



IMT Lille Douai
École Mines-Télécom
IMT-Université de Lille

PARTICULES FINES ET NANOPARTICULES : SOURCES, COMPOSITION CHIMIQUE ET PROCESSUS EN AIR INTÉRIEUR

V. RIFFAULT

IMT Lille Douai, Univ. Lille

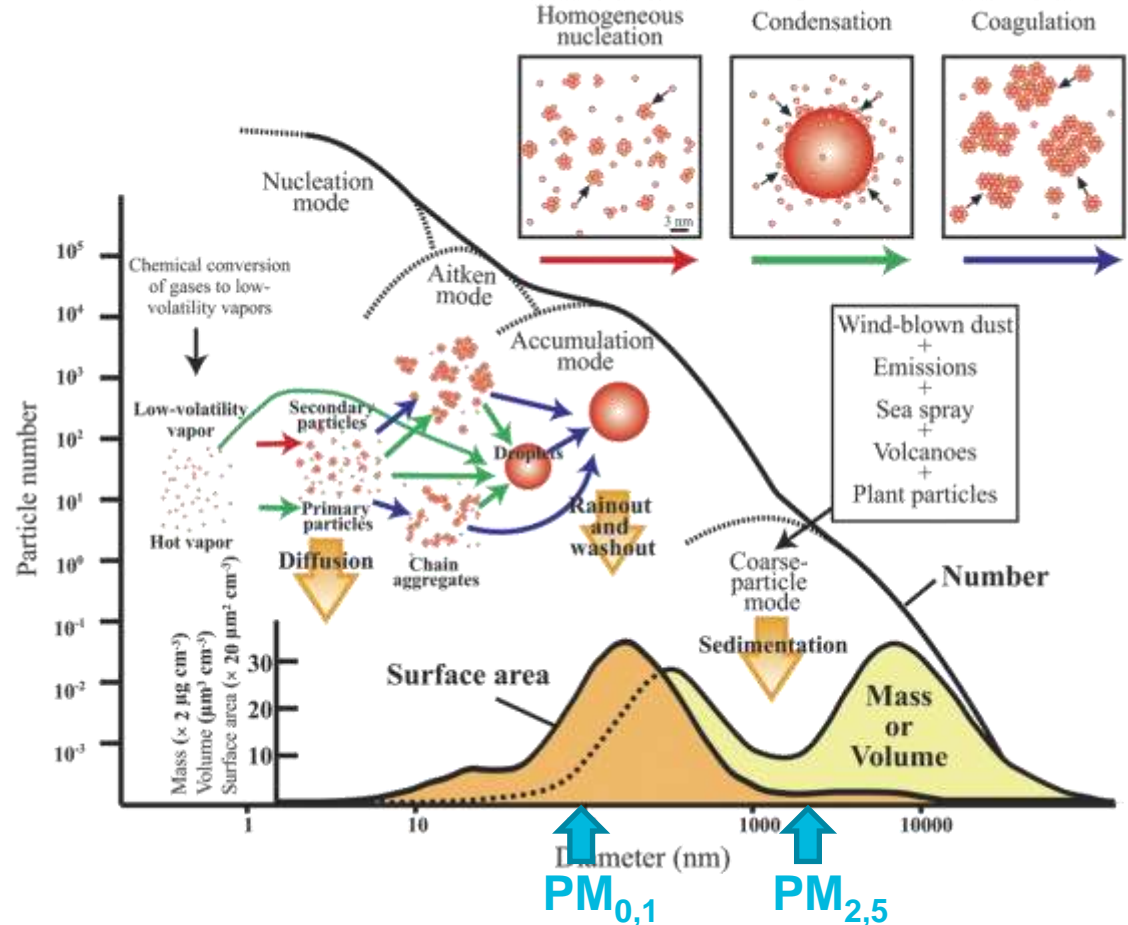
Département Sciences de l'Atmosphère et Génie de
l'Environnement

