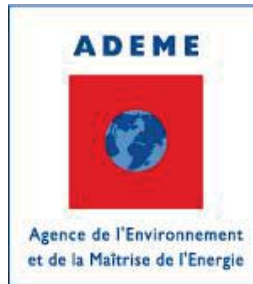


Journées techniques
28 et 29 mai 2013

Gestion des sites et sols
pollués



Les substances volatiles : caractérisation, modélisation des transferts, surveillance

Retour d'expérience des projets CITYCHLOR, FLUXOBAT et ATTENA

Estimation des flux vers l'air extérieur et intérieur à l'échelle du bassin expérimental Sceres

- ANR Fluxobat -




GRANDLYON



Intérêt de la mesure des flux de polluant

- Impact d'une pollution sur l'air induit par l'existence d'un flux de polluant
- Apporte des informations complémentaires à celles données par les mesures de concentrations :
 - localisation et caractérisation des zones émissives
 - dimensionnement de diagnostics gaz du sol ou atmosphère
 - dimensionnement de mesures de gestion, vérification de leur mise en œuvre et surveillance de l'évolution des transferts
 - aide à l'évaluation de futures expositions
 - compréhension des teneurs mesurées dans l'air et des transferts

Plan de la présentation

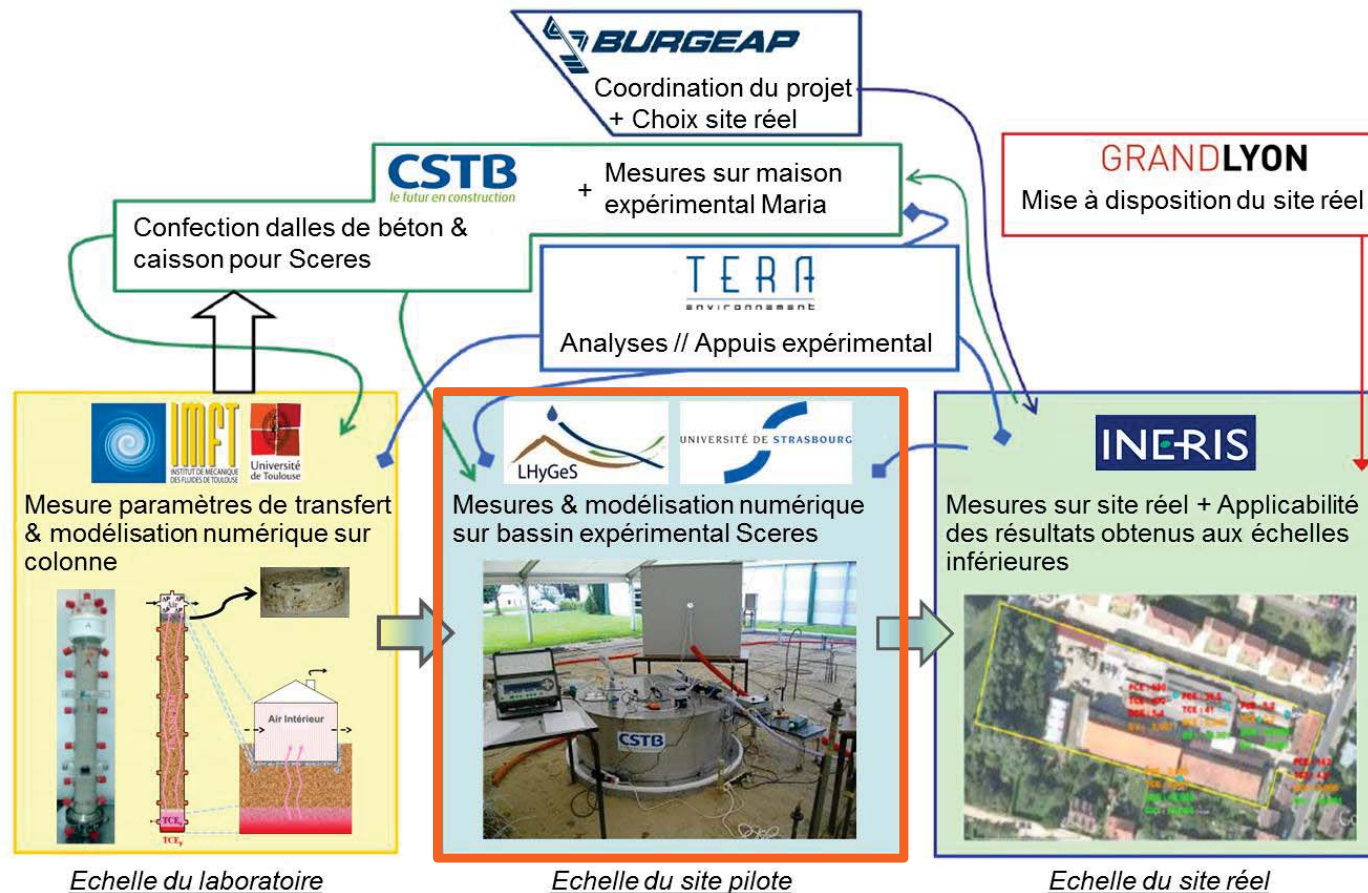
- Contexte du travail mené sur le bassin expérimental Sceres
- Approches expérimentales mises en œuvre
- Résultats 
 - Flux vers l'air extérieur
 - Flux vers l'air intérieur
- Conclusions



