



Redonnons au sol sa valeur

Comparatif multi-échelle de l'efficacité de plusieurs méthodes de traitement sur des pollutions hydrocarbonées

Florie JOUSSE

Fondation INNOVASOL, Université de Bordeaux, Pessac, France

Colloque Innovasol 2015

Palais des congrès d'Arcachon

6 octobre 2015

www.innovasol.org

Problématique

- Comparaison des techniques *in-situ* pour le traitement de sols contaminés par des polluants organiques de type hydrocarbures

- ✓ ~~PerO~~ Sulfate activé Fer(II)
- ✓ ~~Lauryl~~ Tween80
- ✓ ~~Sparging~~ couplé Ozone
- ✓ ~~Lauryl~~ tensio-actif



Essais en Batches



Essais sur pilote 3D

Conclusion - Essais sur Batches

- Inefficacité du permanganate de potassium sur le benzène (Waldemer & Tratnyek, 2006)

- ✓ Oxydant écarté pour la suite des tests

- Mise en évidence de l'influence du temps sur l'efficacité du Persulfate activé au Fer(II)

- ✓ (Crimi *et al.*, 2007, Liang *et al.*, 2008, Ko *et al.*, 2012)

- Effet NOD



- ✓ Diminution de la dégradation des polluants en présence de matière organique (Liang *et al.*, 2003)
- ✓ Sorption des polluants (Lindsey and Tarr., 2000, Biacocchi *et al.*, 2003 et Kanel *et al.*, 2003)

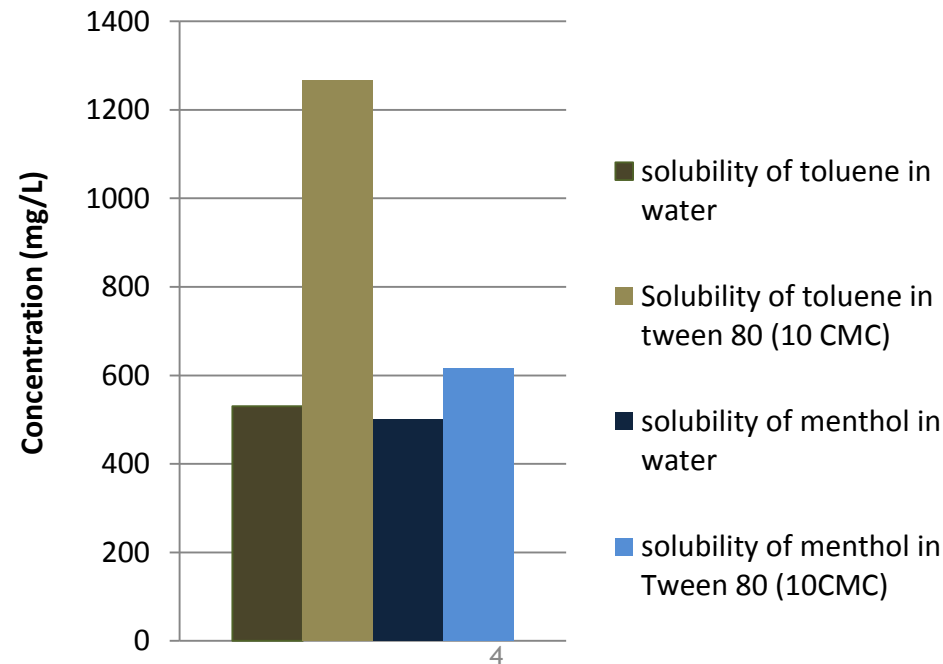
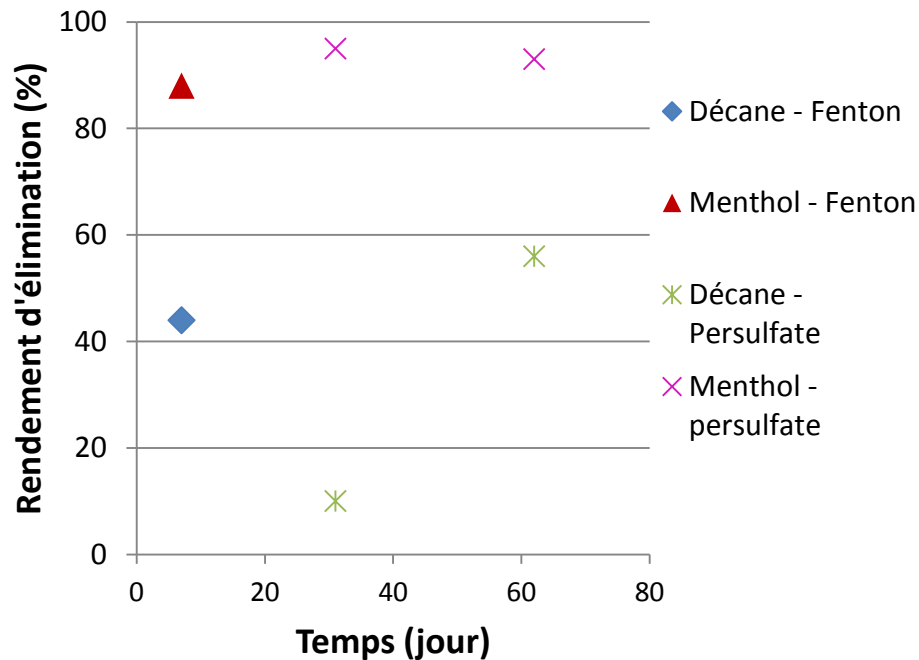


- ✓ Augmentation des rendements du persulfate et du réactif de Fenton due à la présence d'oxydes de minéraux (Kong *et al.*, 1998, Usman *et al.*, 2012)