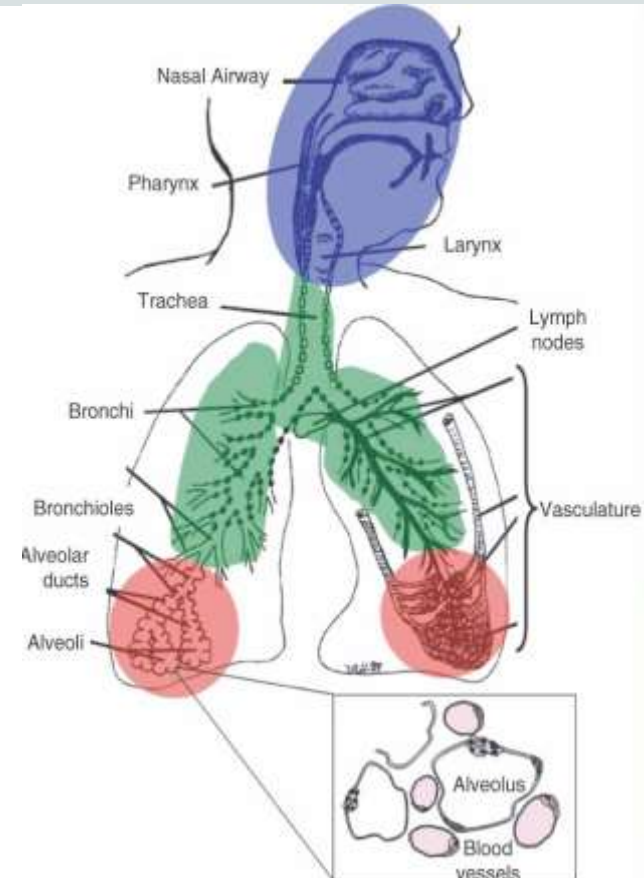
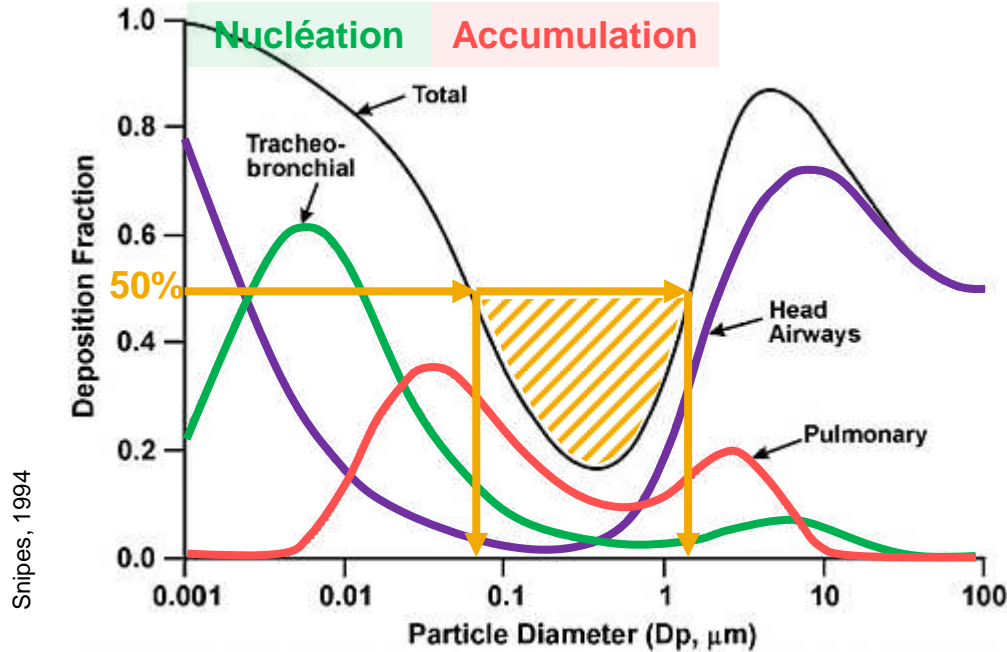
GÉNÉRALITÉS

Caractéristiques des particules fines et nanoparticules

2

- Particules fines : **PM_{2,5}**
(diamètre aérodynamique < 2,5 µm)
Nanoparticules : **PM_{0,1}**
- Fraction **moyenne à très faible** de la **masse** en suspension dans l'air
- Fraction **majoritaire** de la **surface** disponible pour des interactions avec d'autres polluants
- Fraction **très importante** du **nombre** de particules inhalables





- Nanoparticules (**nucléation**) affectent principalement la partie trachéo-bronchique des voies aériennes inférieures
- Moins de 50% des particules comprises entre 100 nm et 1 μm (**accumulation**) sont retenues par le système respiratoire et peuvent passer dans la circulation sanguine

GÉNÉRALITÉS

Volume quotidien d'air inhalé

4

- Etude sur 160 personnes de 6 à 77 ans, Californie (1994)
- 7 à 20 L d'air inhalé par minute (activités sédentaires ou modérées)
soit **10 000 à 30 000 L d'air par jour**

