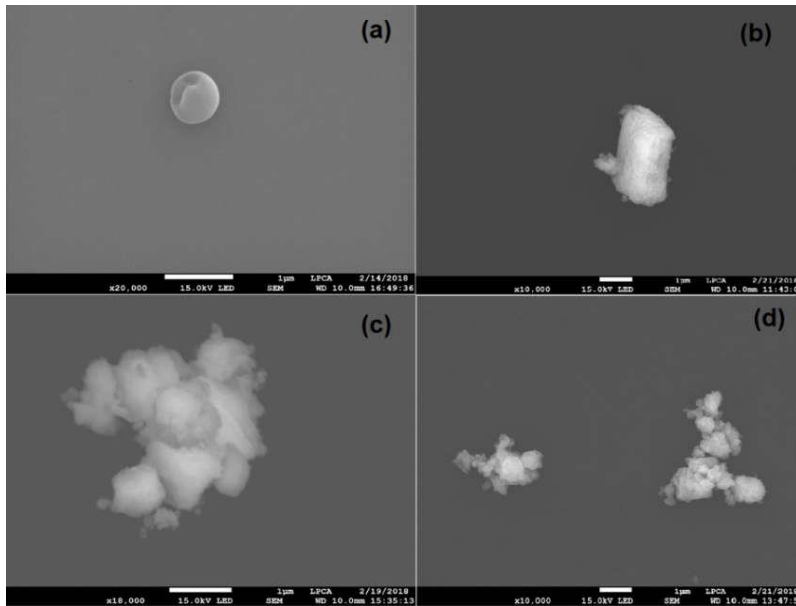


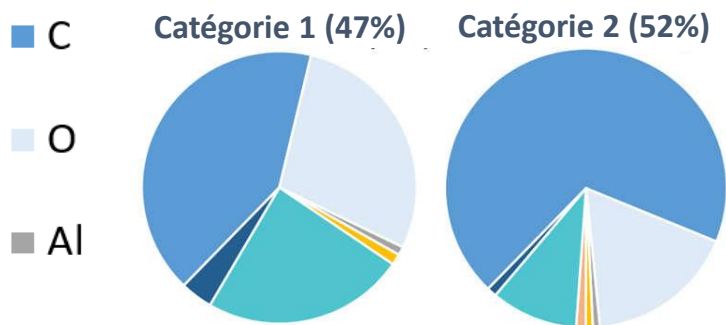
Image	Forme	Taille	Formation
a	sphérique	<0,1 μm	Thermique
b	angulaire	0,1-1 μm	Mécanique
c, d	aggloméré	>1 μm	Mécanique & agglomérations

Diversité des formes selon diamètres et processus de formation

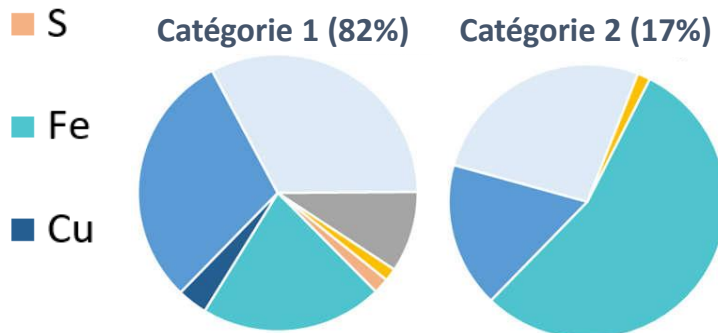
Les émissions des freins

•Composition chimiques de particules

PM 0,1-1 µm

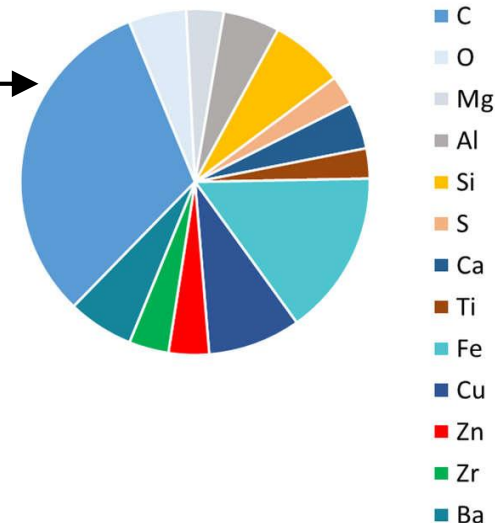


PM 1-10 µm



Plaquettes →

Usure ou combustion
des plaquettes (40-
70% de C en masse)