Essais sur colonnes - Facteurs limitant

Injection liquide

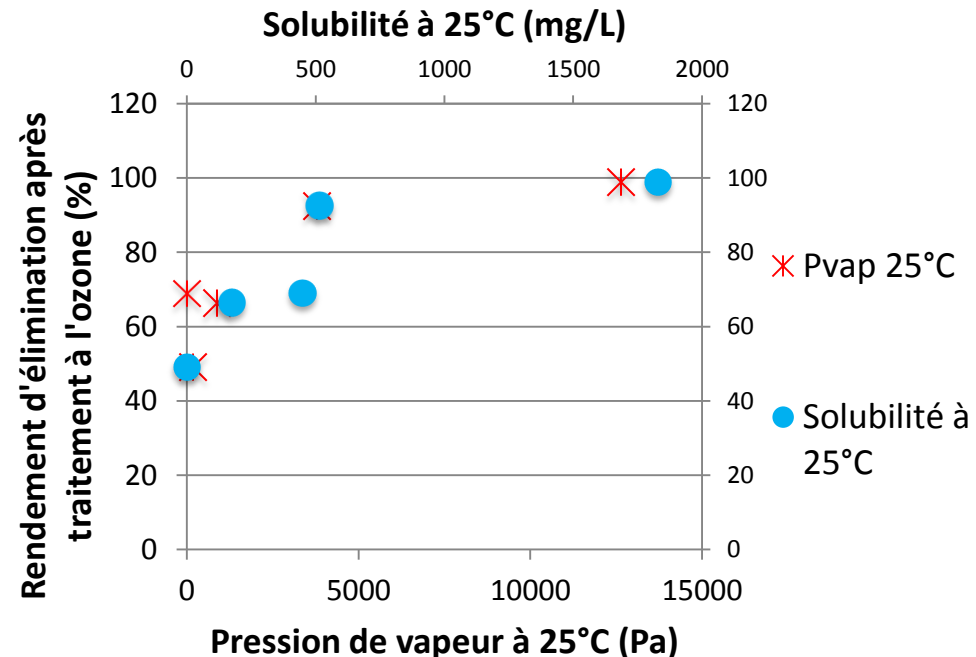
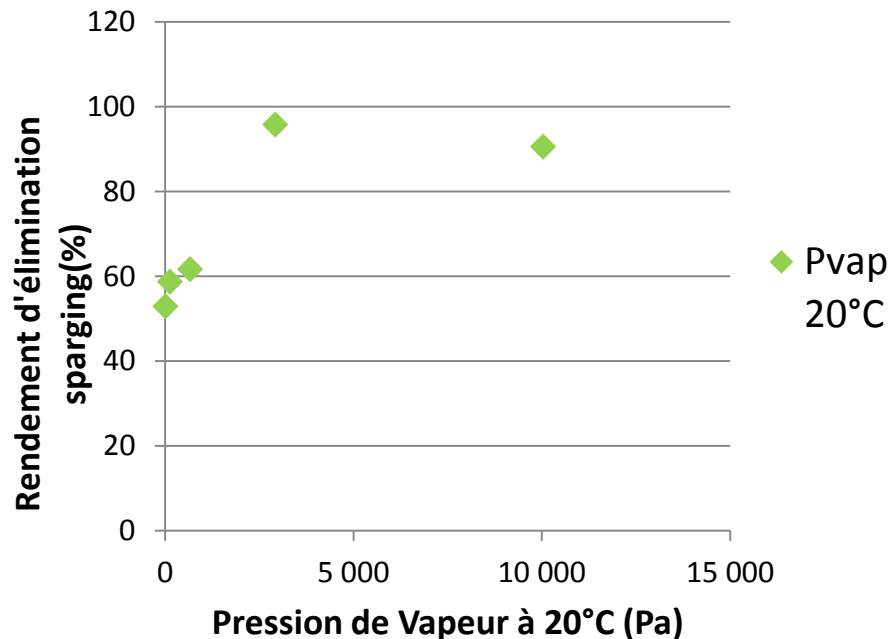
- ✓ L'injection d'oxydant liquide permet une répartition optimale à travers le milieu poreux
- ✓ Meilleur contact polluant soluble/oxydant
- ✓ Le tensio-actif Tween80 ne permet pas la solubilisation du mélange décane/menthol



Essais sur colonnes - Facteurs limitant

Injection de Gaz

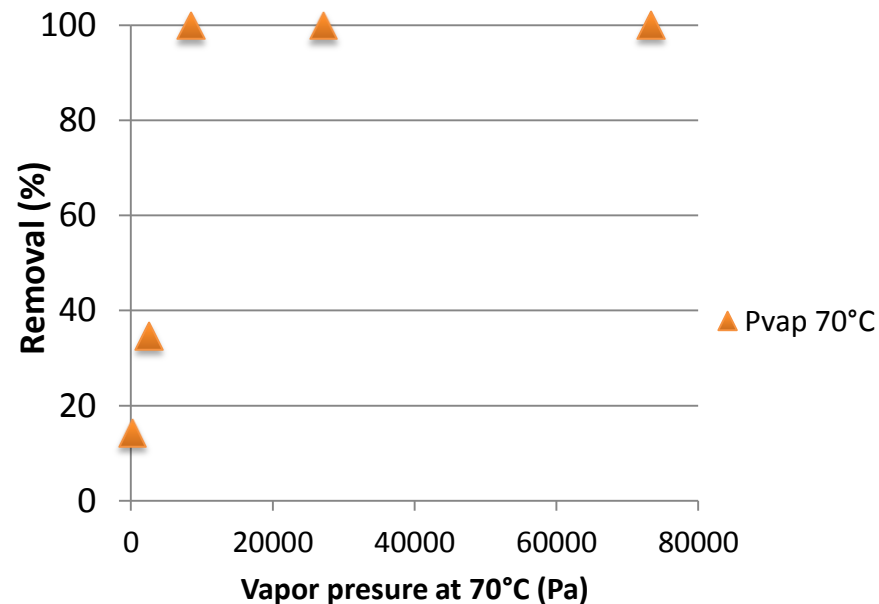
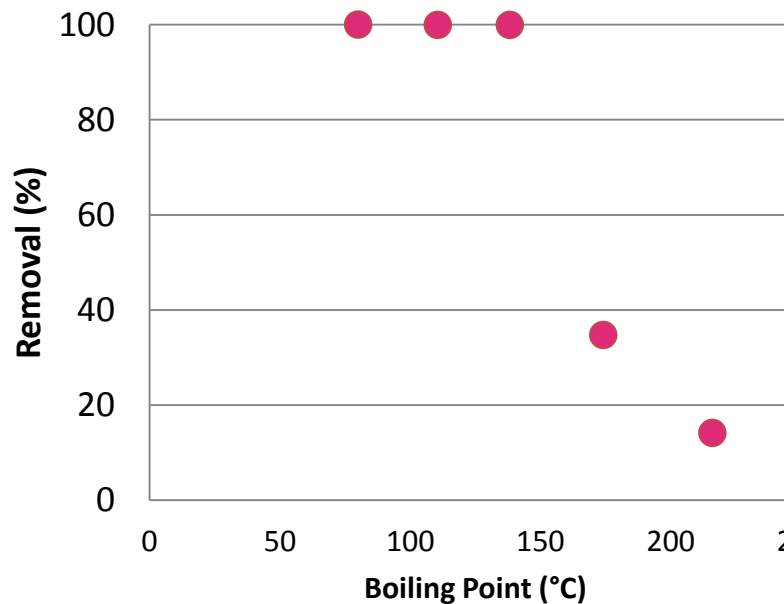
- ✓ Faible élimination du mélange décane/menthol due à leur faible pression de vapeur
- ✓ Forte élimination des composés possédant une pression de vapeur > 670 Pa à 25°C (Semer *et al.*, 1999)