Fig. 1 : AMOUNT OF AIR BREATHED BY CHILDREN

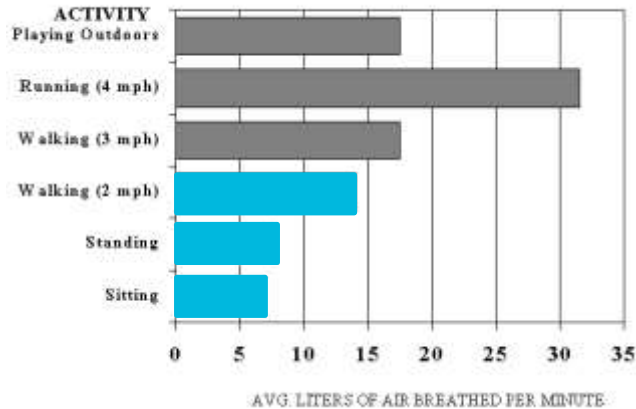


Fig. 2 : AMOUNT OF AIR BREATHED BY ADULT FEMALES

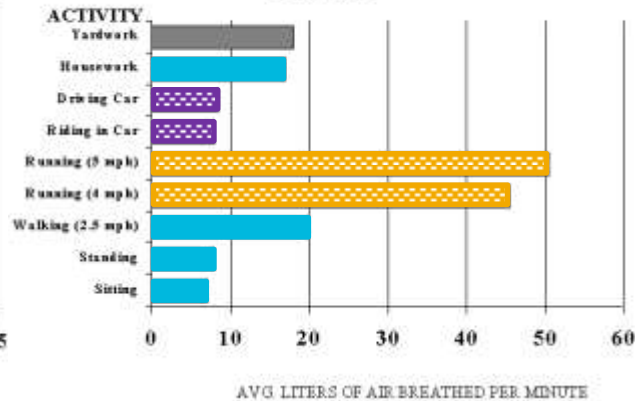
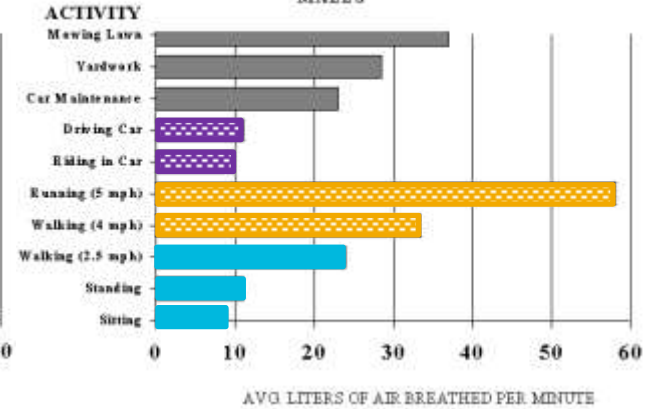


Fig. 3 : AMOUNT OF AIR BREATHED BY ADULT MALES



Adams, 1994

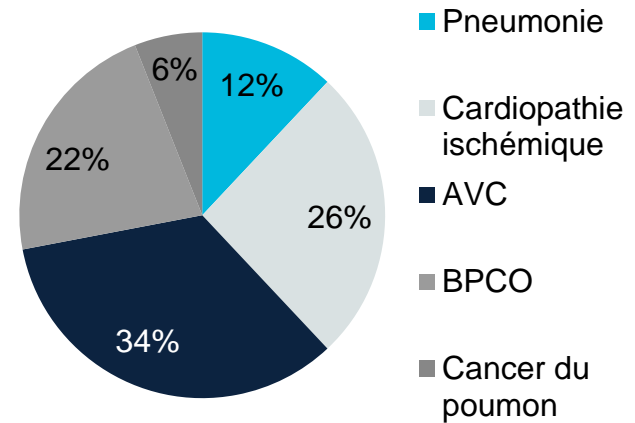
- Espaces intérieurs type **véhicules** : volumes inhalés similaires aux activités sédentaires
- Espaces intérieurs type **salles de sport** : volumes inhalés 5 à 6 fois supérieurs

LES PARTICULES FINES EN AIR INTÉRIEUR

Quelques chiffres OMS ...

