



Prise en compte de la biodégradation des hydrocarbures pour la modélisation des transferts de pollution du sol vers l'air intérieur

Atmos'Fair 2023, 28 juin

Sylvie TRAVERSE, Edith LARUE, David PITAVALL, Juliette CHASTANET



TABLE DES MATIÈRES

- Contexte et objectifs
- Phénomènes de biodégradation
- Adaptation équations de transfert et étude de sensibilité
- Modélisation numérique
- Bilan et perspectives



Contexte et objectifs

- La **qualité de l'air intérieur** est un enjeu sanitaire majeur de la construction / réhabilitation
- Construire sur des sites à passif environnemental nécessite **l'analyse de la compatibilité sanitaire avec l'état des terrains** (EQRS en lien avec la Méthodologie Nationale SSP, 2017)
- Recours à la modélisation prospective des impacts des pollutions de sols/nappe

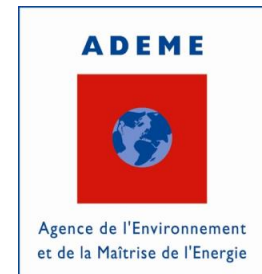
.... MAIS

- En présence de pollutions de type hydrocarbures (BTEX, HAP, alcanes ...), la biodégradation aérobie dans les terrains n'est que peu prise en compte **car** Absence d'outil calculatoire adapté au format EQRS

OBJECTIF -> Développer des outils permettant la prise en compte de ces phénomènes

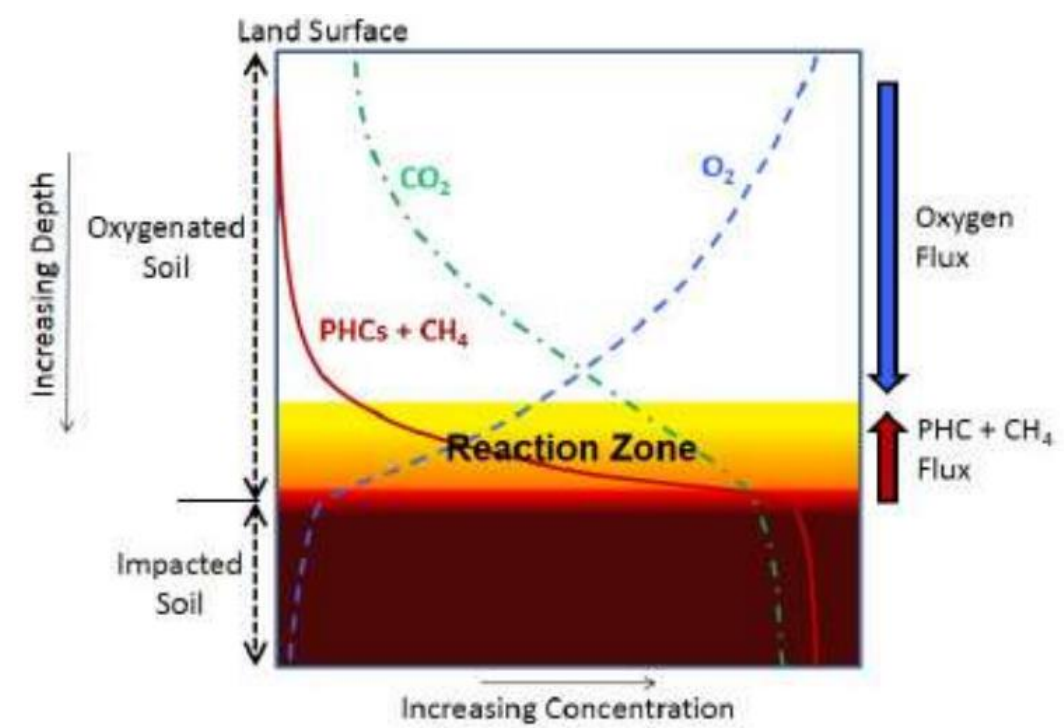
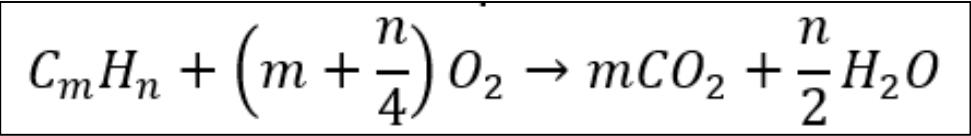
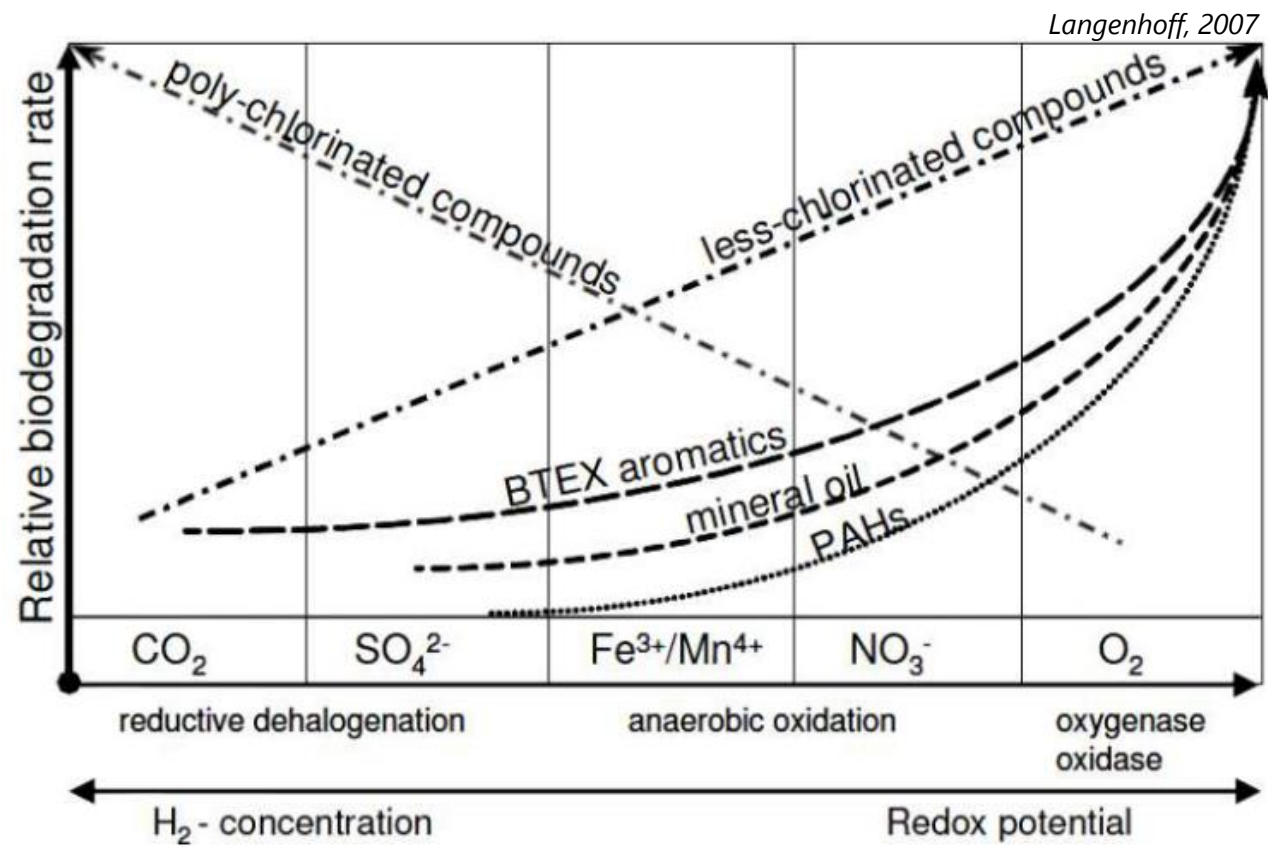