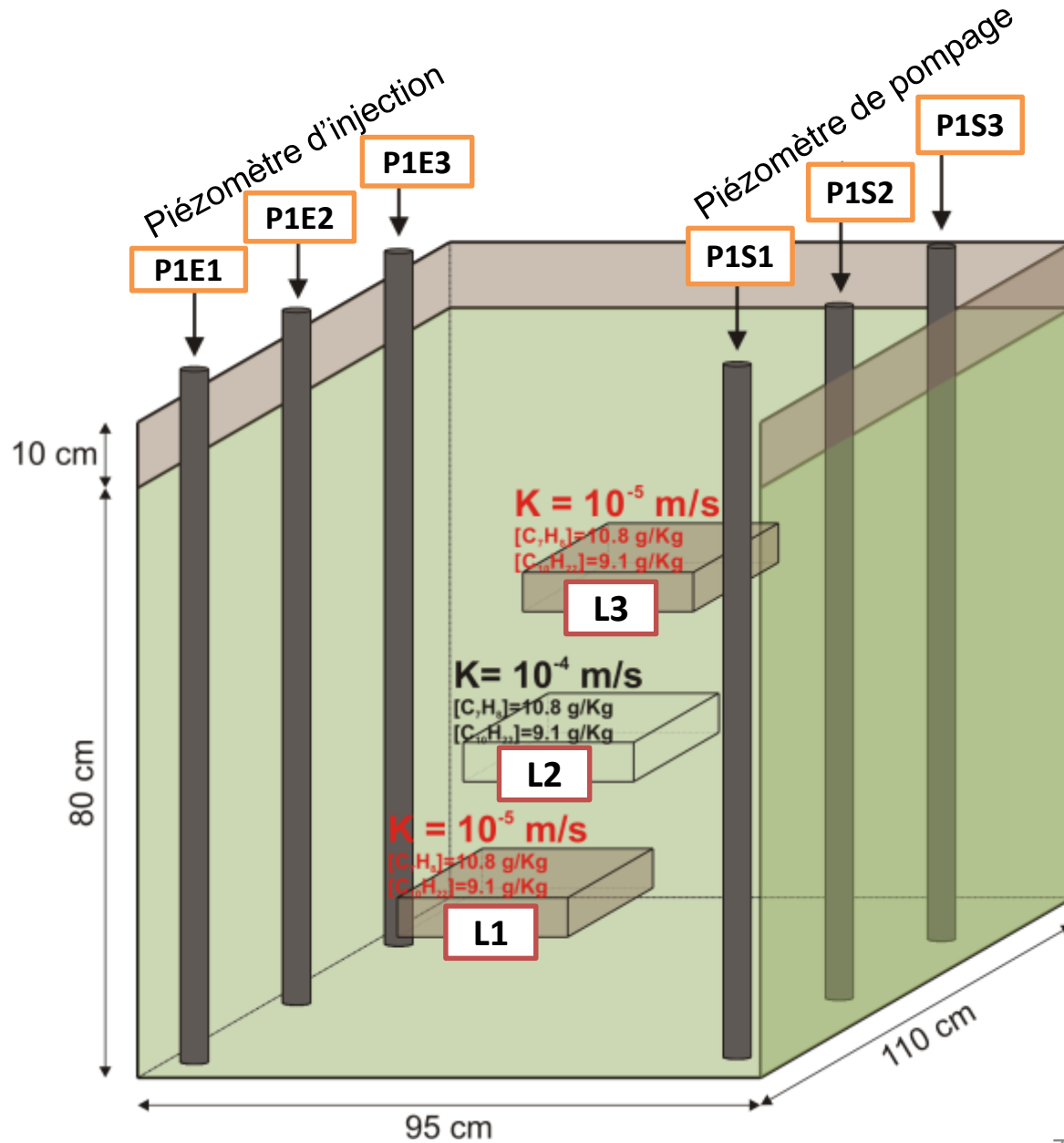
Essais sur colonnes - Facteurs limitant

Traitement thermique

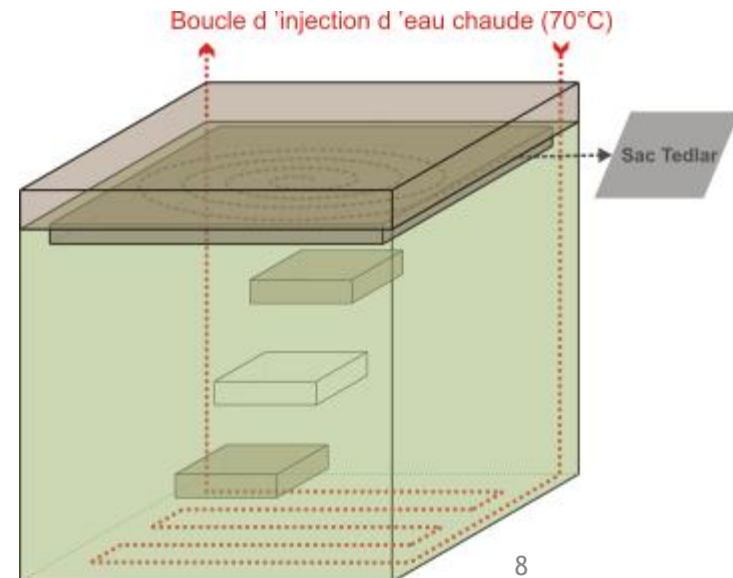
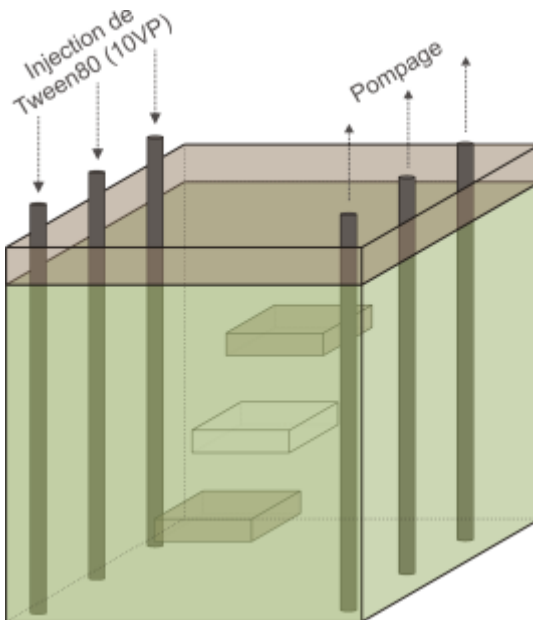
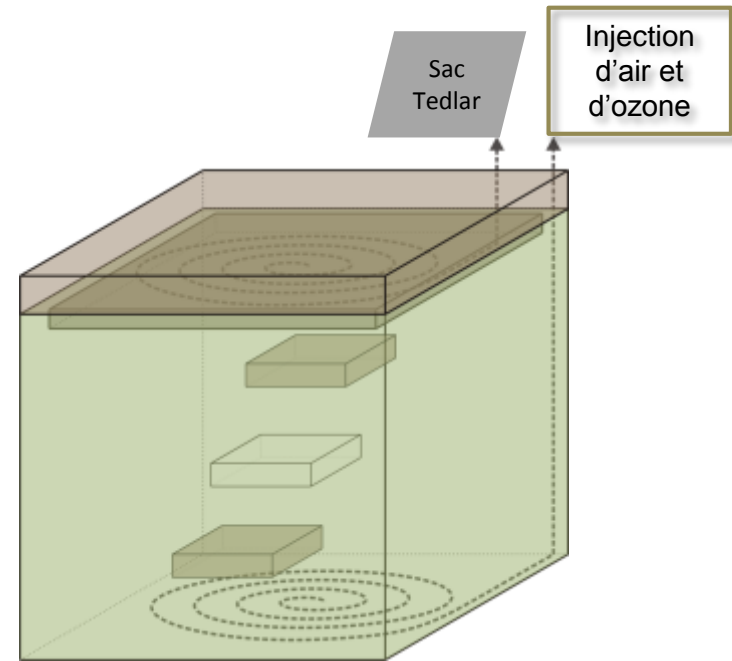
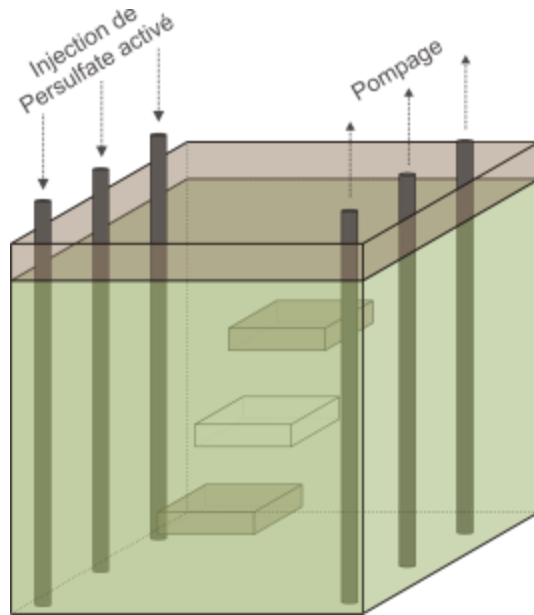
- ✓ Traitement efficace sur les composés possédant une T° d'ébullition faible et une P_{vap} élevée
- ✓ Volatilisation des polluants à T° inférieure à leur T° d'ébullition : modification des propriétés physico-chimiques des polluants (Jonhson *et al.*, 2004)