Spécificités des travaux menés sur Sceres

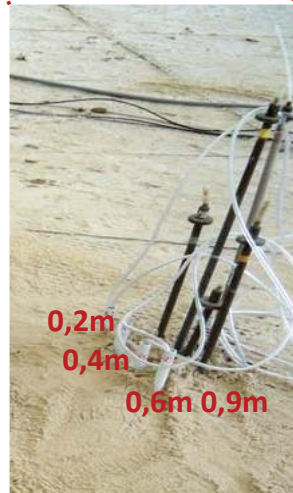
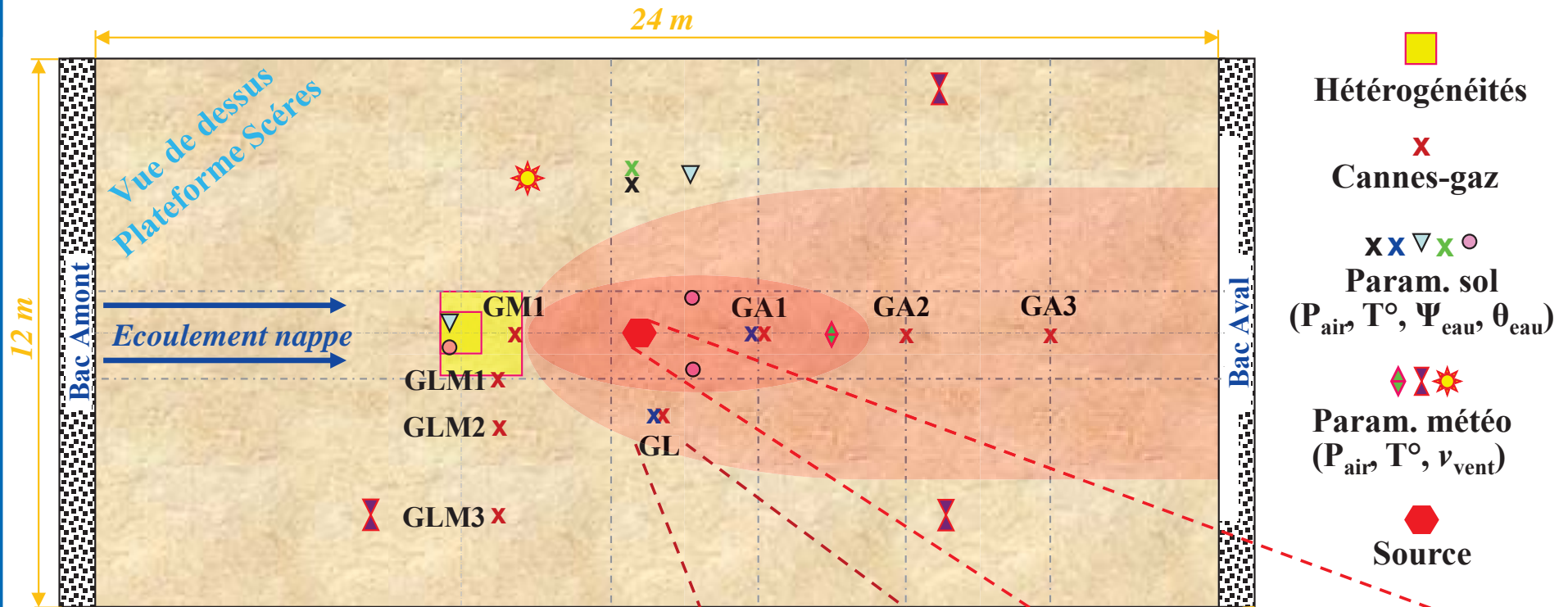