**Projet
CARACTAIR**



Biodégradation aérobie des hydrocarbures

Conditions de dégradation des hydrocarbures



Méthode de calcul de biodégradation

$$\alpha = \frac{C_{indoor}}{C_{source}}$$

prenant en compte la

Prise en compte de la biodégradation aérobie par constante de 1^{er} ordre

Introduction dans l'équation de conservation de la masse d'un terme spécifique R



Approche simplificatrice de cette biodégradation par une constante de 1^{er} ordre

$$R = \theta_w \cdot \lambda \cdot C_w$$

R : taux de dégradation de la molécule (mg/m³/h)

λ : constante de dégradation de premier ordre (1/h)

C_w : concentration dans l'eau du sol (mg/m³)

θ_w : Teneur en eau du sol (-)

λ : nombreuses données dans la littérature

De Vaull (2007, 2011), US-EPA, Abreu et al. (2009a et b), Abreu et Johnson 2006

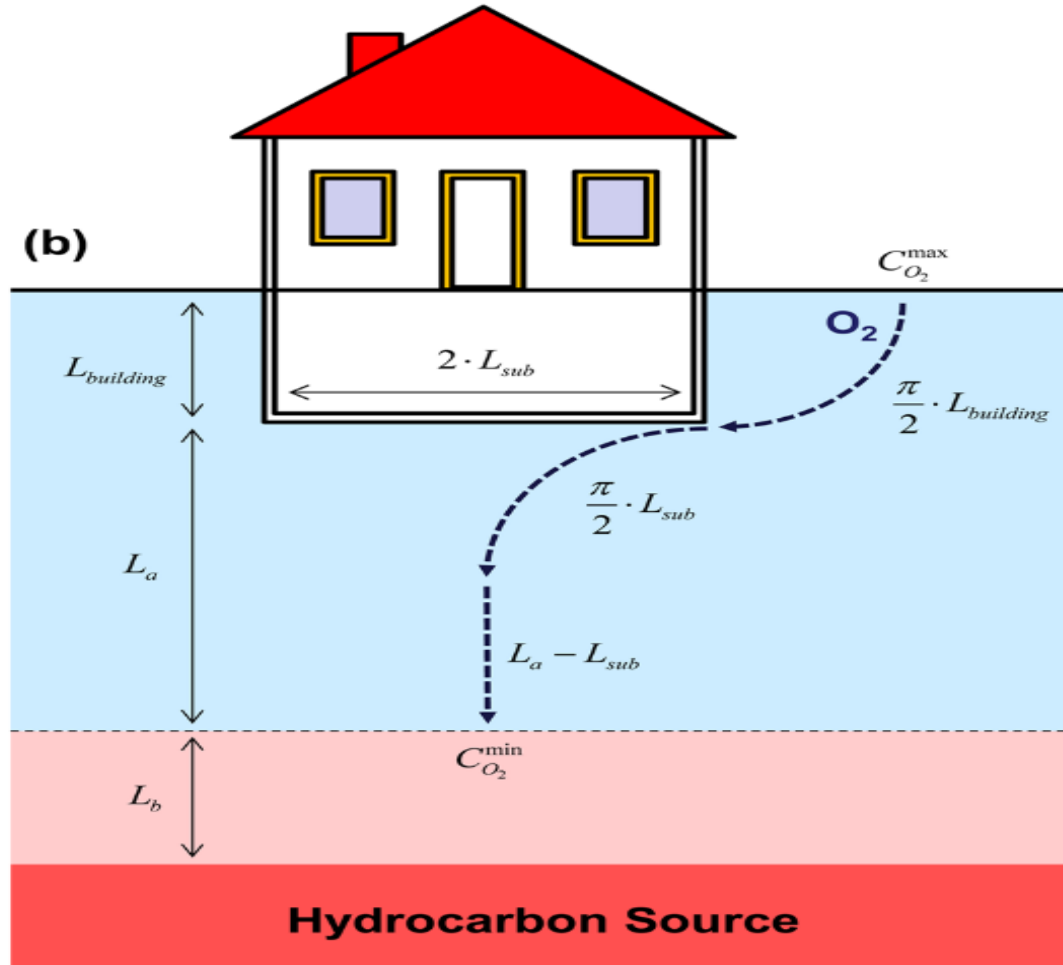
Aromatic Hydrocarbons

$$k_w = 0.48 \text{ /hr (0.08 to 3.0)}$$

$$k_w = 40 \text{ /hr (7.8 to 205)}$$

Aliphatic Hydrocarbons

Modélisation analytique tenant compte de la biodegradation aérobie et adaptations réalisées



Éléments modifiés

- Conditions d'alimentation en oxygène
- Méthode itérative de calcul de La
- Méthode de calcul du flux d'hydrocarbures vers l'air intérieur

(dallage indépendant remplacé par des caractéristiques de dallage équivalent)

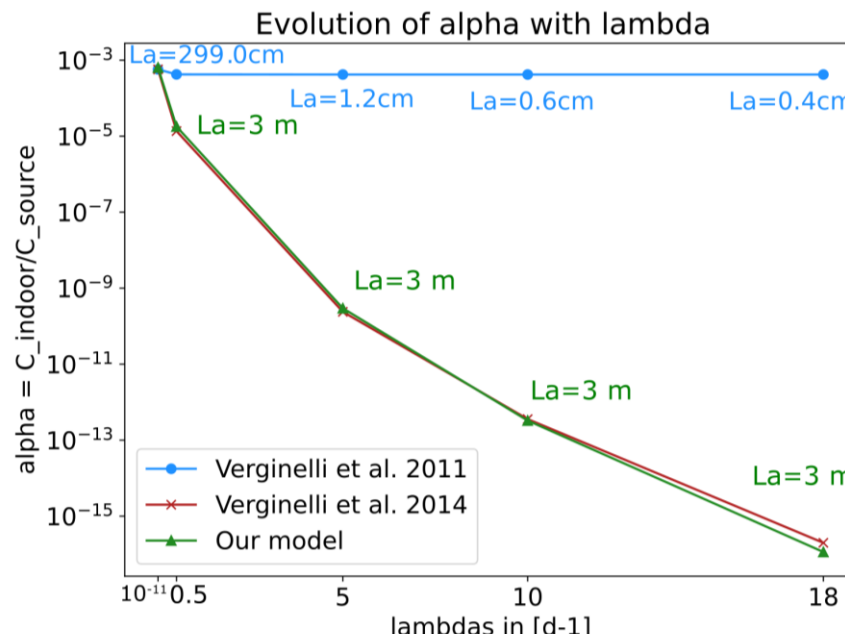
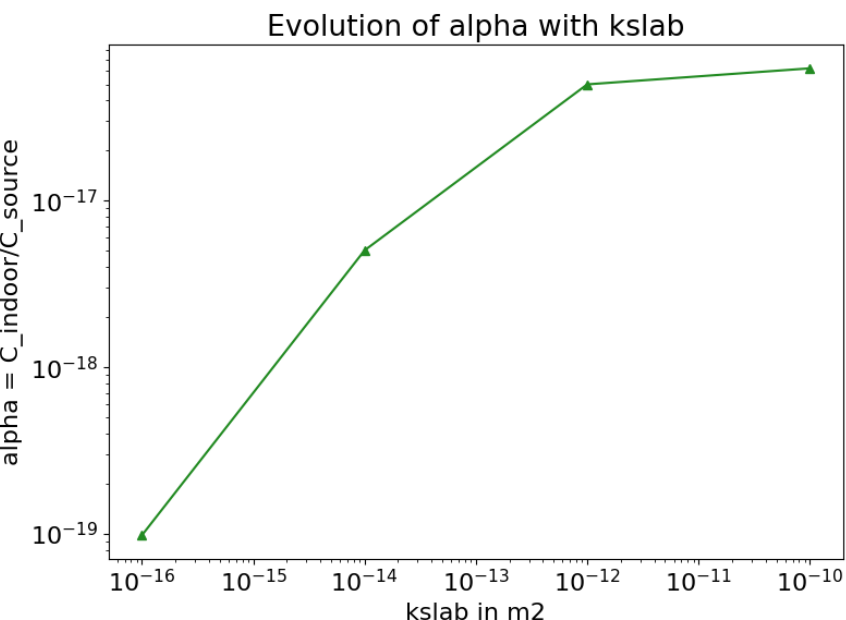
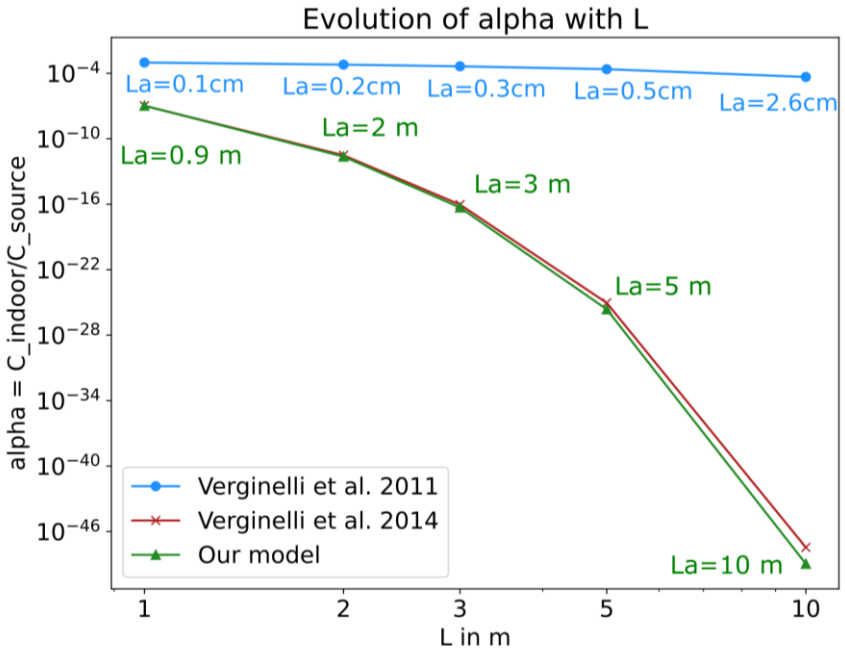
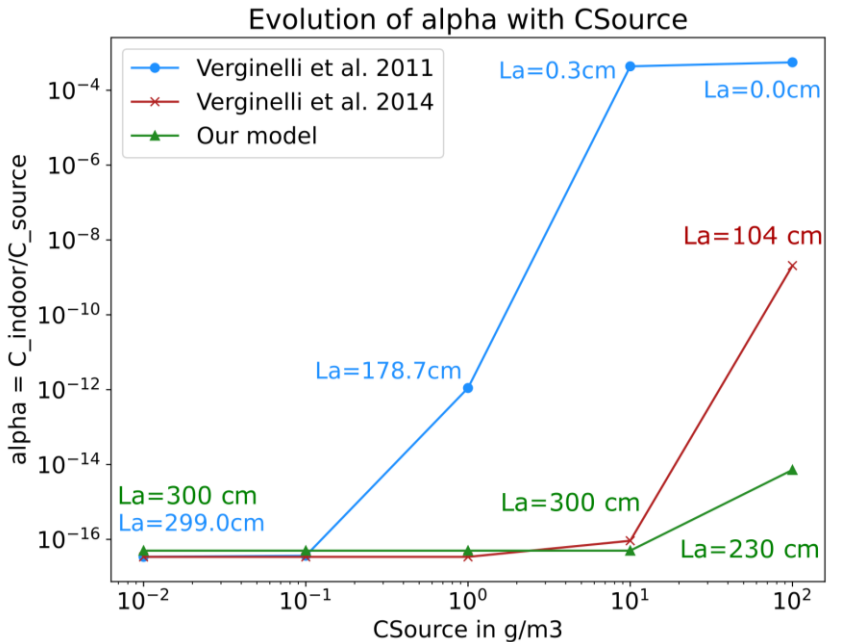
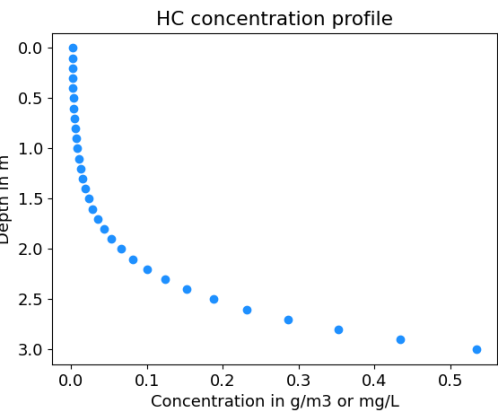
Travail par étape afin de valider par comparaison aux articles sources