Pilote 3D



Pilote 3D - Traitements appliqués

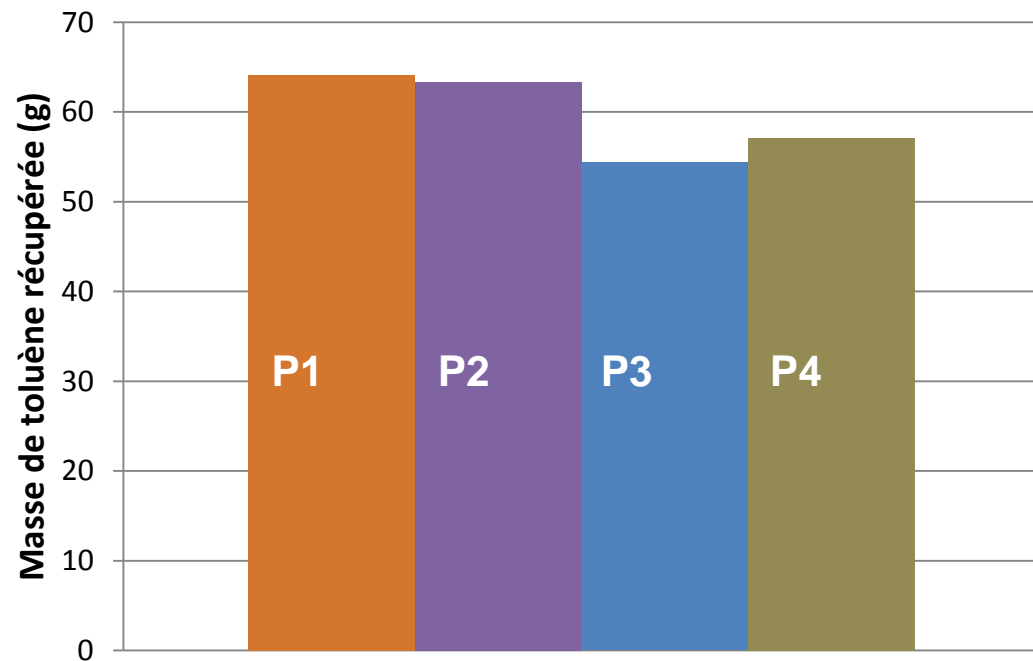


Pilote 3D - Mise en eau

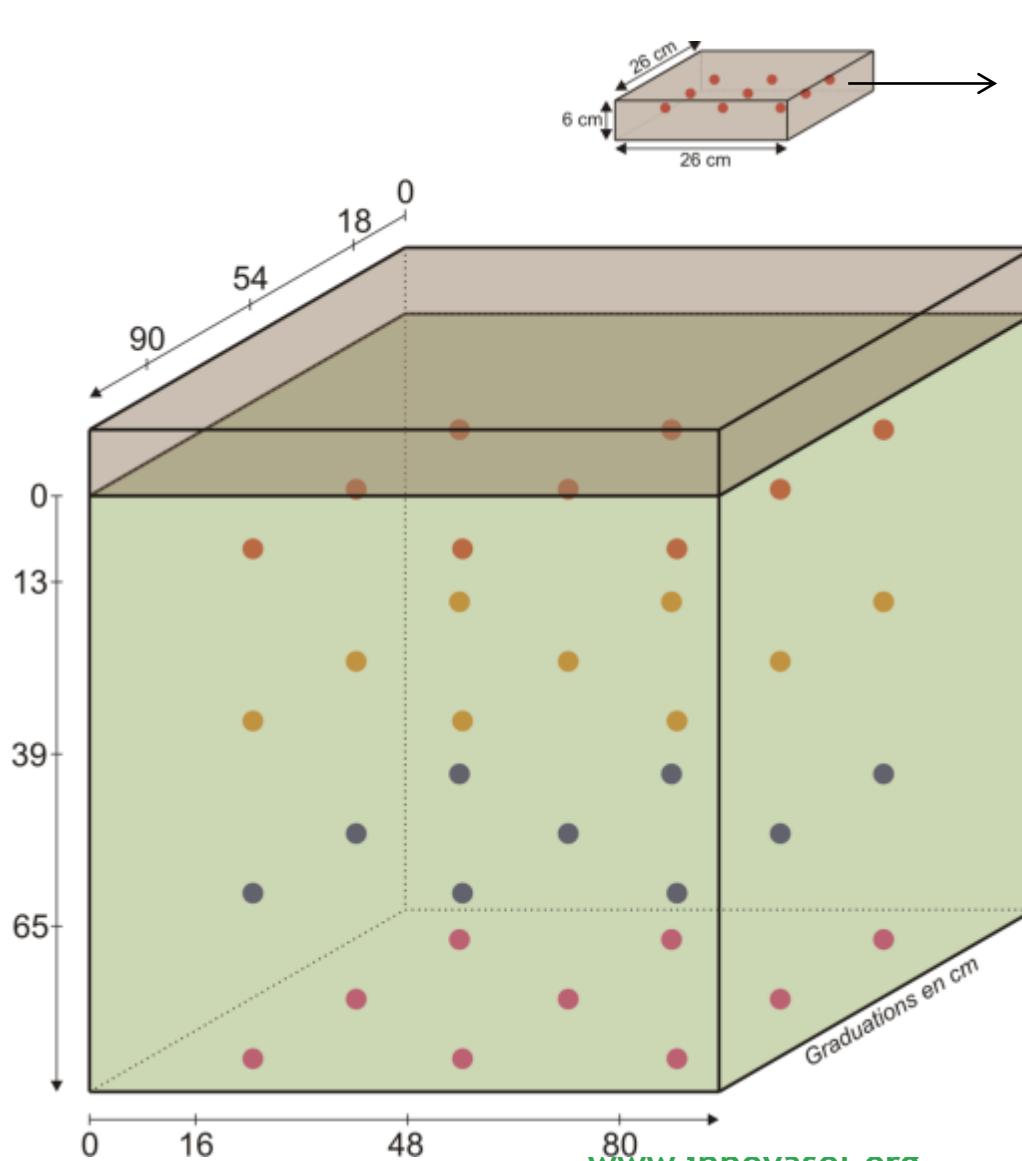
- Longue période d'injection d'eau pour lessiver le toluène (56 g) contenu dans la seconde lentille (sable perméable)
- Durée d'injection d'eau : environ 80 jours
- Débit d'eau : 45 L/jours



Mise en eau – Pilote 1 à 4 avant traitement



Pilote 3D - Plan d'échantillonnage après traitement



Prélèvements de 9 échantillons sur les deux lentilles de plus faible perméabilité