Fluxobat "Développement d'outils pour l'évaluation des transferts de COV depuis une source dans le sol vers l'air atmosphérique & l'air intérieur des bâtiments"



Une étude à une échelle intermédiaire entre laboratoire et site réel
➤ situation quasi-réelle avec contrôle des conditions expérimentales

Plateforme expérimentale Sceres



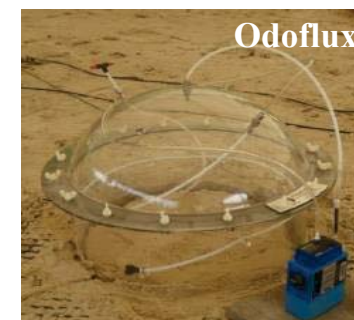
Approches expérimentales pour déterminer les flux de polluant vers l'air extérieur/intérieur



1 • Mesures directes à l'interface sol/air ou dalle/air

→ 5 chambres à flux dites statiques

✓ 3 méthodes : sans accumul. avec recirc. (CA) $Flux_{diff}(0) = \frac{m_{chambre} + m_{adsorbée}}{S_{chambre} \times t_{pompage}}$
avec accumul. avec et sans recirc.



	Surface (m ²)	Volume (m ³)
Taires	0,066	0,0032
Bgp	0,073	0,019
Lhyges	0,088	0,021
Ineris	0,25	0,028
Odoflux	0,20	0,064

+ : mesure directe

- : uniquement flux diffusif

Approches expérimentales pour déterminer les flux de polluant vers l'air extérieur/intérieur



1 • Mesures directes à l'interface sol/air ou dalle/air

→ 5 chambres à flux

2 • Evaluation sur la base de mesures dans l'air proche S.

→ veine expérimentale (écoulement imposé, 5 modules)

✓ méthode aérodynamique

(Parmele et al., 1972 ; Sandy et al., 2013)



$$Flux_{tot}(z_m) = - \frac{k^2 \cdot (C_2 - C_1) \cdot (u_2 - u_1)}{\phi_m \cdot \phi_p \cdot \left(\ln \left(\frac{z_2}{z_1} \right) \right)^2}$$

+ : flux total

ne perturbe pas système étudié

- : source de pollution étendue
profil de vent non perturbé

Approches expérimentales pour déterminer les flux de polluant vers l'air extérieur/intérieur



1 • Mesures directes à l'interface sol/air ou dalle/air

→ 5 chambres à flux

2 • Evaluation sur la base de mesures dans l'air proche S.

→ veine expérimentale

3 • Mesures directes à l'interface dalle/air

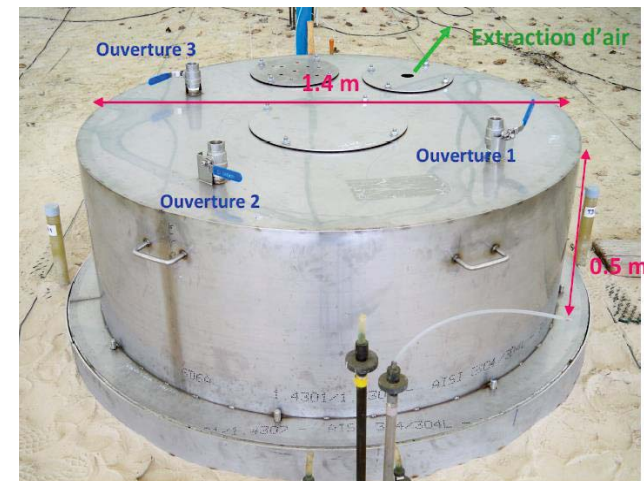
→ cloche (mise en dépression)

✓ solution analytique d'un mélangeur

$$Flux_{tot}(0) = \frac{C_{cloche}(+\infty)}{Q_{extraction}}$$

+ : flux total

- : coût, mise en place



Approches expérimentales pour déterminer les flux de polluant vers l'air extérieur/intérieur

1 • Mesures directes à l'interface sol/air ou dalle/air

→ 5 chambres à flux

2 • Evaluation sur la base de mesures dans l'air proche S.