Résultats : Etude de sensibilité de α

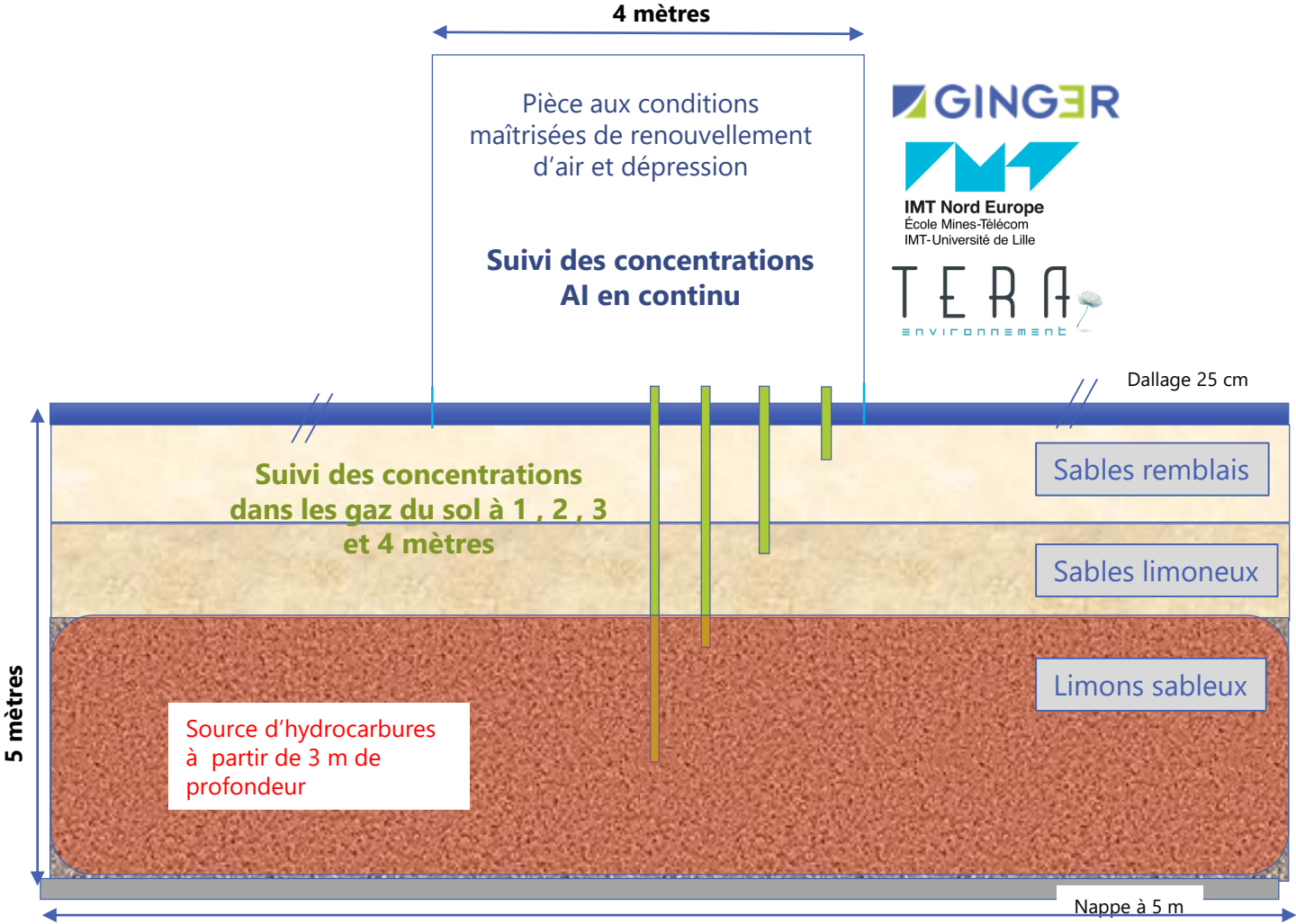
Paramètres utilisés :

$\lambda = 0.79 \text{ h}^{-1}$
 $C_{\text{source}} = 10 \text{ g/m}^3$
 $L = 3 \text{ m}$
 $K_{\text{slab}} = 1\text{e-}12 \text{ m}^2$
