



# FAISABILITÉ D'UNE MESURE **IN-SITU** DES **PARAMÈTRES DE SORPTION** DES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS EN AIR INTÉRIEUR

Marie Verriele<sup>1,2</sup>, Malak Rizk<sup>1,2</sup>, Sebastien Dusanter<sup>1,2</sup>, Coralie Schoemaecker<sup>1,3</sup>,  
Stéphane Le Calvé<sup>4</sup>, Nadine Locoge<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Université Lille Nord de France F-59000, Lille France

<sup>2</sup>Mines Douai, Département Chimie et Environnement

<sup>3</sup>Université de Lille 1, Laboratoire de Physico-Chimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère

<sup>4</sup>Université de Strasbourg, Institut de Chimie et Procédés pour L'Énergie, L'Environnement et la Santé

[marie.verriele@mines-douai.fr](mailto:marie.verriele@mines-douai.fr)

- Baisse de la consommation énergétique
  - Renforcement substantiel de l'isolation
- Installation de systèmes de ventilation performants
  - Apport d'air hygiénique suffisant

→ Confinement ? Impact de la ventilation ? Impact de ces nouveaux matériaux ?



PREBAT: Programme de Recherche sur l'Energie dans le BATiment

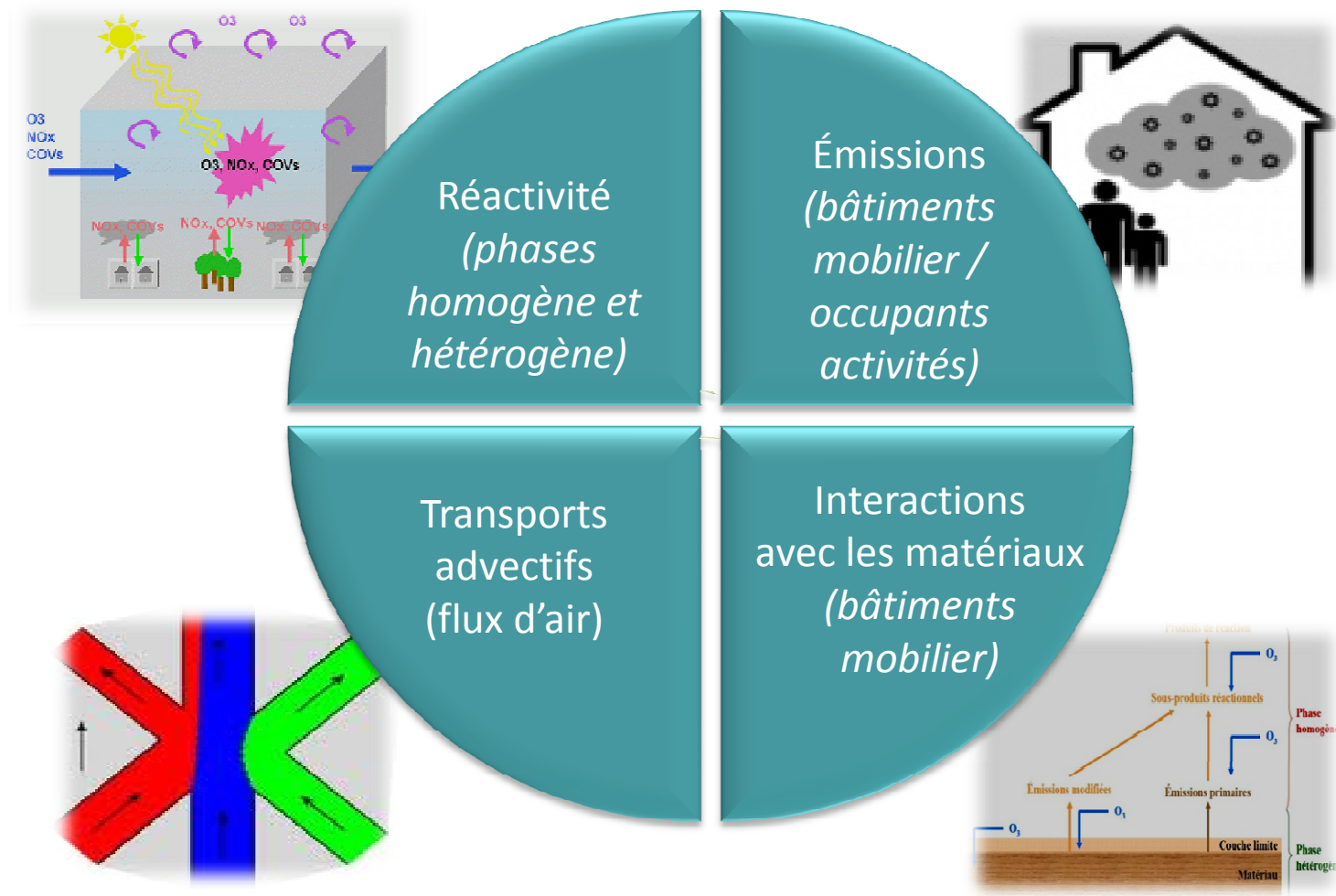
Vaste programme d'évaluation:

Suivi construction, qualité des matériaux, performances réelles

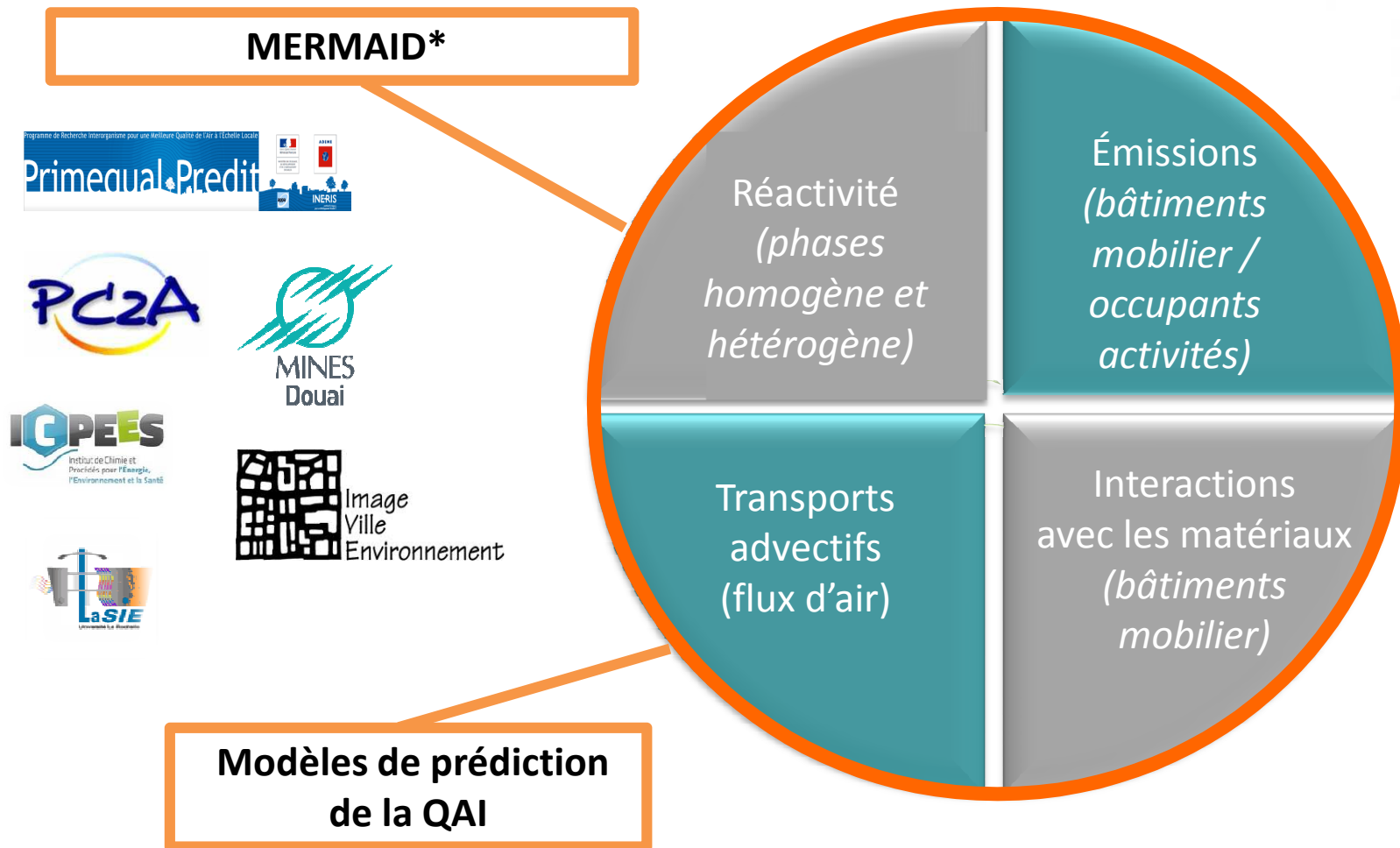
Volet qualité de l'air:

- une centaine de BBC à évaluer
- liste de composés prioritaires

4 processus physiques ou chimiques



# PARAMÈTRES DÉTERMINANTS DES TENEURS EN COV EN AI



\* Caractérisation détaillée de l'air intérieur des Bâtiments à Basse Consommation énergétique par couplage entre

Mesures Expérimentales Représentatives et Modélisation Air Intérieur Détaillée

# DÉTERMINATION D'UN TAUX D'EMISSION

- Chambre d'essai d'émission  
(ISO 16000-9, 2006)



- Micro- Chambre  
(ISO 16000-25, 2011)



- Cellule d'essai d'émission (FLEC)  
ISO (16000-10, 2006)



$$\tau = \frac{C_{eq} \times V \times n}{S}$$

$\tau$ : taux d'émission ( $\mu\text{g} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )

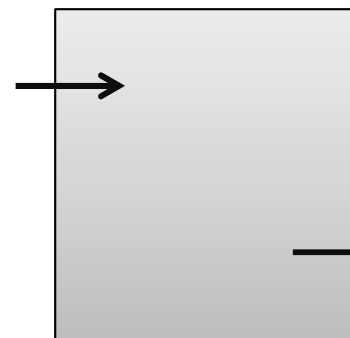
$V$ : volume de la chambre ( $\text{m}^3$ )

$n$ : taux de renouvellement ( $\text{h}^{-1}$ )

$S$ : surface du matériau ( $\text{m}^2$ )

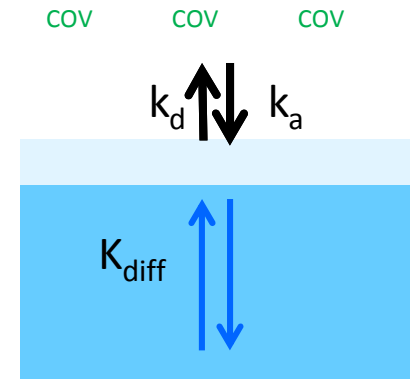
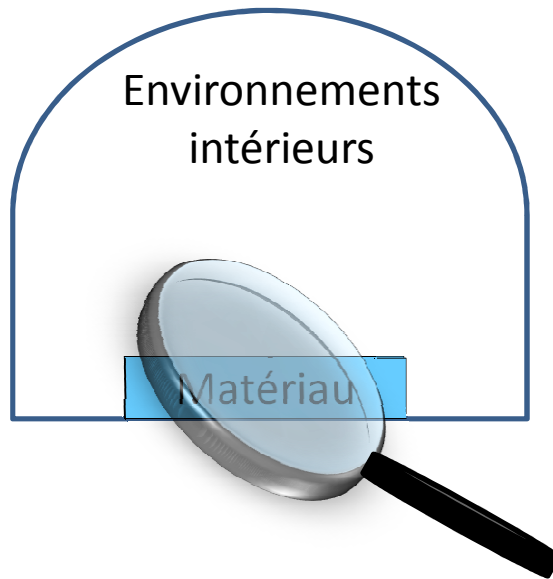
$C_{eq}$ : [COV] mesurée pour chaque COV cible en sortie de la chambre

Air zéro  
(propre)



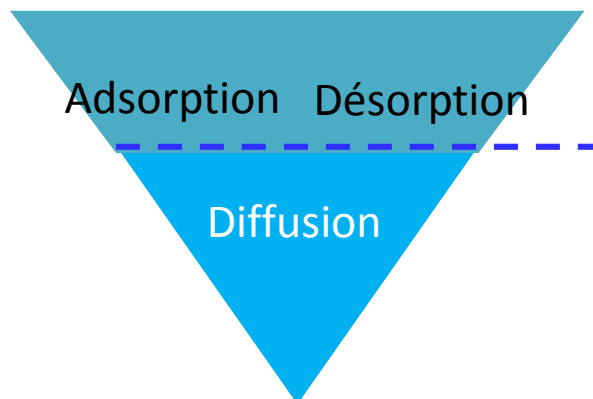
Air + COV  
 $C_{eq}$

Uniquement émissions intrinsèques  
du matériau sans interaction avec  
son environnement



Paramètres d'influence significative sur les teneurs ambiantes en COV

Parmi plusieurs types de modèles



Modèle de Langmuir

Néglige les phénomènes de diffusion (Tichenor, 1991)



Modèle de diffusion

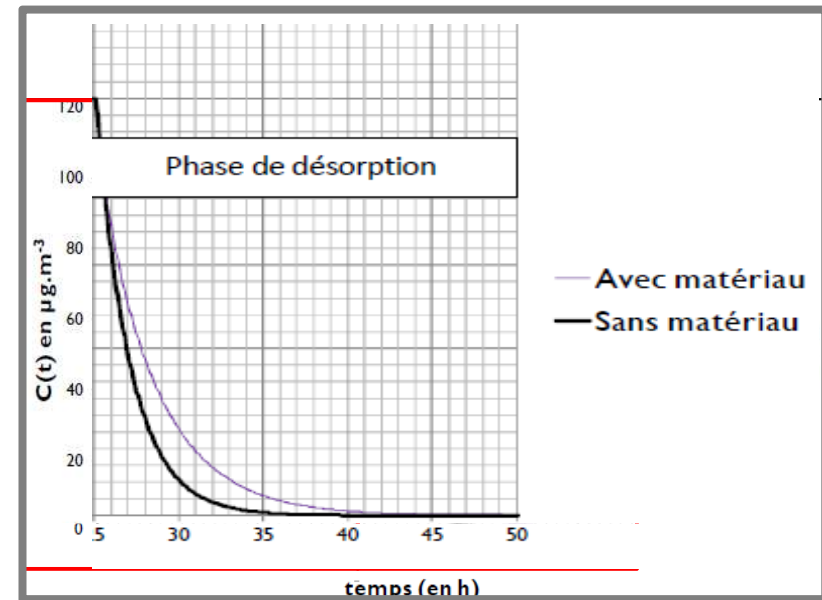
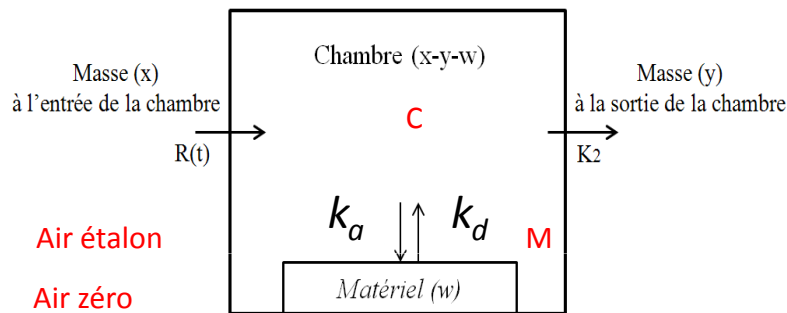
Adapté aux matériaux poreux (Liu, 2013 – Popescu, 2013)