→ veine expérimentale

3 • Mesures directes à l'interface dalle/air

→ cloche

4 • Evaluation sur la base de mesures dans l'air des sols ou sous dalle

→ piézair (avec possibilité de mesure pression de l'air du sol)

✓ expression semi-analytique du flux total

$$Flux_{tot}(z_m) = \underbrace{-\theta_a \tau_a D_a^0 \frac{dC_a}{dz}}_{\text{Part diffusive (Fick)}} + C_a \underbrace{\left(-\frac{k_{ra} k^*}{\mu_a} \left[\frac{dP_{ma}}{dz} + g(\rho_a - \rho_{air}) \right] \right)}_{\text{Part convective}}$$

+ : flux total

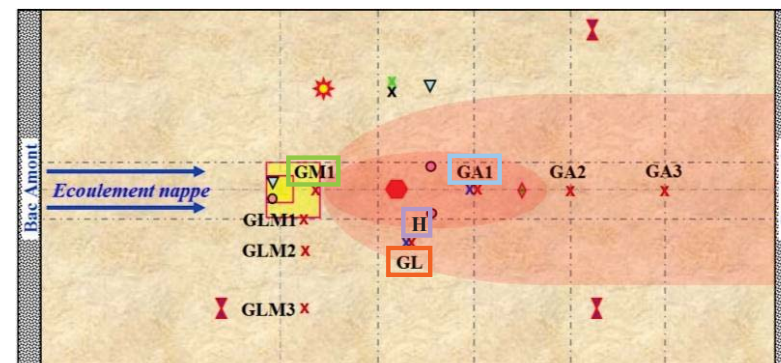
- : coût, invasif
difficulté choix
profondeur mesures

Suivi temporel du flux à l'interface sol/air depuis injection de la zone source

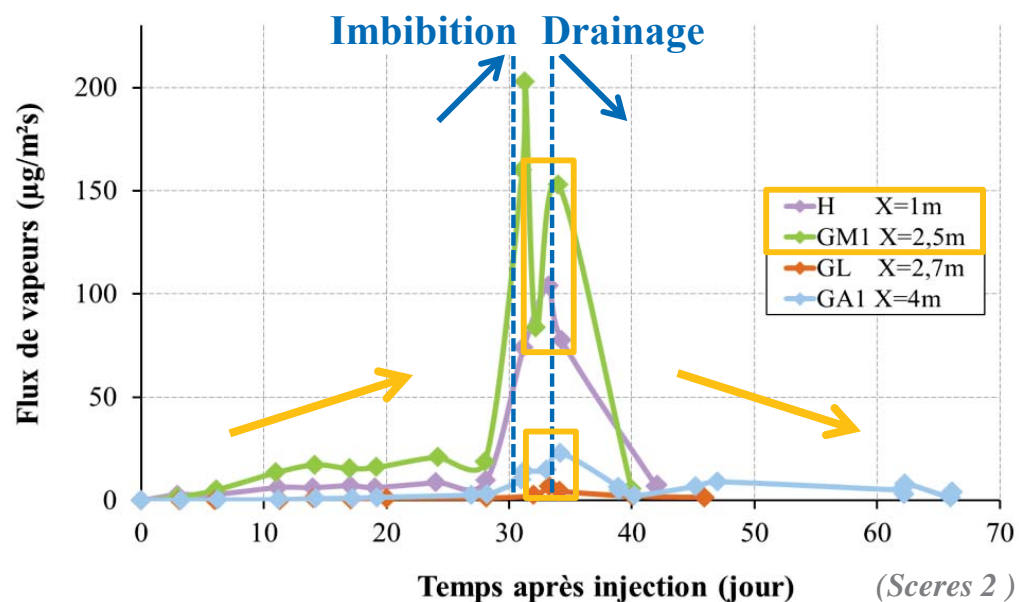


● Expériences mises en œuvre :

- chambre à flux sans accumul.
 - 4 emplacements suivis
 - mise en œuvre battement de nappe
- ➔ 77 mesures de flux réalisées



● Résultats :



➤ développement du panache puis épuisement de la source

➤ impact :

- hétérogénéités du sous sol
- battements de nappe
- température extérieure

➤ part convective du flux?

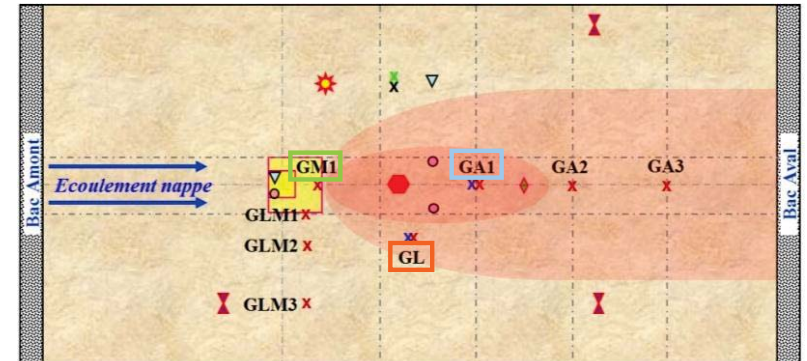
- GA1 : $F_{\text{conv}}/F_{\text{diff}} \text{ max} = 25\%$