Cat 1 : usure des plaquettes (30% de C)
Cat 2 : usure du disques (55% de Fe)

Les émissions du contact pneu-chaussée

• Les instruments utilisés

– Le véhicule instrumenté et la piste d'essai

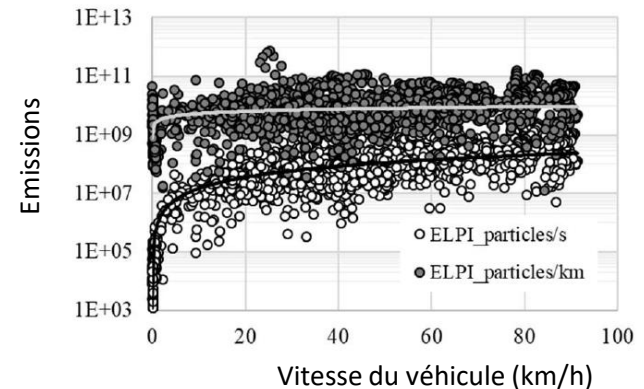
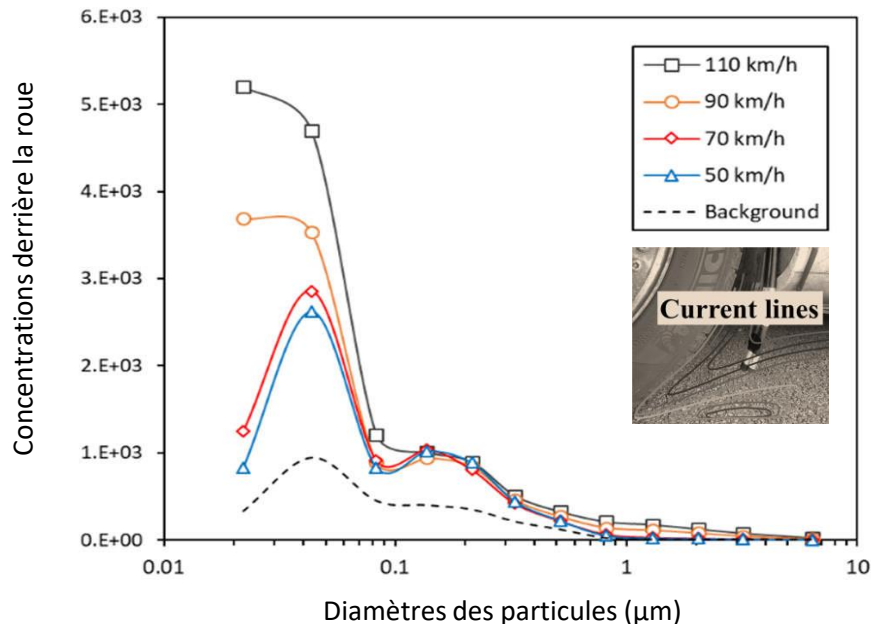


Suivi des émissions et des paramètres de conduite en conditions réelle ou contrôlée