# PROTOCOLE DE DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES DE SORPTION

## Approche Expérimentale:

Chambre d'essai d'émission (pls.  
Litres)

Régime dynamique



## Modèle de Langmuir

$$V \frac{dC}{dt} = R(t) - C(t)Vn - k_a CS + k_d M(t)S$$

$$C(t) = \frac{C_{eq} \left[ (N - r_2) e^{-r_1 t} - (N - r_1) e^{-r_2 t} \right]}{r_1 - r_2}$$

Augmentation en air

Renouvellement de l'air

Adsorption

Désorption

$k_a$

$k_d$

$k_a$  : constante de vitesse d'adsorption: en  $\text{h}^{-1}$   
 $k_d$  : constante de vitesse de désorption en  $\text{h}^{-1}$

$R(t)$  : concentration d'air entrant en  $\mu\text{g.h}^{-1}$   
 $n$  : taux de renouvellement en  $\text{h}^{-1}$

# NÉCESSITÉ DE MESURE LES PARAMÈTRES DE SORPTION IN-SITU

Won, 2001  
Jorgensen et al., 2000  
Haghighat et al., 1999

C mesurées

≠

C prédites

En espace intérieur

via un modèle de QAI, alimenté uniquement  
- par des constantes de sorption  
détérées en laboratoire  
- des données aérauliques

Incertitudes sur les paramètres de sorption

Non prise en compte de la réactivité



**Développer et Valider** un dispositif analytique pour quantifier in-situ les propriétés de sorption à la surface des matériaux de construction



**Tester** l'influence des paramètres environnementaux (Température, Humidité relative, compétition d'adsorption entre COV) sur les constantes de sorption



**Déployer** ce dispositif lors des *campagnes de terrain* (cadre: projet MERMAID en BBC)





FLEC

Transportable sur le terrain  
Optimiser la durée d'expérimentation  
Détermination de  $k_a$  et  $k_d$  pour des  
temps plus courts



PTR-MS

On-line  
Haute résolution temporelle (sec)

Matériau  
(Plâtre)

Verre = No Sink

Débit 300 à 500  
mL/min

Toluene de 100 à  
300 ppb

Température 23°C

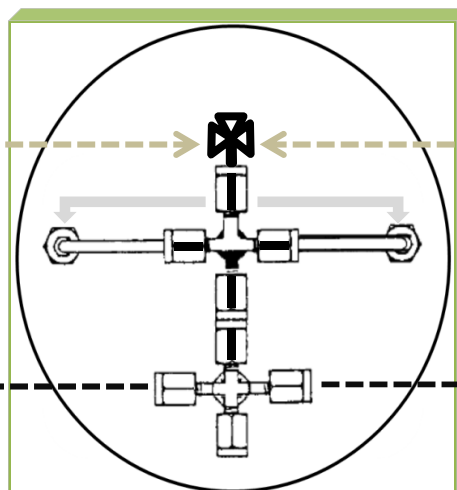
Humidité relative 50%

*Air  
Zéro*

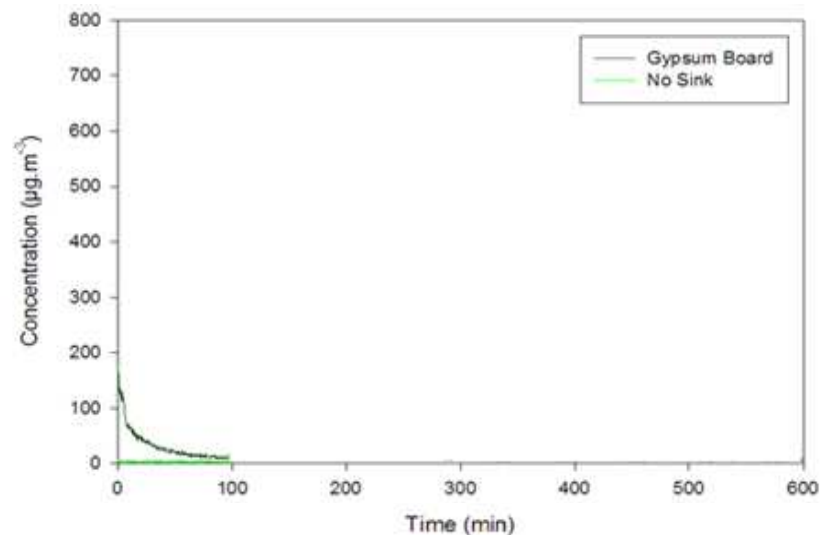
*Air  
Etalon*

*Fuite* ←

→ *PTR-MS*



Matériau  
(Plâtre)