Comparaison des flux mesurés à l'interface sol/air par différentes chambres à flux

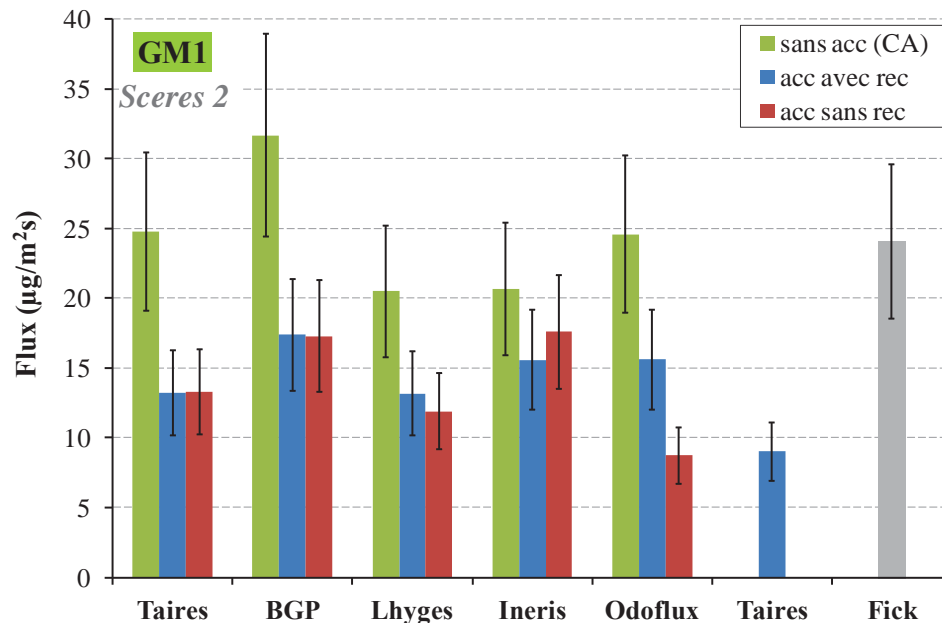
● Expériences de confrontation :

- 5 chambres à flux / 3 méthodes
- 3 emplacements testés
- mesures successives

➔ 45 (+3) mesures de flux sur Sceres



● Résultats :



➔ si accumulation pas d'impact de la recirculation sur les flux mes.

➔ sans accumulation flux mes. plus importants +44%

➔ pas de lien entre géométrie et flux mes.