Les émissions du contact pneu-chaussée

• Augmentation des niveaux avec la vitesse

– Des particules beaucoup plus fines qu'attendu

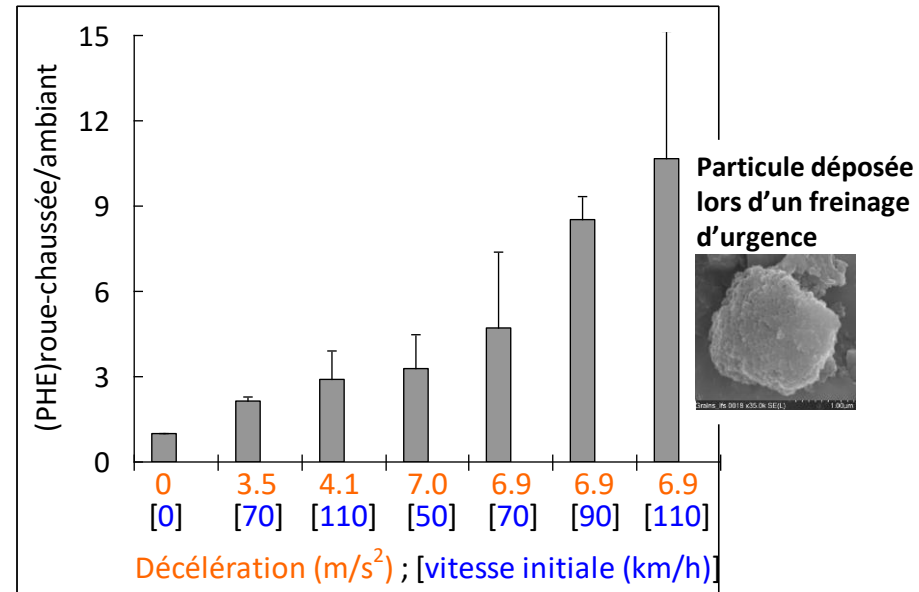
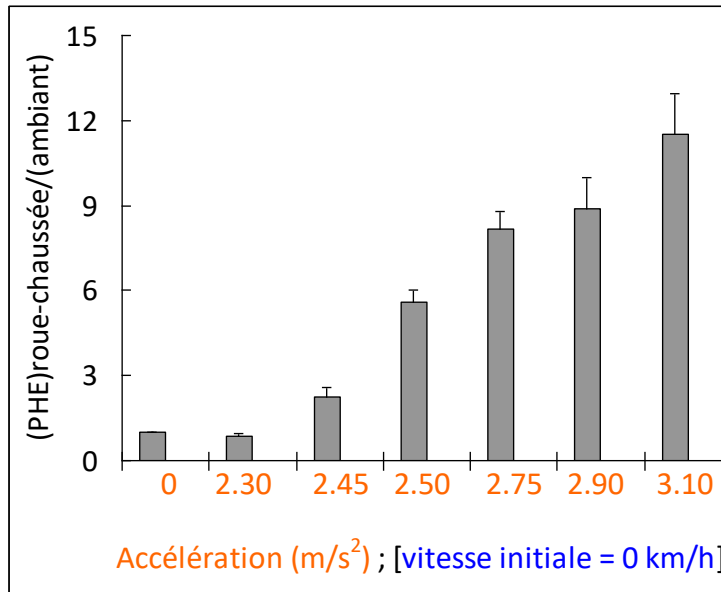


- Accélération des émissions ultrafines au-delà de 70 km/h
- Modulées par divers facteurs : accélérations, revêtement,...

Les émissions du contact pneu-chaussée

• Influence des accélérations / décélérations

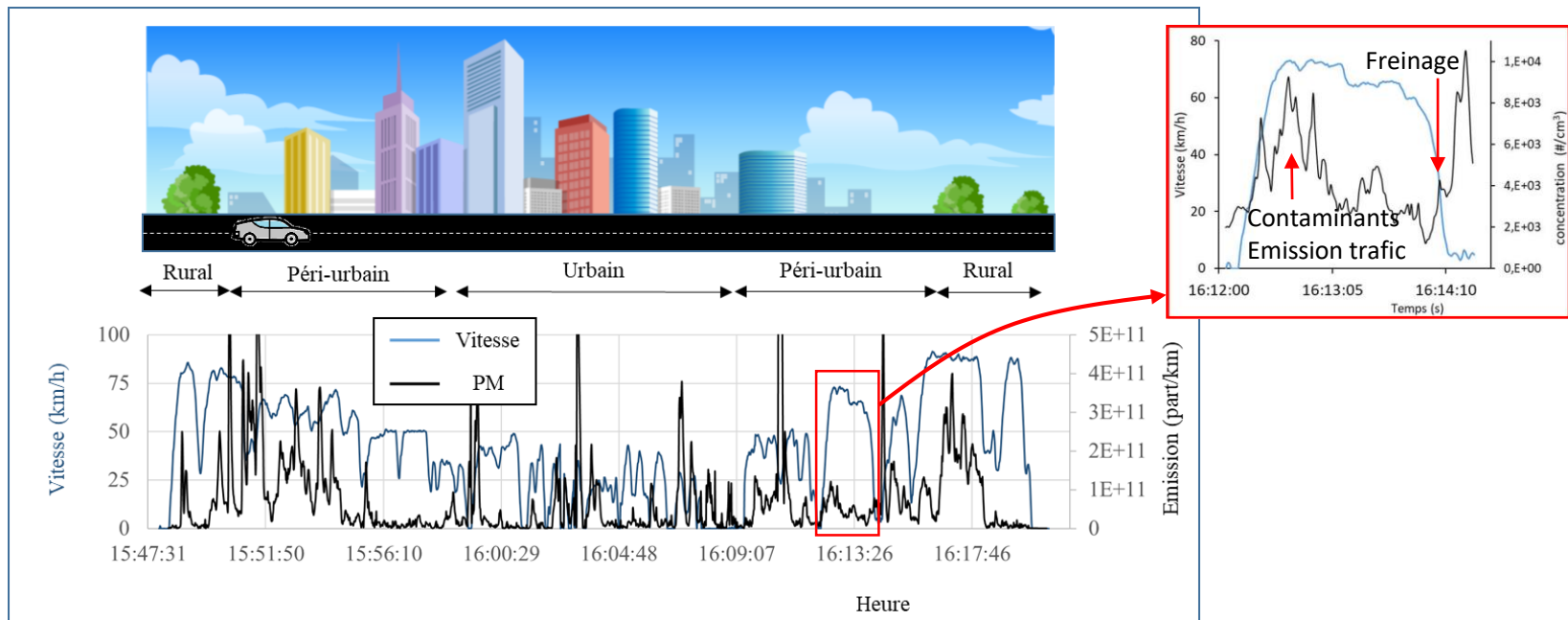
– Une conduite fluide modère les émissions de PHE