Verre = No Sink

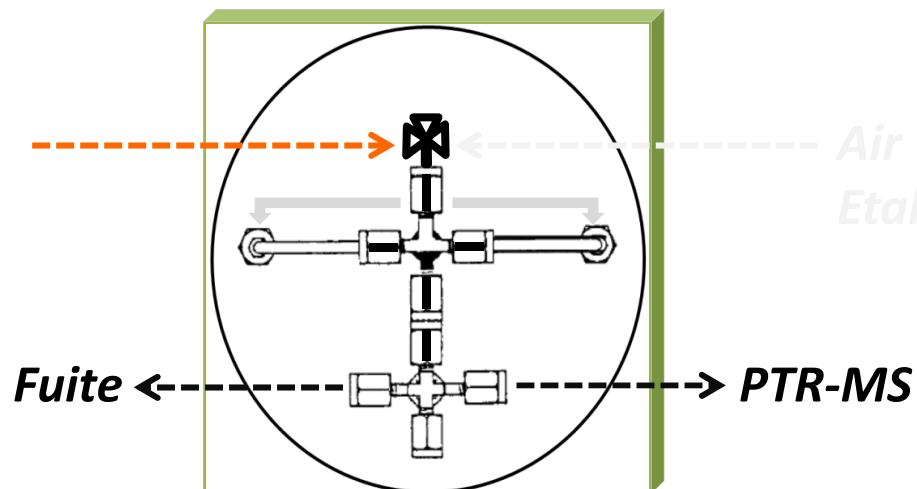
Débit 300 à 500  
mL/min

Toluene de 100 à  
300 ppb

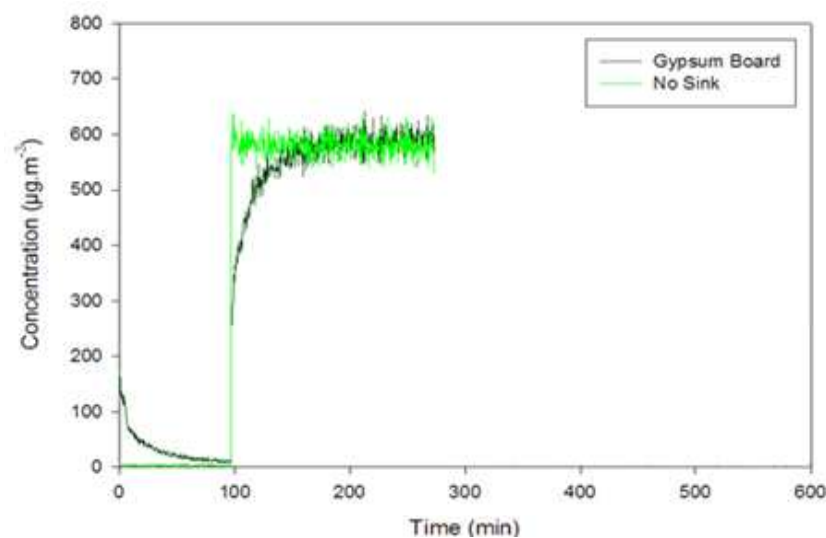
Température 23°C

Humidité relative 50%

Air  
Zéro



Matériau  
(Plâtre)