➔ importance du control de ΔP

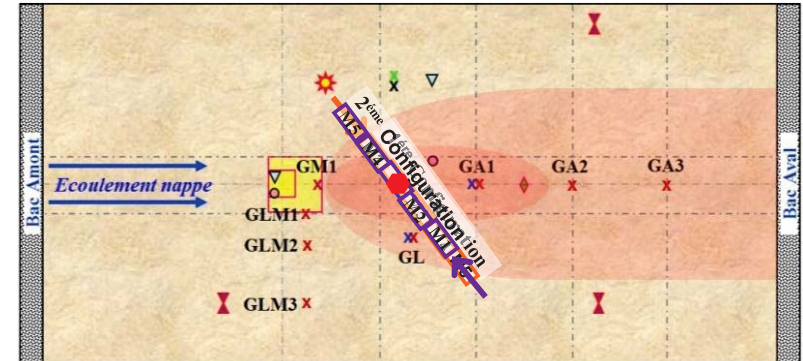
Evaluation des flux atmosphériques



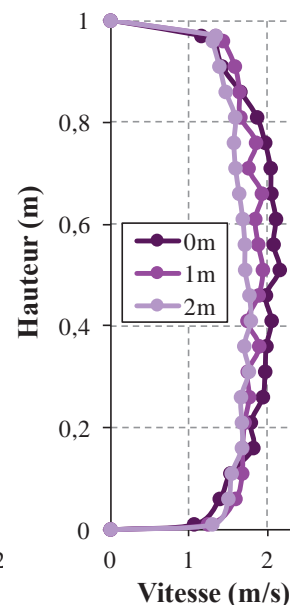
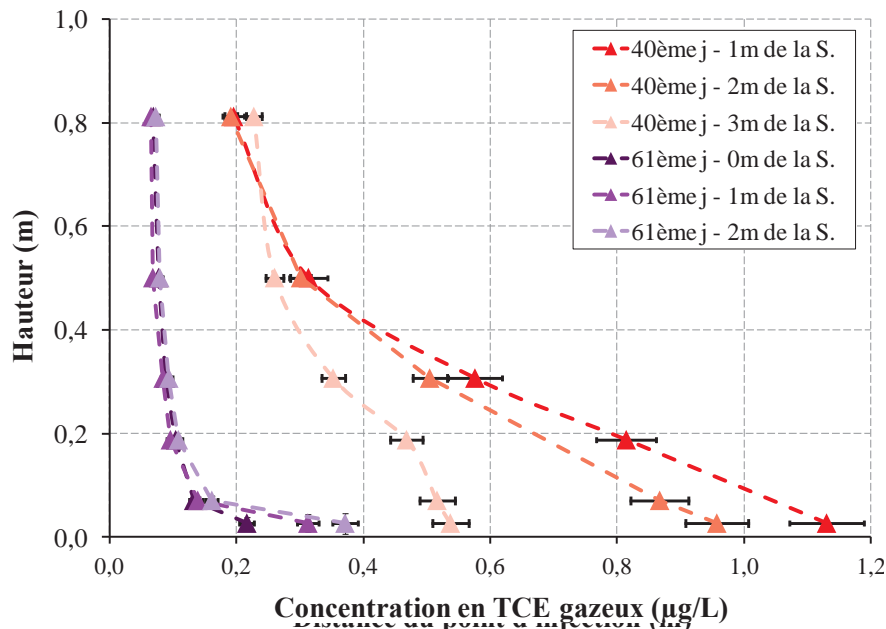
● Expériences réalisées :

- veine (M3, M4 & M5)
- 2 configurations veine - 2 réplicats
- comparaison chambre à flux

➔ 66 profils de concentrations mesurés



● Résultats :

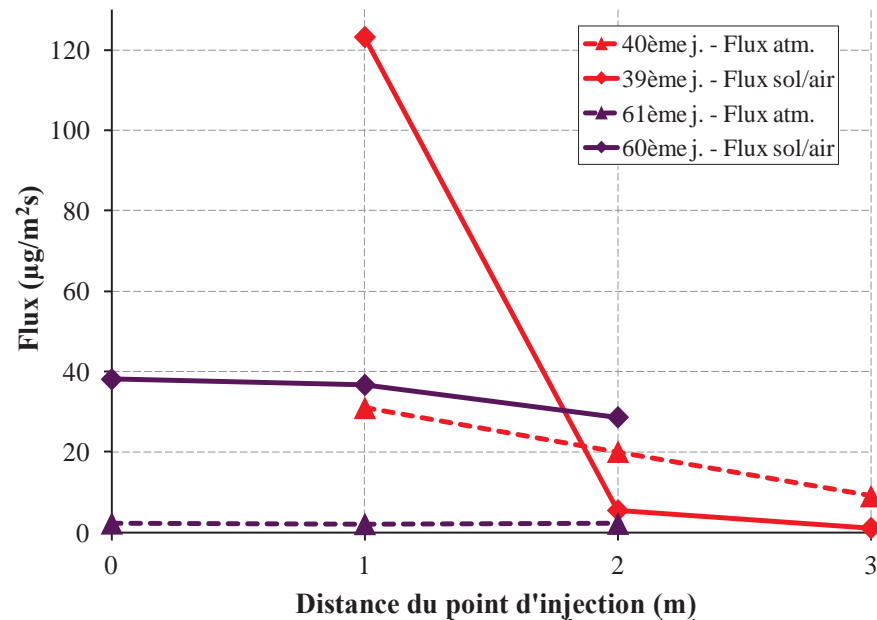


- profils de concentration correctement décrits
- profils très différents
- profils de vitesse de vent établis
- $F_{atm}(61^{ème}) < F_{atm}(40^{ème})$

Comparaison entre les flux atmosphériques et les flux à l'interface sol/air



● Résultats :



✓ flux suivant la même tendance mais répartition spatiale lissée

✓ **39/40^{ème}** : flux du même ordre de grandeur

✓ **60/61^{ème}** : un ordre de grandeur d'écart

● Conclusions :

- évaluation des flux raisonnables par la méthode aérodynamique au regard des conditions d'application relativement mal respectées
- cas d'une pollution ponctuelle : flux de polluant plus précisément déterminés en utilisant une chambre à flux

Estimation expérimentale des flux de polluant vers l'air intérieur



- **Expériences mis en œuvre sur Sceres :**

0- installation d'une dalle de béton

2 dalles ≠ vieilles ($5,3$ & $2,0 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$)