- Une faible variation de l'accélération → forts niveaux de PHE
- Freinages : PHE = f(décélérations ; vitesse) = f(énergie dissipée)

Les émissions du contact pneu-chaussée

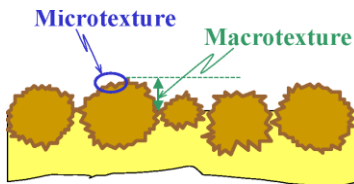
- Particules d'usure (pneu + chaussée) sur route
 - Cohérence avec les mesures sur piste



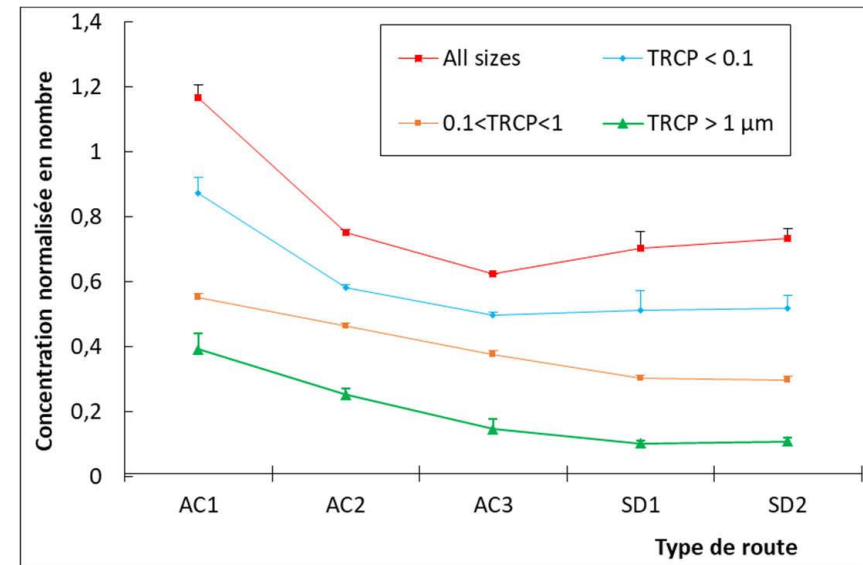
- Emissions = $f(\text{vitesse, variation vitesse, contaminants, texture})$
 - Fortes émissions souvent observées en péri-urbain

Les émissions du contact pneu-chaussée

• Rôle de la texture de la chaussée



Routes	AC1	AC2	AC3	SD1	SD2
Macrotexture (mm)	0.29	1.28	1.59	1.80	3.4
Microtexture (s.u.)	78.0	56.3	53.1	87.6	83.2

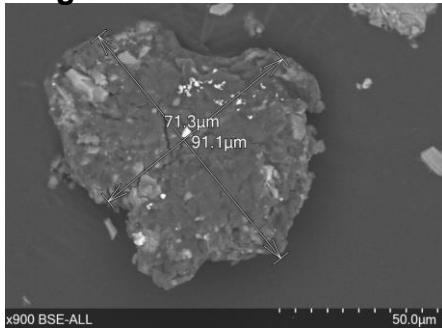


Chaussée macro-texturée correspond à des émissions plus faibles (rôle plus complexe pour la micro-texture : production (ultra) fines?)