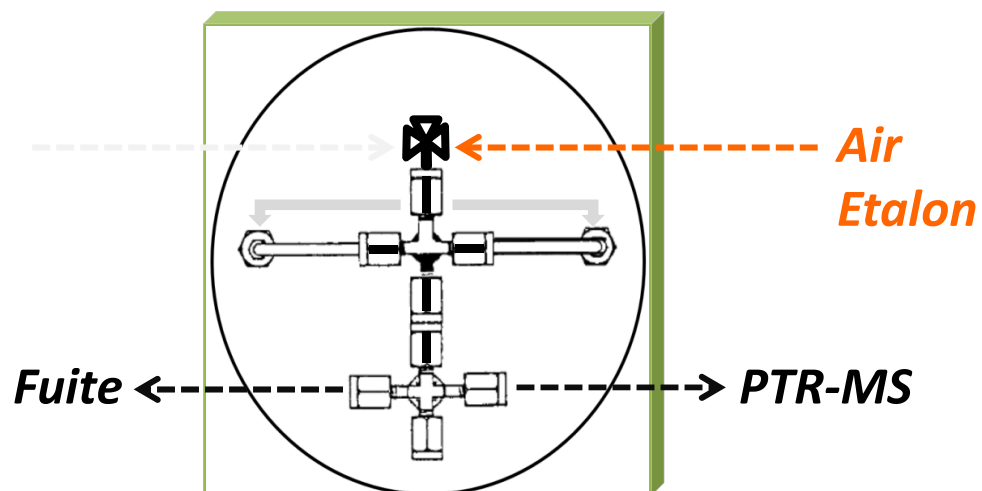
Verre = No Sink

Débit 300 à 500  
mL/min

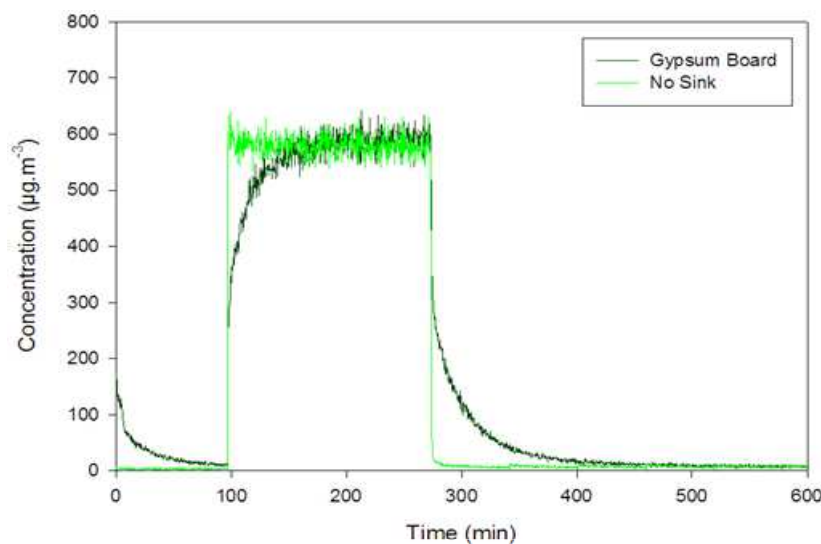
Toluene de 100 à  
300 ppb

Température 23°C

Humidité relative 50%



Matériau  
(Plâtre)