✓ Prélèvements d'échantillons de sols sur les tranches de sols où sont disposées les lentilles polluées

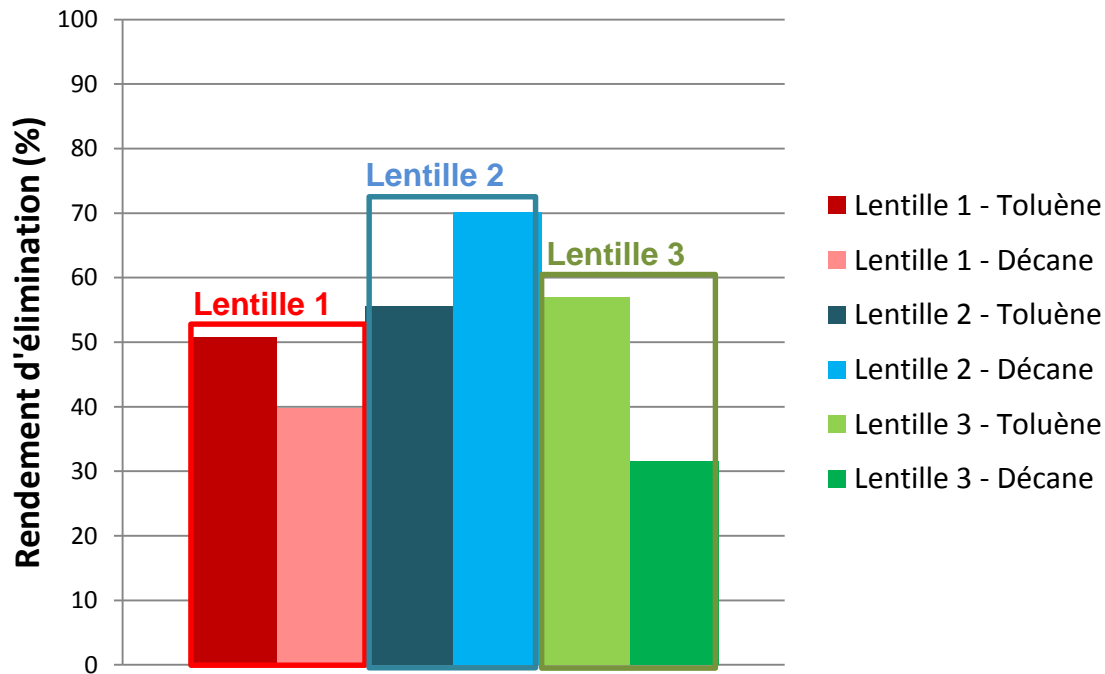
✓ Prélèvement au fond uniquement sur le pilote traité au persulfate activé

[illegible]

Pilote 3D - Persulfate activé

- Rendement d'élimination proche entre les 3 lentilles
- Pour L1 et L3 le toluène est majoritairement éliminé
- Rendement plus faible que sur colonne
 - ✓ sur les lentilles de faible perméabilité
 - ✓ sur la lentille perméable

Effet densitaire du persulfate?