1- mesures via chambre à flux 

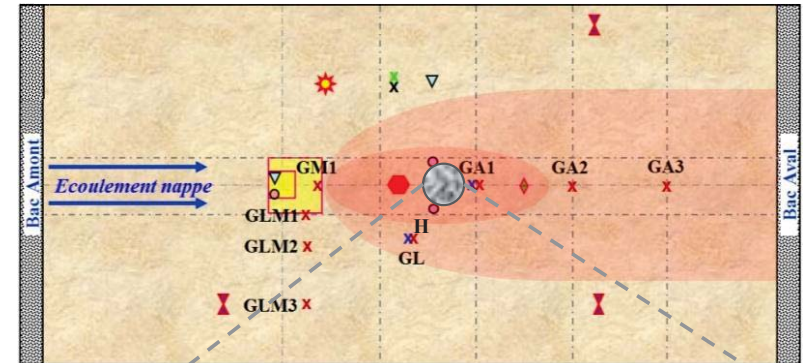
→ 10 mesures de flux au centre dalle

2- mesures via cloche → bâtiment modèle

mise en dépression : 3 $\Delta P \neq$ imposées

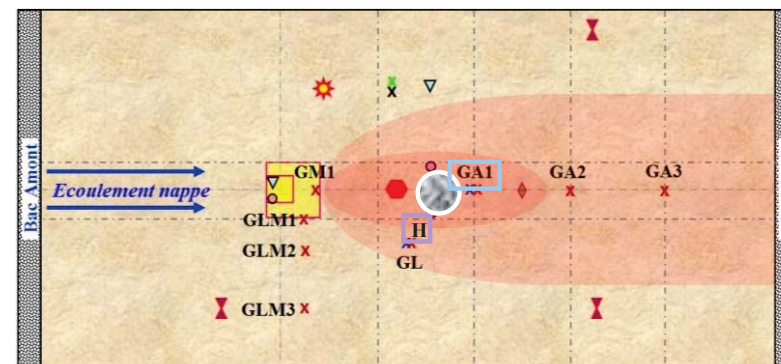
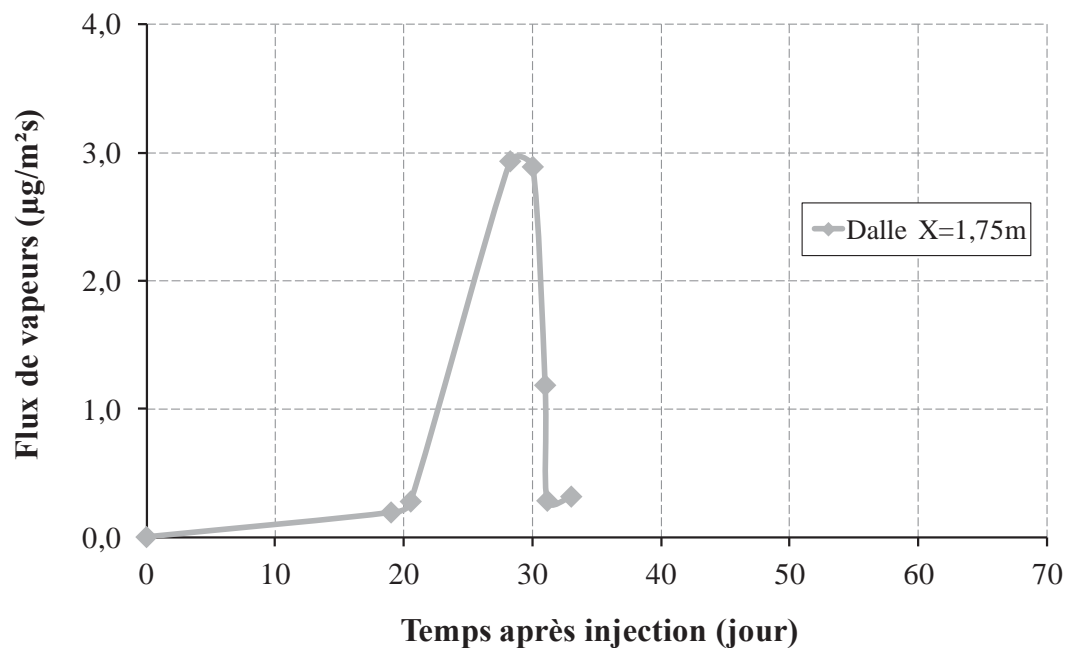
→ $\Delta P_{\text{bat-air ext}}$ existant