5

- Dans le monde, 3 milliards de personnes utilisent la combustion de charbon ou de biomasse (bois, déchets végétaux, excréments animaux) pour cuisiner et se chauffer
- 4,3 millions de personnes meurent prématurément chaque année de cette pollution domestique, principalement dans les pays en voie de développement
- En Europe, 117 200 morts prématurées dues à la pollution de l'air intérieur (482 000 à la pollution extérieure), avec sur-représentation des pays à revenus faibles à modérés



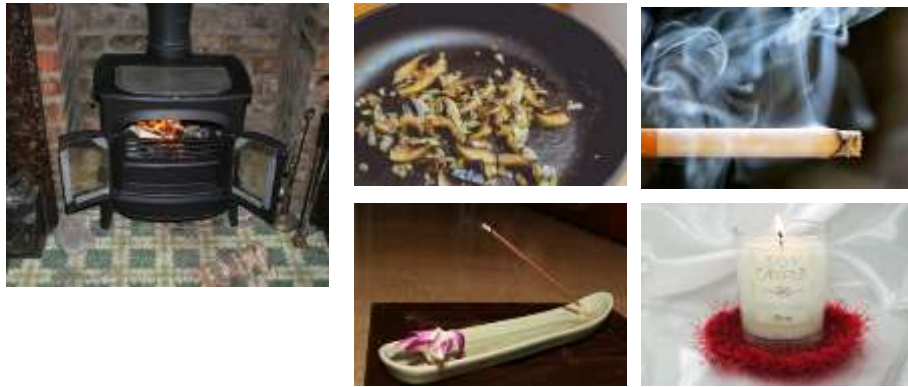
OMS, 2012

SOURCES PRINCIPALES DES PARTICULES FINES EN AIR INTÉRIEUR

(excluant les particules biologiques)

6

■ Activités de combustion



⇒ Carbone suie, HAP, aérosol organique

■ Nucléation

⇒ Aérosol organique

■ Air extérieur



⇒ Carbone suie, HAP, aérosol organique, nitrates, sulfates, ammoniums, métaux, etc.

- 3 campagnes intensives en Californie en hiver (2000-2001) dans la maison Clovis (134 m²)
- PM_{2,5} collectées puis volatilisées pour analyse (résolution temporelle : 10 min)
- Nitrates détectés sous forme de NO₂, sulfates sous forme de SO₂ et carbone organique total sous forme de CO₂
- Ecart I/O augmente avec faibles taux de renouvellement d'air (α)
- Comportement variable selon espèce (nitrate d'ammonium semi-volatile)