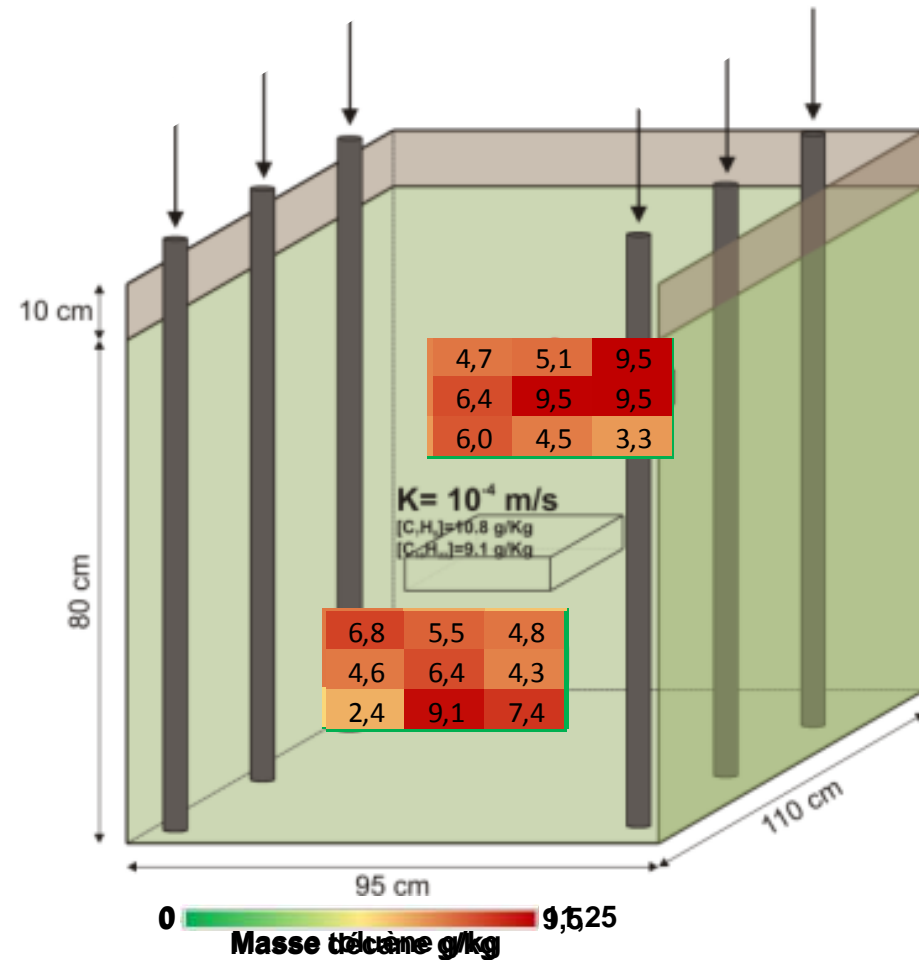


Pilote 3D - Persulfate activé

Sens de l'écoulement

13	15	10
13	15	15
13	15	10

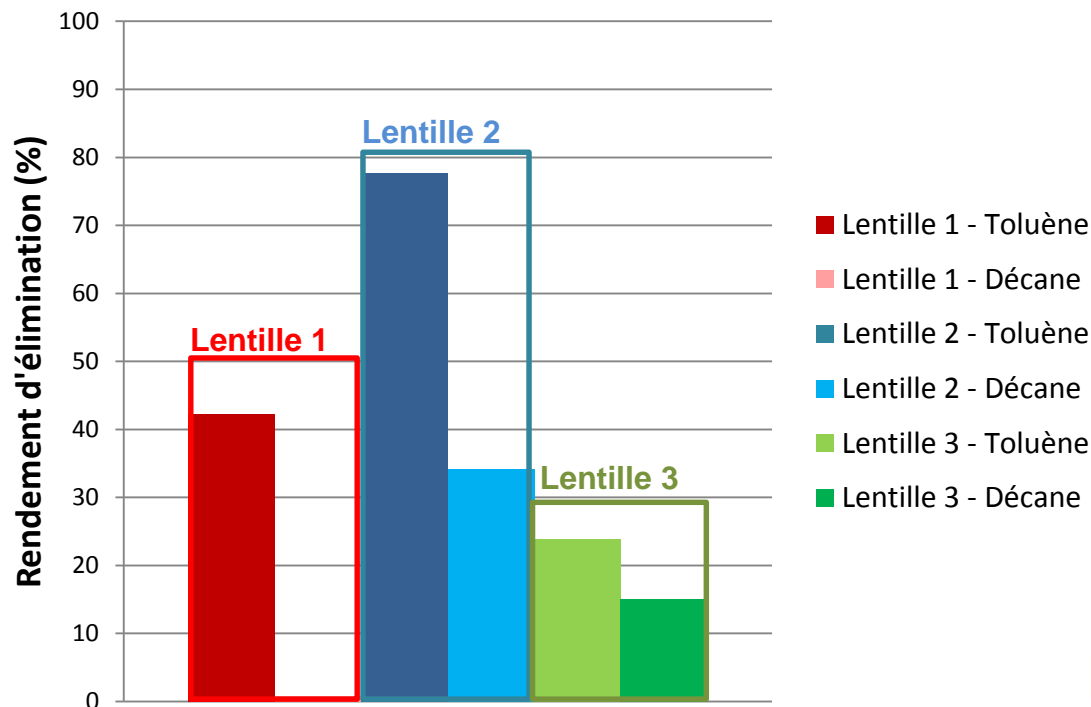
Concentration en persulfate (g/L)
Prélèvements effectués au fond du pilote (90cm)



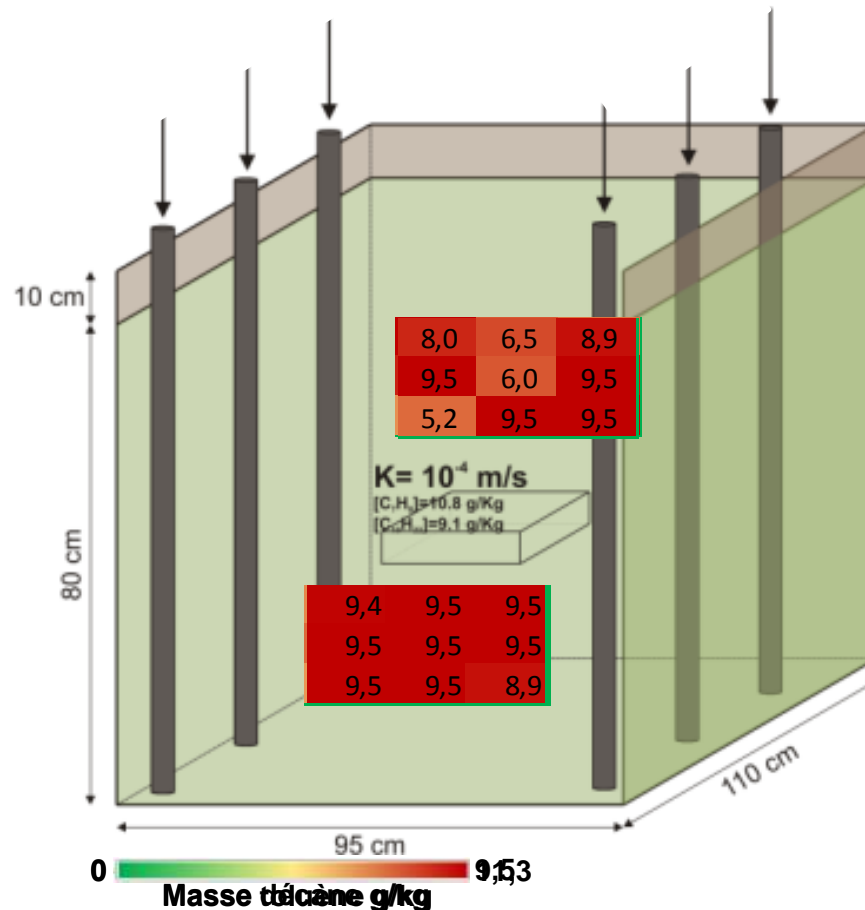
- Probable effets densitaires car $[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8]$ élevée au fond du pilote
- Transport vertical du haut vers le bas du pilote
 - ✓ Distribution du persulfate dans les 3 lentilles