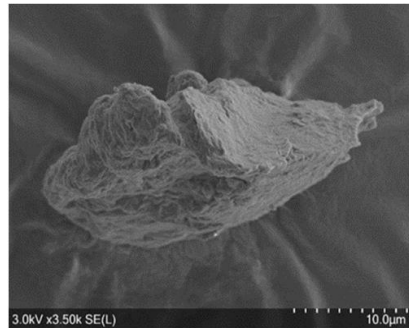
Les émissions du contact pneu-chaussée

• Diversité des formes et de la composition

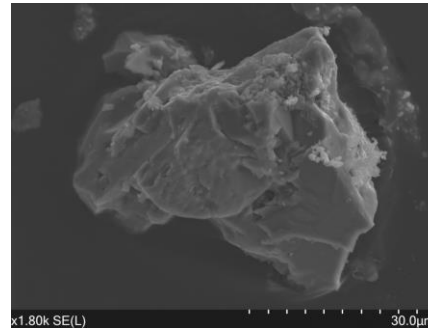
Fragment bitume



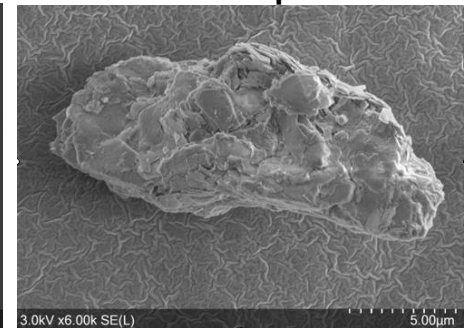
Fragment pneu



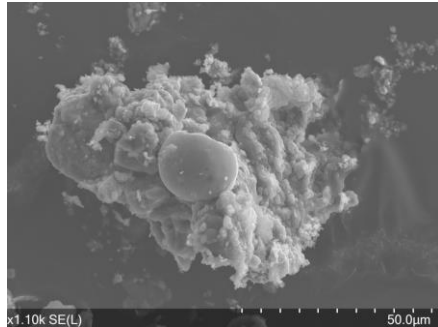
Particule minérale



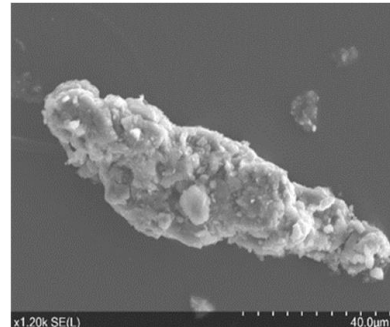
Particule métallique



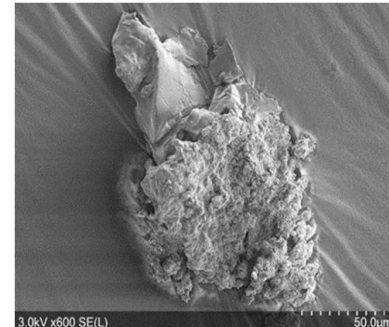
Agglomérat type 1



Agglomérat type 2



Agglomérat type 3



Composante majeure terrigène (Si, Al, O, Ca, Mg, K, etc.) + mineures routières : i.e. pneu (C, S, Si, Fe), freins (Fe, S, Ba, Sn), marquage (Ti)...

Conclusions

- ❖ Réduction de la vitesse (< 70 km/h) sur les grands axes des zones périurbaines ;
- ❖ Fluidification du trafic routier dans les zones urbaines ;
- ❖ Limiter la température des freins, lors des freinages forts ou répétés ;
- ❖ Nettoyage régulier de la chaussée avec récupération/piégeage des PHE ;
- ❖ Avertir le conducteur des situations de fortes émissions ;
- ❖ Prise en compte des émissions dès l'étape d'élaboration des matériaux en contact : résistance à l'abrasion, texture des systèmes plaquette-disque et pneu-chaussée.



Composition fine, (éco)toxicité et devenir des émissions (dont avec l'évolution parc).
Rôle du 3^{ème} corps.

Merci de votre attention

Coordonnées Intervenant

Organisme : Université Gustave Eiffel

Adresse : Route de Bouaye CS4, 44344 Bouguenais

Tel/Mail : +33 (0)2 4084 5635 / bogdan.muresan-paslaru@univ-eiffel.fr