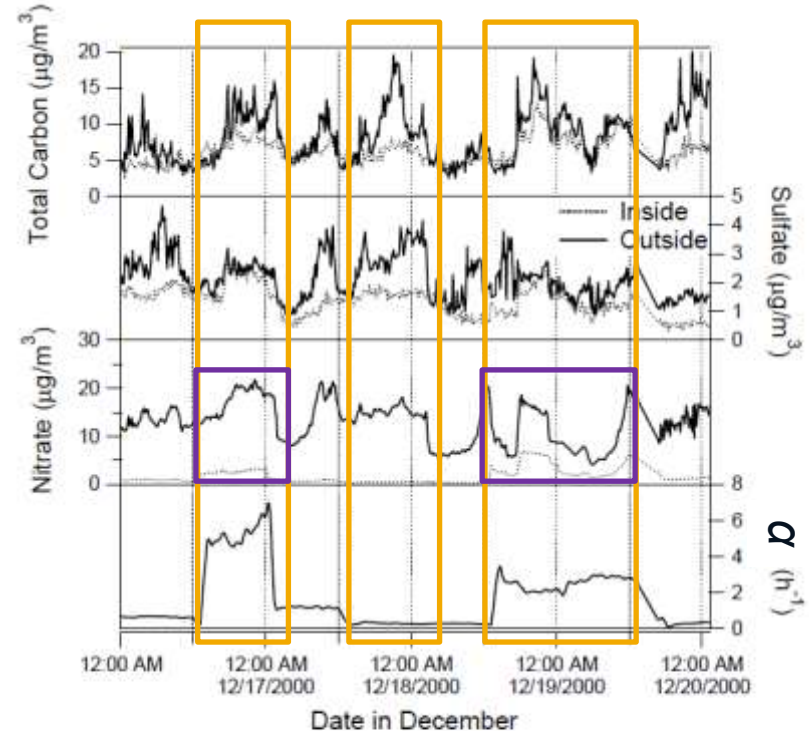
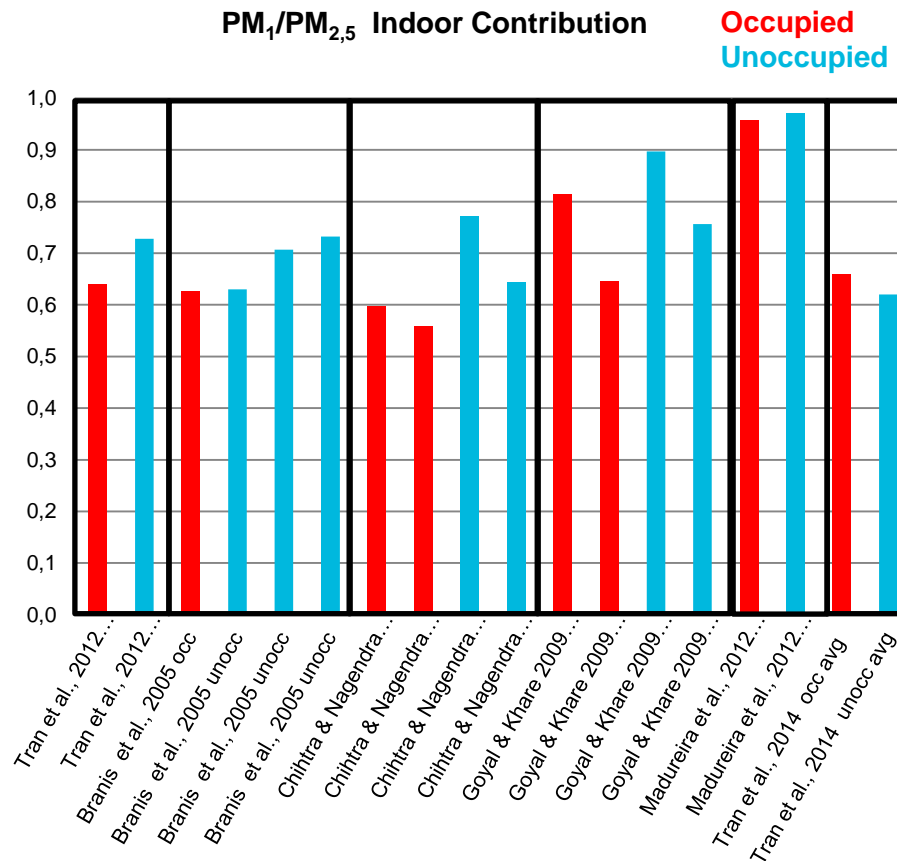


Figure 3. Data from the ICVS showing the variation in indoor (solid line) and outdoor (dotted line) carbon, sulfate, and nitrate for a four-day period during the December intensive. The bottom plot shows air exchange rate as a function of time and reflects the effects of the manipulation of the house conditions.

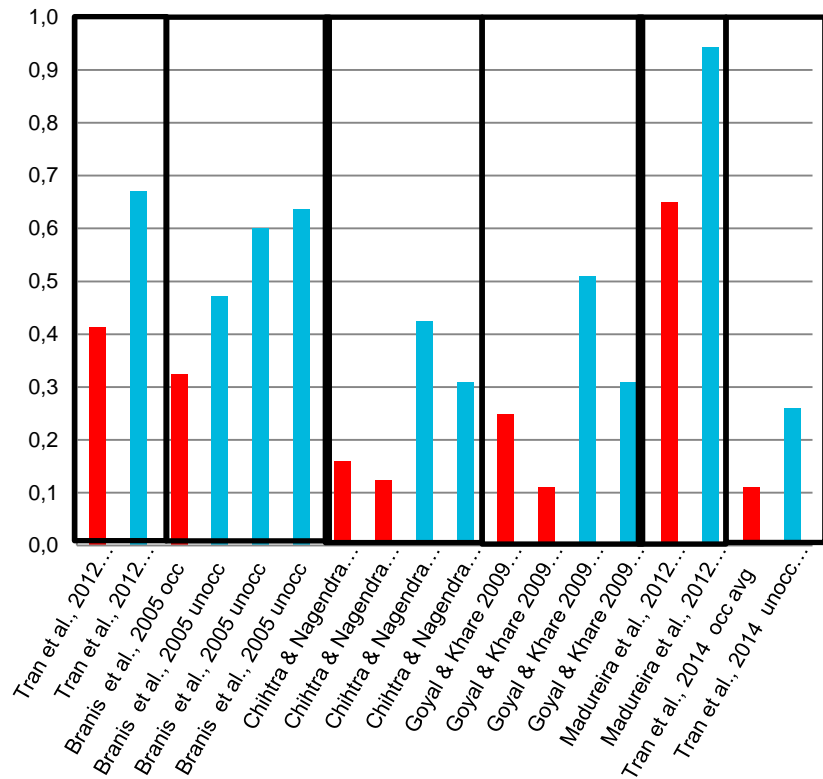
Etudes entre 2005 et 2014
avec mesures PM_1 , $PM_{2,5}$ et PM_{10}