Pilote 3D - Lavage Tween80

- Rendements d'éliminations faibles sur les lentilles 1 et 3
 - ✓ Faible perméabilité des lentilles
- Elimination du toluène dans la lentille perméable
 - ✓ Même phénomène que sur les colonnes



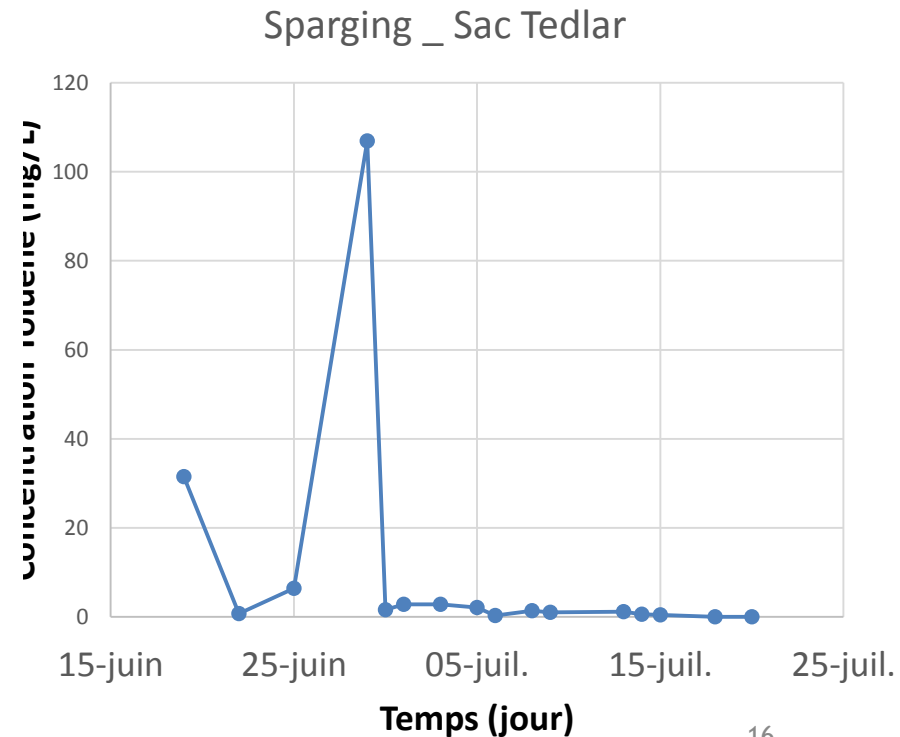
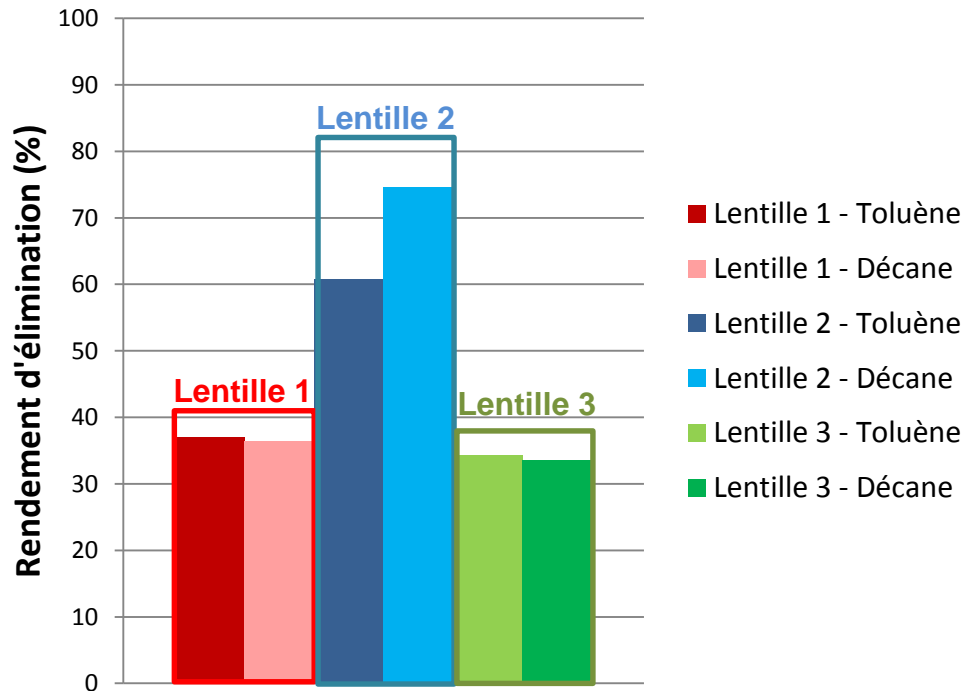
Pilote 3D - Lavage Tween80



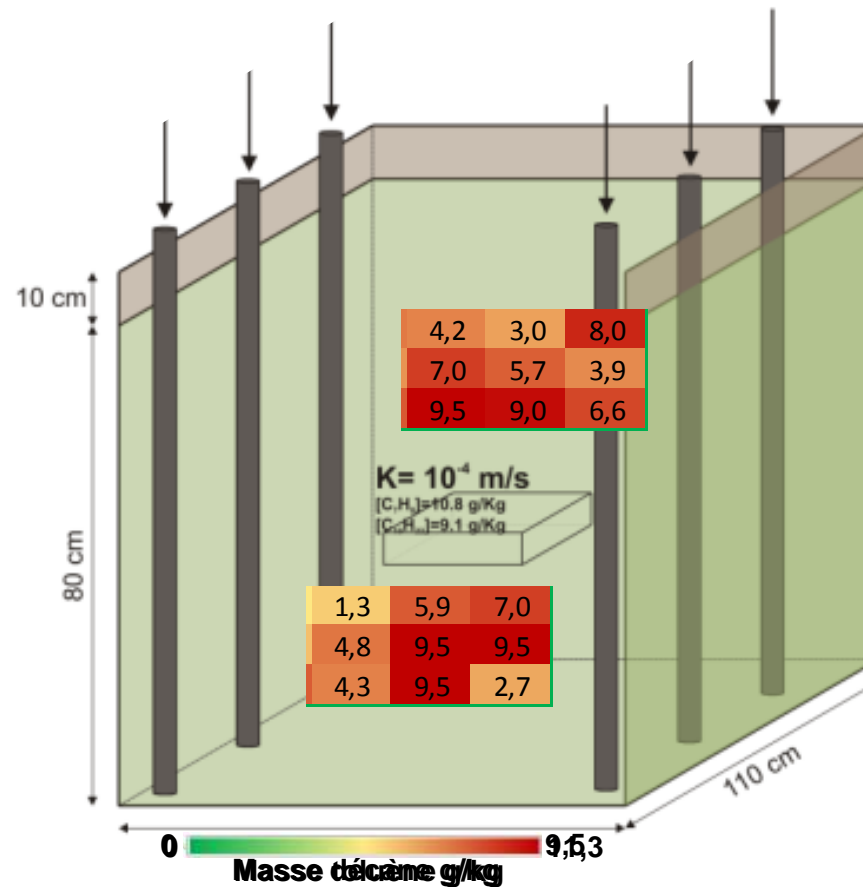
- Lentille 1 : Elimination du toluène sur les cotés de la lentille
- Transport des micelles difficile dans les zones de faible perméabilité
 - ✓ Rôle majeur de la perméabilité