 $Q_s = 5\text{e-}5 \text{ m}^3/\text{s}$

Flux O2 plus important que demande en O2 -> La maximal

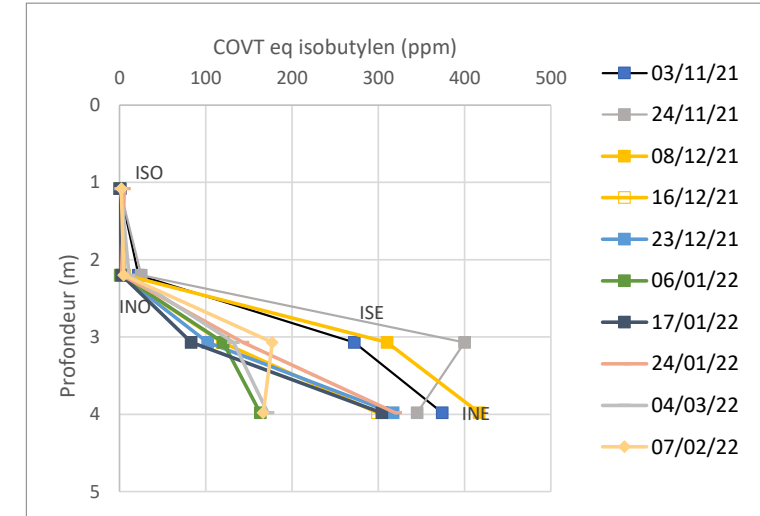
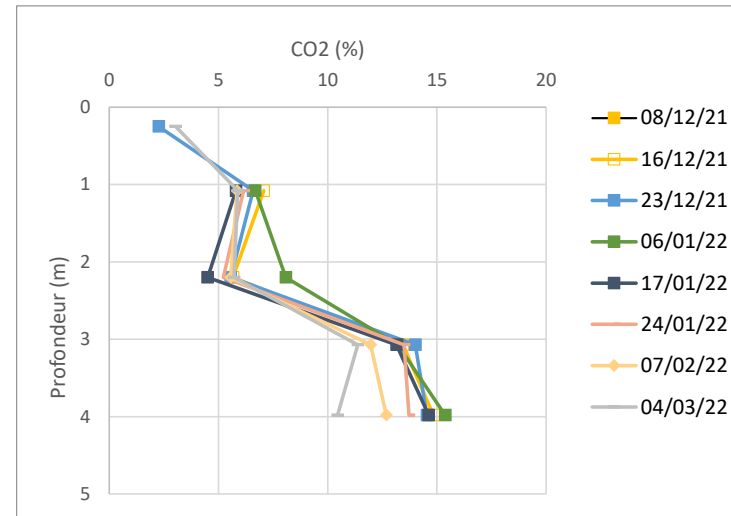
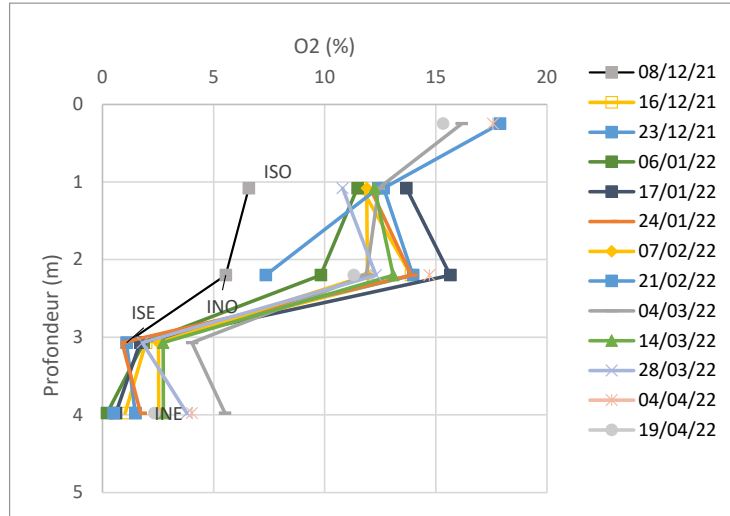