Verre = No Sink

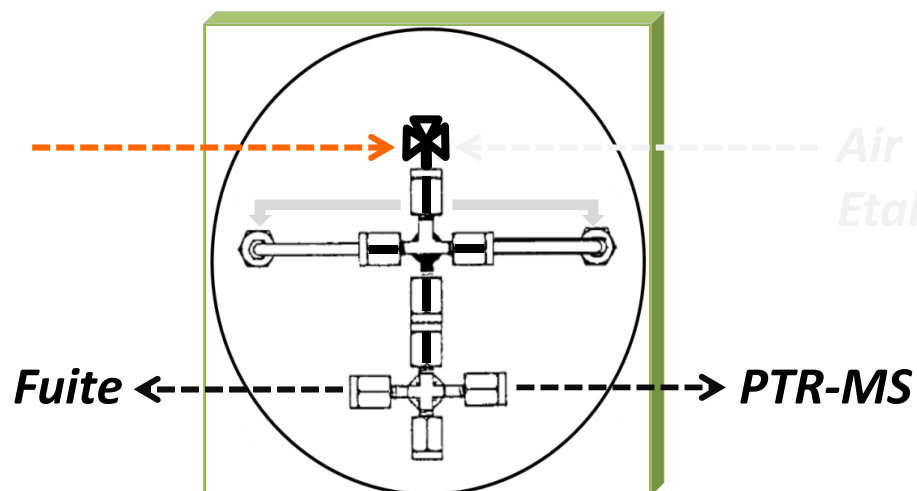
Débit 300 à 500  
mL/min

Toluene de 100 à  
300 ppb

Température 23°C

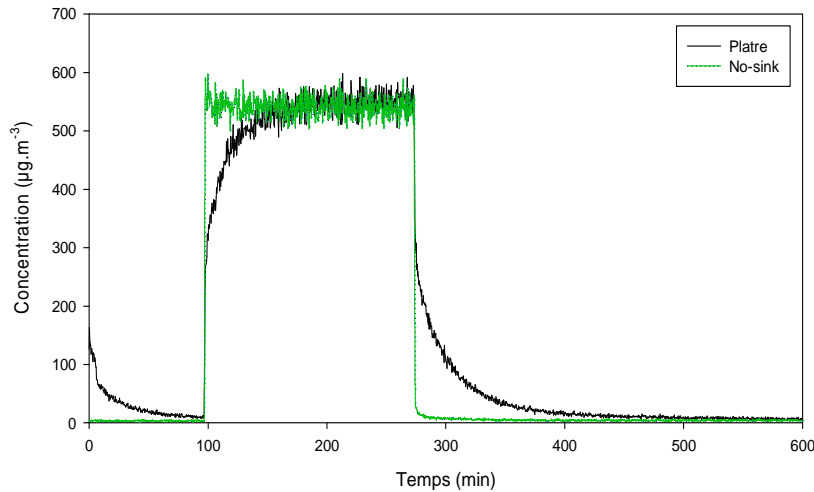
Humidité relative 50%

Air  
Zéro

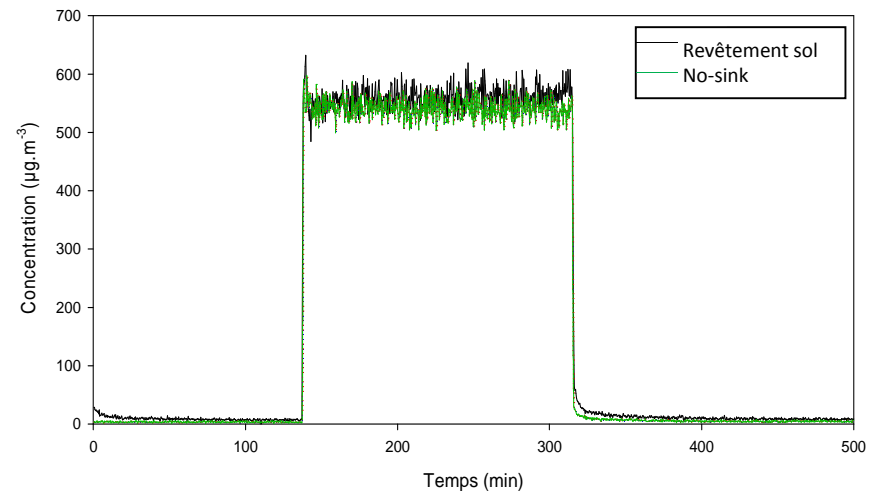


Plâtre

Variation des concentrations de Toluène à la surface d'une plaque de plâtre et d'une plaque de verre sous une alimentation d'air zero (a et b) et sous air étalon contenant 150 ppb toluène (c).

Revêtement sol vinyle

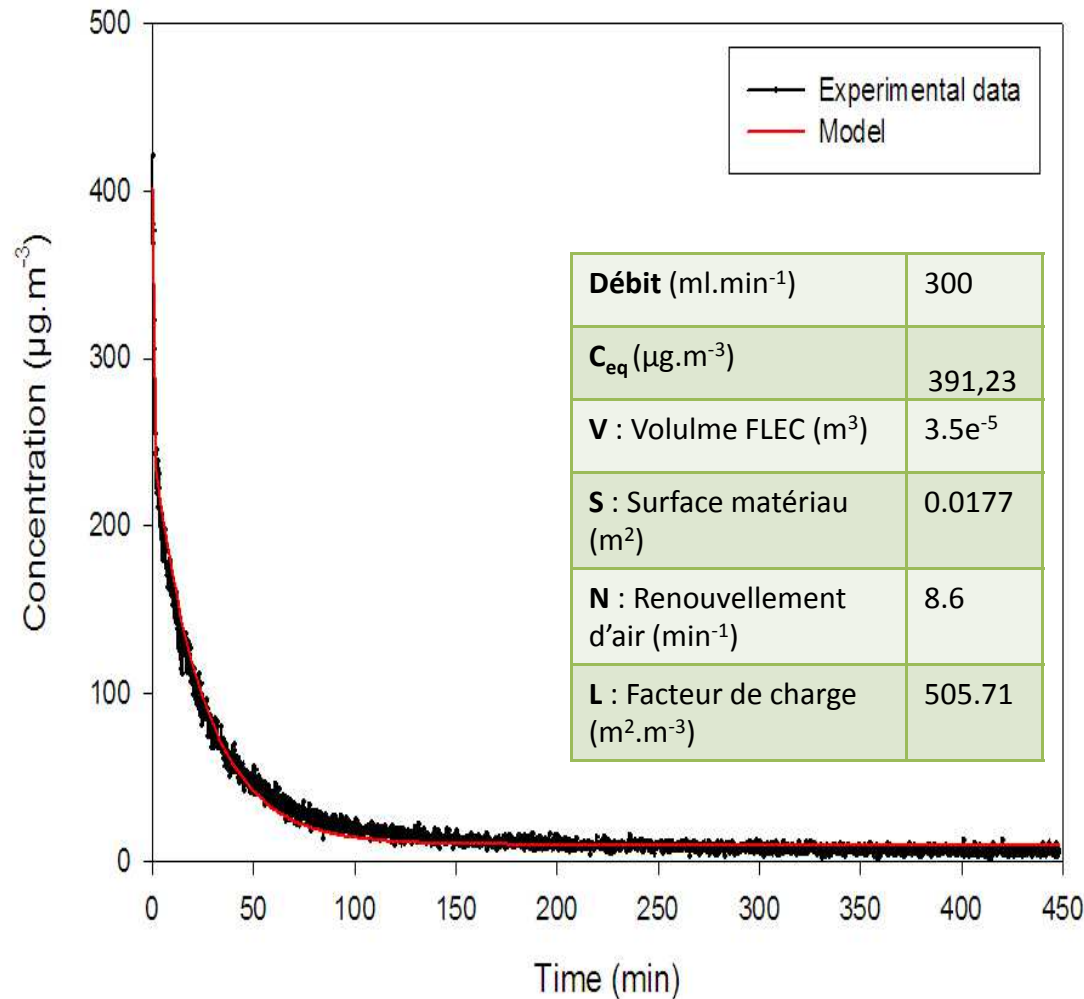
Variation des concentrations de Toluène à la surface d'un revêtement sol PVC et d'une plaque de verre sous une alimentation d'air zero (a et b) et sous air étalon contenant 150 ppb toluène (c).