Pilote 3D - Sparging couplé à l'ozone

- 🍷 Faible rendement sur les lentilles 1 et 3
 - ✓ Faible perméabilité
- 🍷 Pas de différence de rendement entre le toluène et le décane
- 🍷 Meilleure efficacité du traitement sur la lentille perméable



Pilote 3D - Sparging couplé à l'ozone

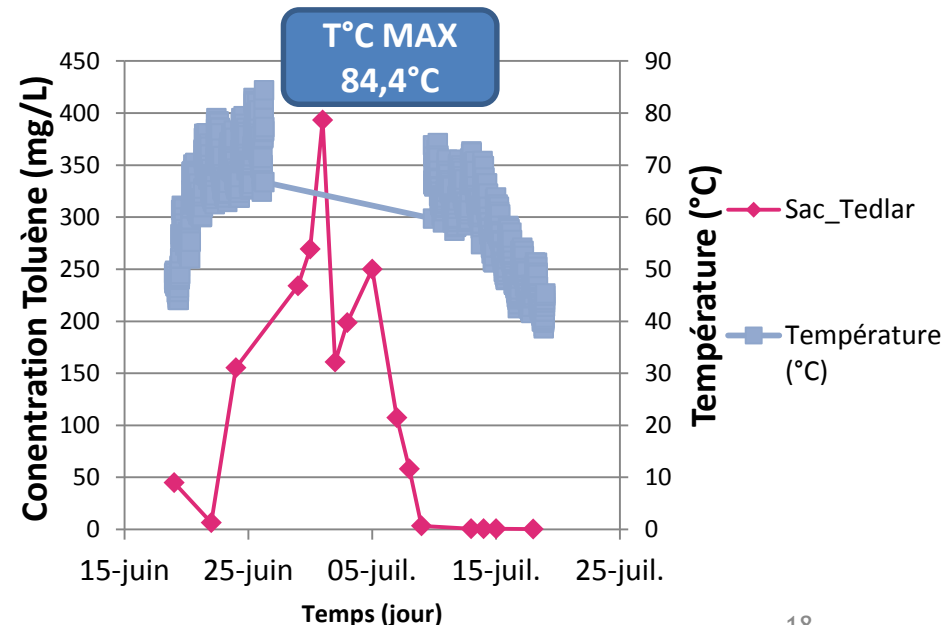
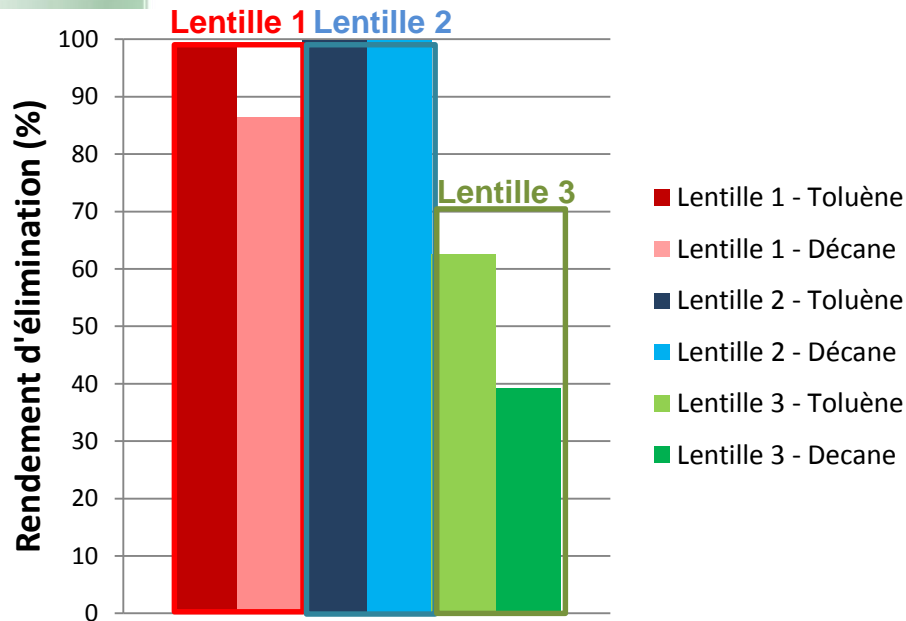


Ecoulement hétérogène du gaz dans les lentilles

- ✓ Bulles d'air influencées par l'hétérogénéité du milieu poreux

Pilote 3D - Traitement thermique

- Rendement d'élimination Toluène >98% sur L1
- Rendement L3 plus faible
 - ✓ Lentille éloignée de la source de chaleur
- Elimination du toluène supérieure au décane due à sa pression de vapeur plus élevée
- Suivie temporelle du toluène en sac Tedlar
 - ✓ corrélé avec l'augmentation de la température dans le pilote



Pilote 3D - discussion

Injection liquide/Gaz

- ✓ Rendements d'élimination inférieurs à ceux obtenus sur colonnes
- ✓ Hétérogénéité du milieu impacte l'écoulement de liquide ou de gaz
- ✓ Facteur limitant : présence de phénomènes hydrodynamiques

Traitement thermique

- ✓ Milieu chauffé de manière homogène
- ✓ Absence phénomènes hydrodynamiques
- ✓ Même observation que sur les colonnes
 - ✓ Volatilisation des polluants à T° inférieure à leur T° d'ébullition due à la modification des propriétés physico-chimique des polluants (Jonhson *et al.*, 2004)



Redonnons au sol sa valeur

Merci pour votre attention