Application à un site atelier

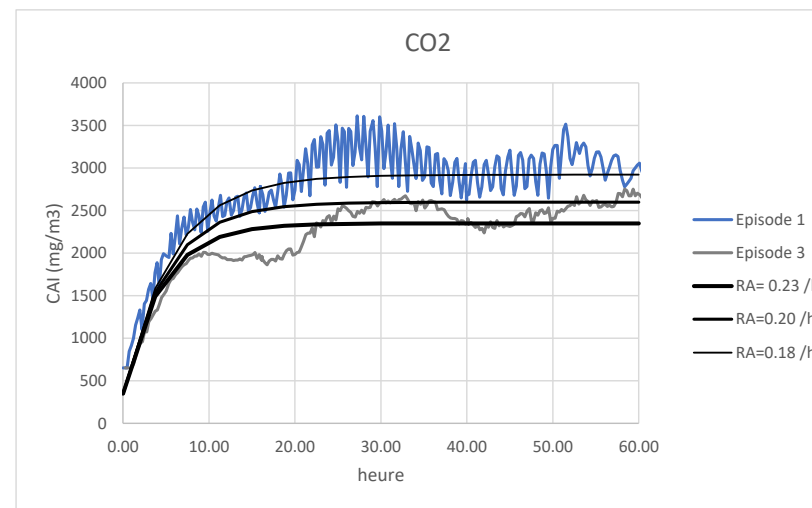
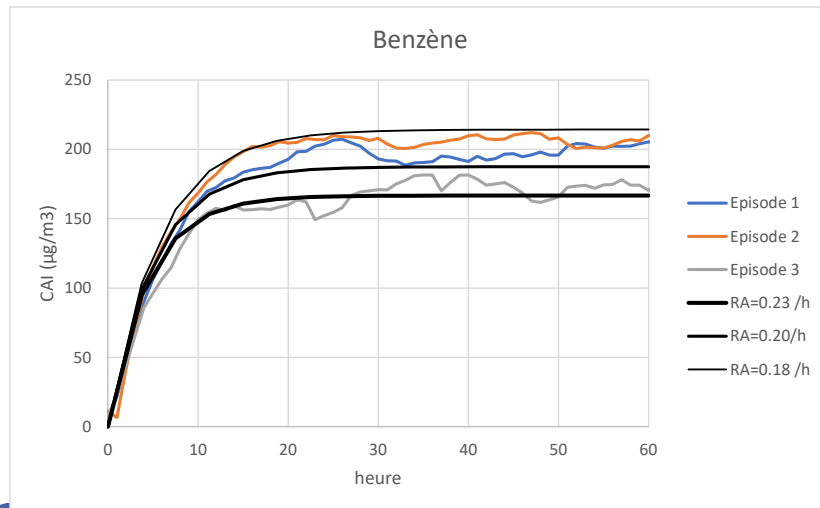


Concentrations Gaz du sol et Air intérieur mesurées

1- Profils GdS associés à une consommation HC, O₂ et production de CO₂



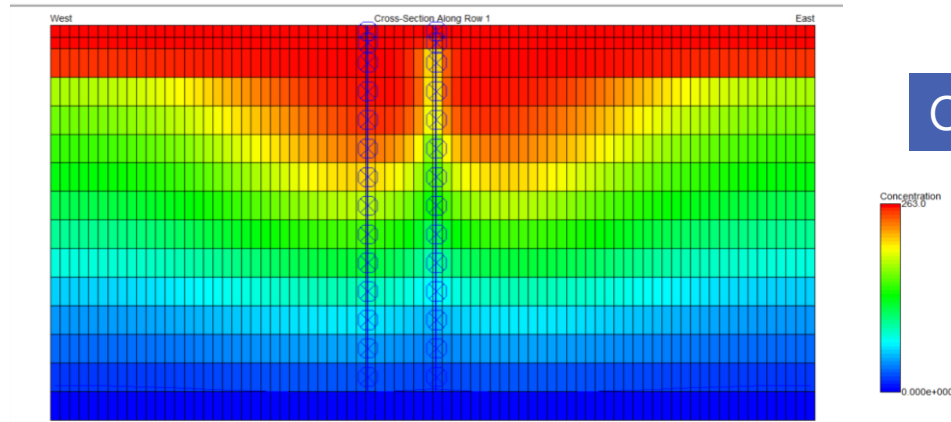
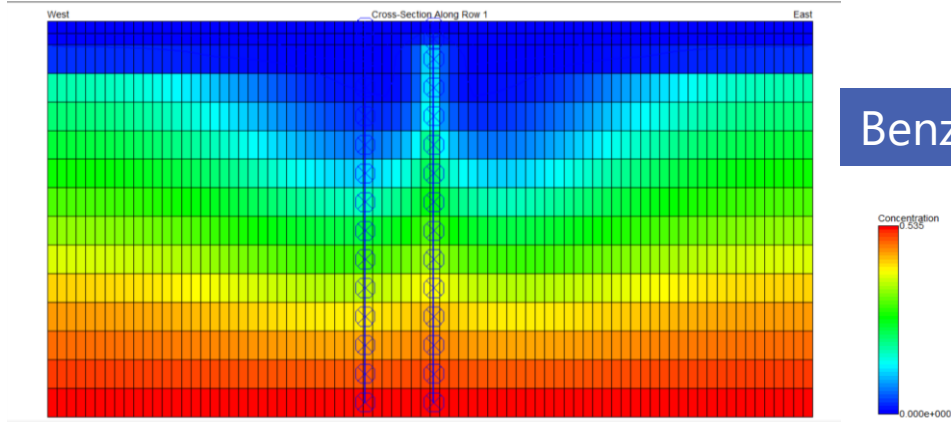
2- Evolution des concentrations dans l'air intérieur lors des essais