Effet de l'occupation peu
visible sur ratio $PM_1 / PM_{2,5}$



PM₁/PM₁₀ Indoor Contribution

Occupied
Unoccupied



En l'absence d'occupants :
PM₁ = 30 à 90% des PM₁₀

En présence d'occupants :
PM₁ = 10 à 60% des PM₁₀



Présence d'occupants favorise les phénomènes de resuspension et l'ajout de nouvelles particules en air intérieur

PROCESSUS EN AIR INTÉRIEUR

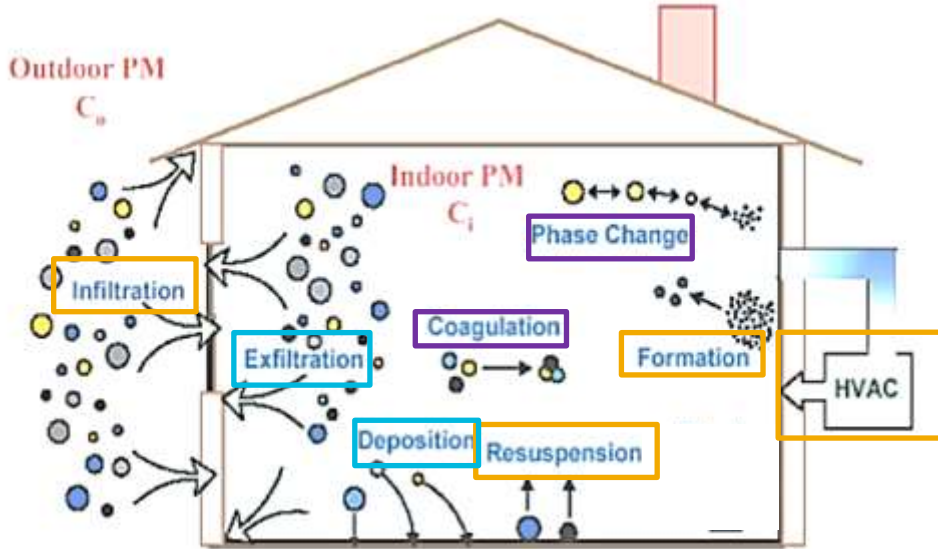
Equation du bilan de masse en conditions « stationnaires »

10

$$V \frac{dC_{in}}{dt} = \alpha P V C_{out} + r A_r L - \alpha V C_{in} - K V C_{in} + S$$

gains +

pertes -



V : volume de la pièce (m^3)

α : taux de renouvellement de l'air (h^{-1})

P : taux de pénétration des particules à l'intérieur de la pièce

$C_{in,out}$: concentrations intérieure (C_{in}) et extérieure (C_{out}) en particules ($\mu g m^{-3}$)

r : vitesse de remise en suspension des particules (h^{-1})

A_r : surface à l'origine de la remise en suspension (m^2)

L : concentration surfacique en particules ($\mu g m^{-2}$)

K : vitesse de dépôt (h^{-1})

S : source de particules ($\mu g h^{-1}$)



Poster Evdokia Stratigou

- Particules fines en air intérieur présentent sources, composition chimique et tailles potentiellement très variables (air extérieur / activités spécifiques des occupants)
- Complexité de modéliser l'ensemble des paramètres dans équation du bilan de masse car nécessité de tenir compte de la taille et la composition chimique + variabilité des conditions environnementales avec air extérieur (ΔT , ΔRH , α)
- Nouvelles campagnes de mesure nécessitent la mise en œuvre d'instruments avec haute résolution temporelle, mesures de composition chimique, distribution en taille des particules, et de renseigner les précurseurs gazeux (NH_3 , NO_2 , COV ...)

Merci de votre attention !

veronique.riffault@imt-lille-douai.fr



IMT Lille Douai

SAGE
Sciences de
l'Atmosphère
et Génie de
l'Environnement