→ 20 mesures de flux sur totalité dalle



Suivi temporel du flux à l'interface dalle/air via une chambre à flux

● Résultats :

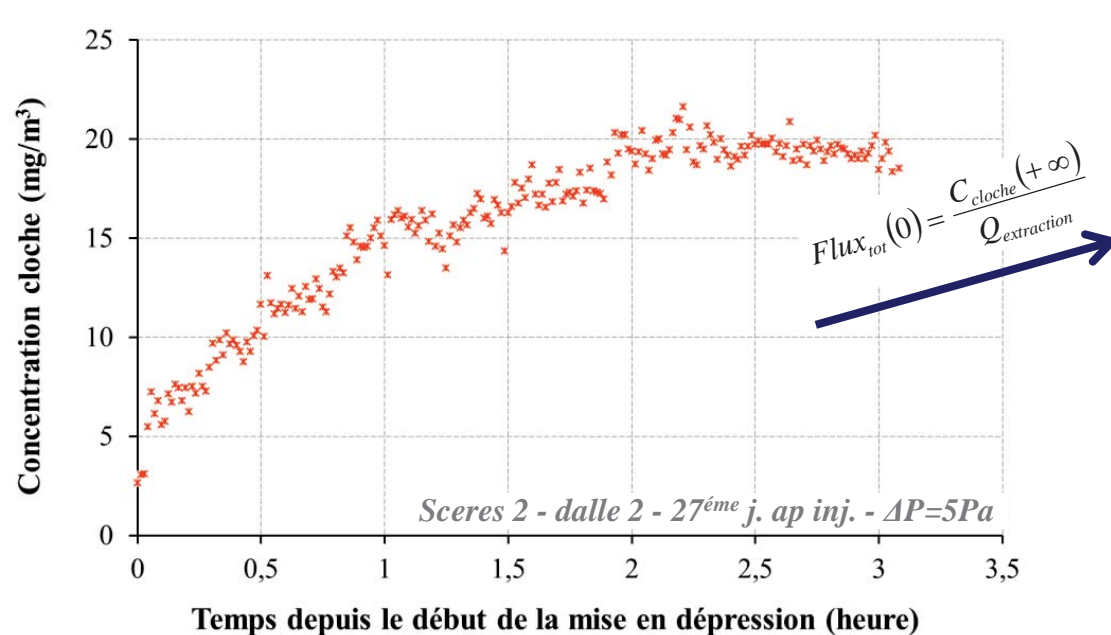


- flux dalle/air mes. max = $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$ (28^{ème} j)
- flux mes. vers air intérieur bien plus faibles que flux mes. vers air extérieur

Estimation expérimentale des flux de polluant vers l'air intérieur via une cloche



● Résultats :



	Dépression (Pa)		
Q=1m ³ /s	5	10	20
Flux tot (µg/m ² s)	3,5	7,7	15
Flux diff (µg/m ² s)	1,4	1,4	1,4
Flux conv (µg/m ² s)	2,1	6,3	13,6

Equations:

$$Flux_{diff}(0) = -\theta_a \tau_a D_a^0 \frac{dC_a}{dz}$$

$$Flux_{conv}(0) = Flux_{tot}(0) - Flux_{diff}(0)$$

- dépression, augmentation rapide des teneurs et donc fort flux de vapeur
 - pallier conforme à ce qu'on obtient dans le cas d'un mélangeur parfait
-
- plus la dépression augmente, plus le flux de masse est important
 - flux diffusifs évalués plus faibles que mesurés sans dépression
 - essentiellement, augmentation de la part convective du flux

Conclusions



- **Sur les techniques expérimentales permettant d'accéder aux flux :**

- chambre à flux, outil pertinent pour discriminer zones émissives

- 1- si accumulation du polluant, pas d'impact conditions de circulation air

- 2- sans accumulation du polluant, flux mesurés plus importants

- 3- pas de lien entre géométrie de la chambre et flux mesurés

- air extérieur, hors perturbation milieu, flux diffusifs majoritaires, mesures chambres à flux particulièrement intéressantes

- air intérieur, en dépression, flux convectifs importants, mesures chambres à flux plus délicates à utiliser lors certaines applications

- mesure directe sur dalle via cloche, résultats très prometteurs mais technique lourde

- mesure directe via chambre à flux, meilleurs résultats que évaluation via profil de concentration air atmosphérique

- **Recommandation lors des mesures de flux via une chambre à flux :**

- ΔP ➤ quantité de mesures (hétérogénéités...)

- évolution niveau piezo (pompage, marée...) ➤ saturation en eau