**Evaluation des
flux de polluants
et facteurs
d'atténuation α**

Modélisation CFD

Sans biodégradation



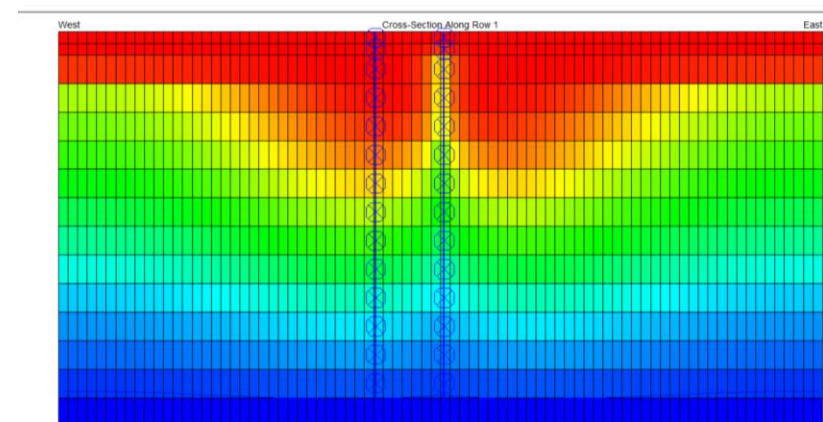
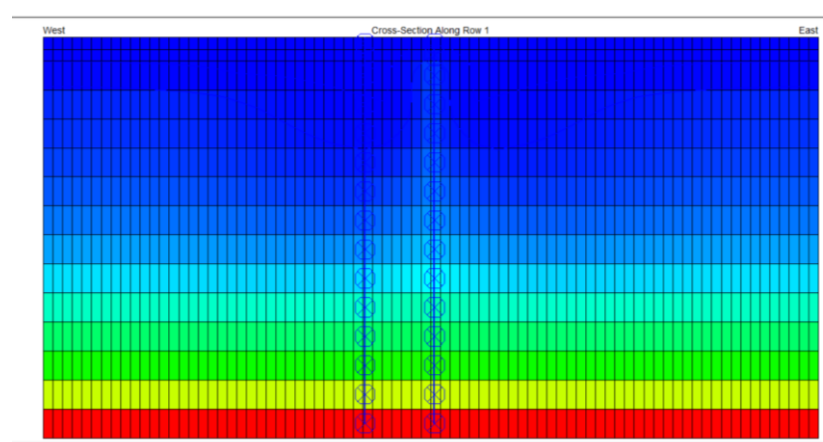
Flux calculé Benzène > mesures