Débit:  $400 \text{ ml.min}^{-1}$   $T_{acq} (PTR-MS) = 20 \text{ sec}$

✓ Méthode de couplage FLEC- mesure rapide de COV (PTR-MS):

est **adaptée** à la réalisation d'essais d'adsorption-désorption  
en vue d'**extraire** les constantes de sorption  $k_a$  et  $k_d$



$$k_a \text{ (m.h}^{-1}\text{)} \quad 1.5 \pm 0.1$$

(4 répliquâts)

$$k_d \text{ (h}^{-1}\text{)} \quad 5.1 \pm 0.5$$

(4 répliquâts)

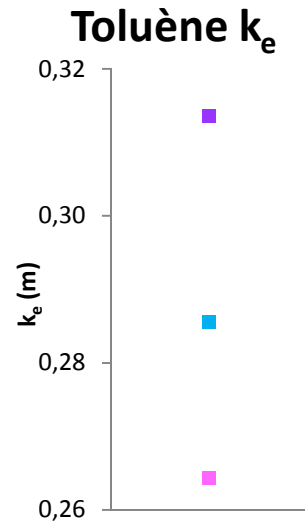
$$K_e \text{ (h}^{-1}\text{)} \quad 0.30 \pm 0.04$$

(4 répliquâts)

$$C(t) = \frac{C_{eq} \left[ (N - r_2) e^{-r_1 t} - (N - r_1) e^{-r_2 t} \right]}{r_1 - r_2}$$

$$r_{1,2} = \frac{(N + k_a \frac{S}{V} + k_d) \pm \sqrt{(N + k_a \frac{S}{V} + k_d)^2 - 4Nk_d}}{2}$$

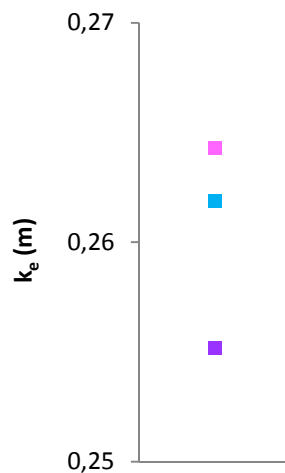
- L'influence de la Concentration du COV ?



Plâtre - Toluène	
1 Débit	300 ml.min <sup>-1</sup>
3 Concentrations	100 ppb
	150 ppb
	300 ppb

$$0.26 < K_{e \text{ moy}} < 0.31 \text{ m}$$

- L'influence du Débit d'air balayant la surface du matériau ?



Plâtre - Toluène	
1 Concentration	100 ppb
3 Débits	300 ml.min <sup>-1</sup>
	400 ml.min <sup>-1</sup>
	500 ml.min <sup>-1</sup>

$$0.255 < K_{e \text{ moy}} < 0.264 \text{ m}$$



**D**évelopper un dispositif analytique pour quantifier in-situ les propriétés de sorption à la surface des matériaux de construction



Couplage FLEC – PTRMS

Profils adsorption-  
désorption  
Résolution temporelle  
Concentration ppb



Robustesse

Méthode de détermination de  $k_a$  et  $k_d$ :  
répétable  
non influencée par Débit, Concentration

**V**alider le dispositif par comparaison avec des méthodes référencées dans la littérature utilisant des chambres d'essai d'émission → représentativité des valeurs mesurées



→ Intérêt pour utilisation:

-En laboratoire, dans une pièce modèle : comparaison des propriétés des matériaux, évaluation de l'influence de paramètres environnementaux, ...

-Sur le terrain: alimentation des modèles par des données plus complètes qu'uniquement les taux d'émission



## MERCI DE VOTRE ATTENTION

Marie Verrièle<sup>1,2</sup>, Malak Rizk<sup>1,2</sup>, Sebastien Dusanter<sup>1,2</sup>, Coralie Schoemaecker<sup>1,3</sup>,  
Stéphane Le Calvé<sup>4</sup>, Nadine Locoge<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Université Lille Nord de France F-59000, Lille France

<sup>2</sup>Mines Douai, Département Chimie et Environnement

<sup>3</sup>Université de Lille 1, Laboratoire de Physico-Chimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère

<sup>4</sup>Université de Strasbourg, Institut de Chimie et Procédés pour L'Énergie, L'Environnement et la Santé

[marie.verriele@mines-douai.fr](mailto:marie.verriele@mines-douai.fr)