Modèle = 80000 µg/h - $\alpha = 2.10^{-3}$

Mesure = 1500 µg/h - $\alpha = 4.10^{-5}$

Avec biodégradation

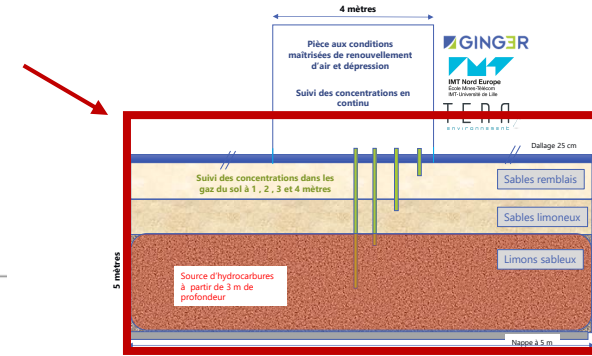
$$\lambda = 2 \text{ j}^{-1}$$



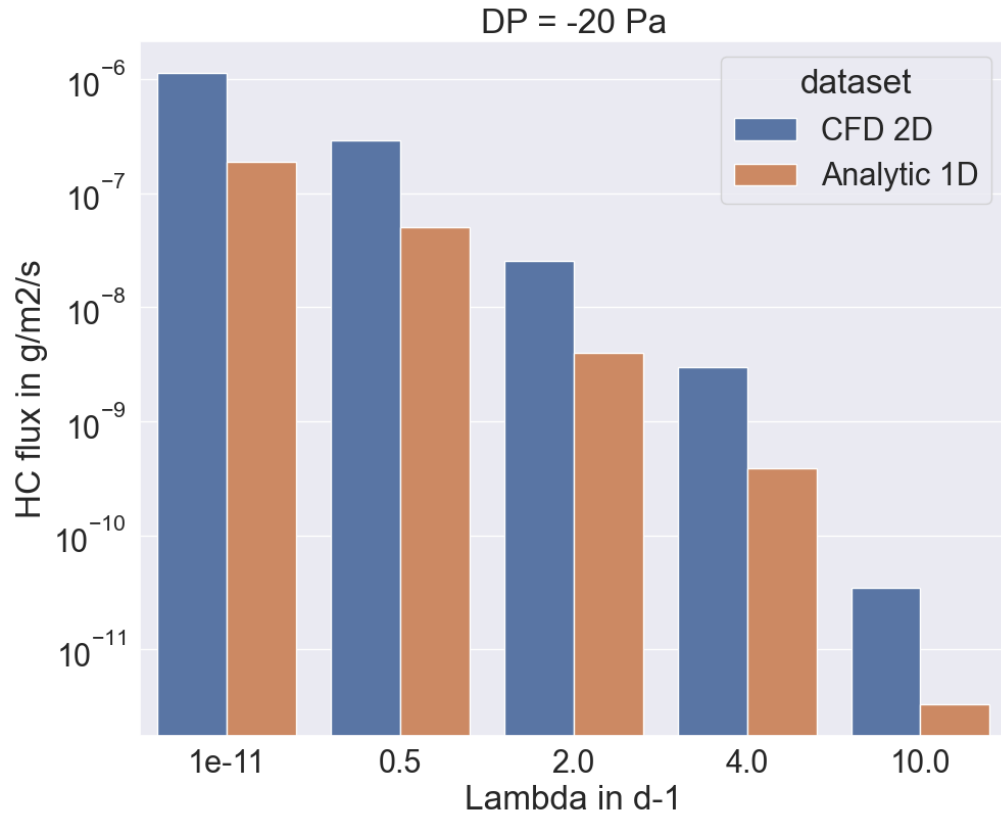
Flux calculé Benzène calé

Modèle = 1480 µg/h

Mesure = 1500 µg/h



Confrontation Analytique - CFD

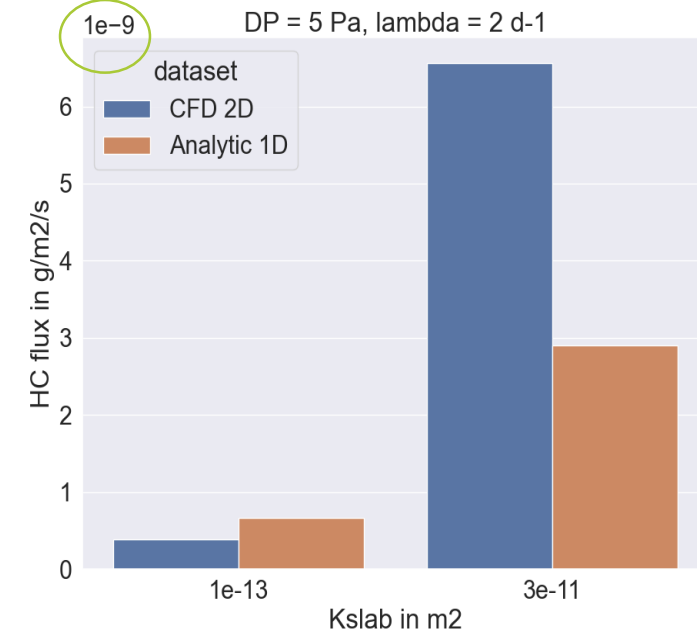
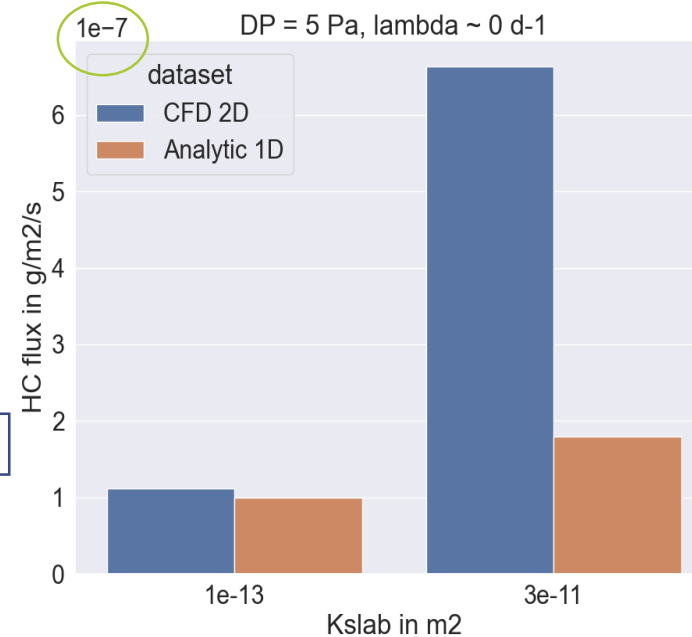


Influence de λ à dP fixé

- mêmes ordre de grandeurs et globalement même sensibilité,
- CFD conduit à des valeurs plus élevées.

Influence de la perméabilité de la dalle avec/sans biodégradation

- Même ordres de grandeurs, réponse plus sensible avec CFD



Bilan et perspectives

Outil de modélisation analytique développé adapté aux besoins dans le cadre de la gestion des sites et sols pollués (multi-lithologies, dallage indépendant ou dalle portée, paramétrisation suivant les règles de l'Art des EQRS)



Incidence potentiellement très importante de la biodégradation sur les facteurs d'atténuation entre Gaz du Sol et Air Intérieur nécessite :

- i) Mise en évidence le rôle de la biodégradation aérobie par des diagnostics spécifiques
- ii) S'assurer que les aménagements ne vont pas modifier les phénomènes

PERSPECTIVES

- Préciser les diagnostics nécessaires à l'utilisation de ces modèles intégrant la biodégradation aérobie
- Intégrer à la modélisation la biodégradation anaérobie



Merci de votre attention

Contact : s.traverse@groupeginger.com – 06.70.71.87.82.

Travail réalisé dans le cadre du
projet CARACTAIR co-financé
par l'ADEME (GESIPOL 2019)

