

Utilisation d'un gel de polymère comme vecteur de réactif pour le développement d'un procédé innovant de traitement in situ - Résultats à l'échelle pilote

Julien MAIRE – julien.maire@serpol.fr
Antoine JOUBERT
Laurent MANSUELLE

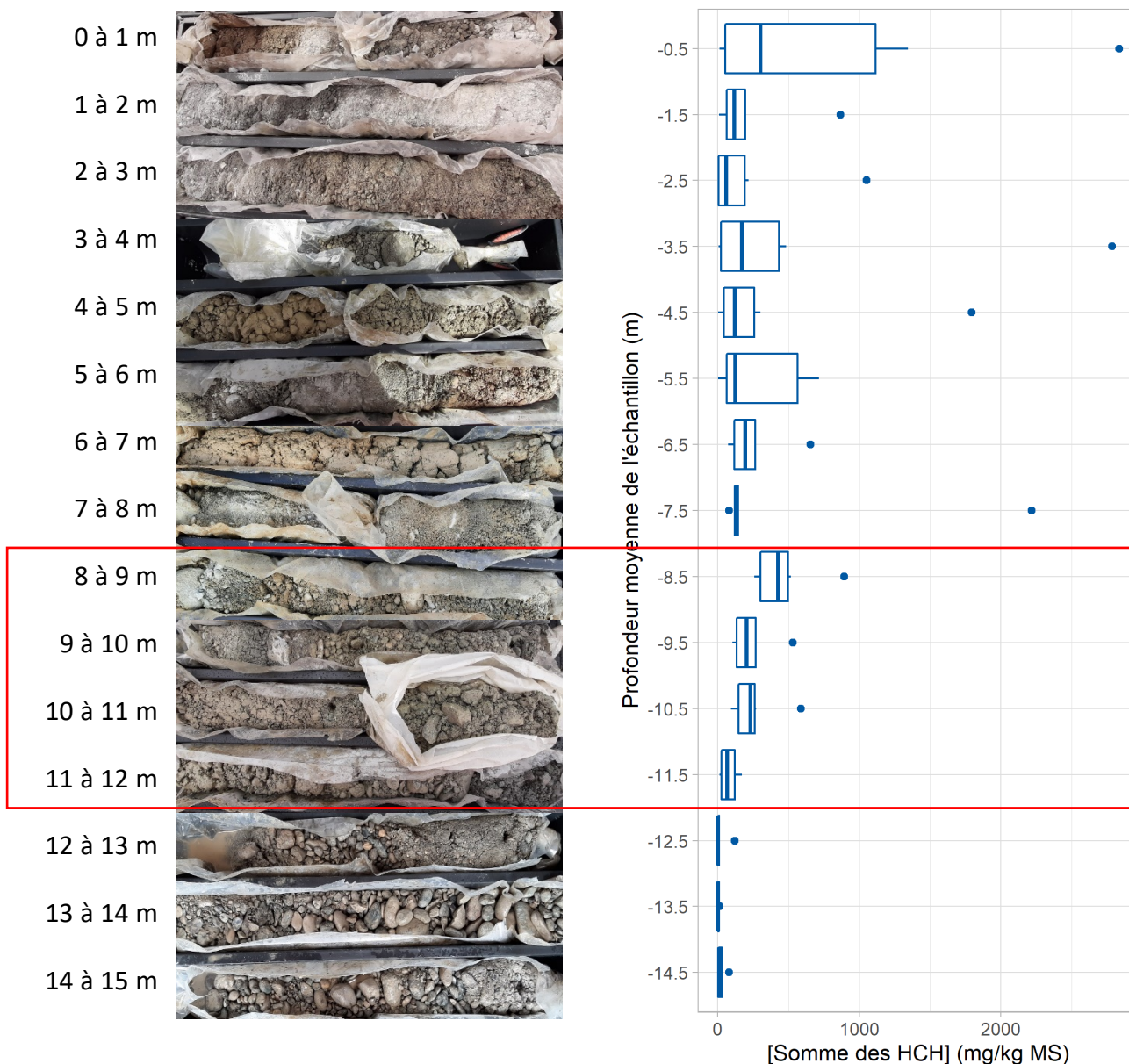


Améliorer le traitement d'organochlorés adsorbés au sein de nappes à haute vélocité

GESIPOL démarré en 2017

3 technologies développées et évaluées
au laboratoire

Dont le **gel réactif** évalué à l'échelle pilote
→ **Augmenter la durée de contact entre
le réactif et le sol contaminé**



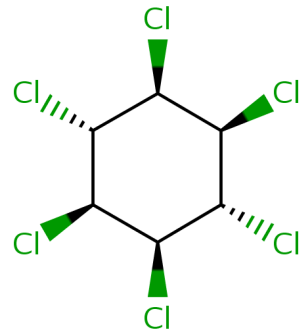
Matériaux alluvionnaires

Toit de la nappe à 8-10 m

v_{nappe} env. 10 m/j

Concentrations élevées en lindane et isomères ($Q_{25} - Q_{75}$: 11 – 265 mg/kg sur tranche 0-15m)

Enjeux sur le traitement de la zone de battement et premiers mètres de la nappe

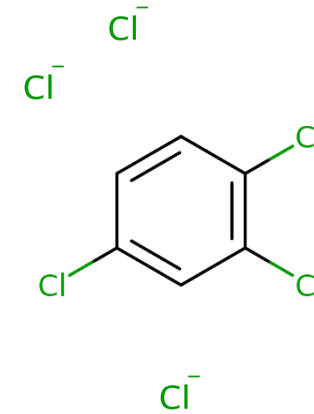
**LINDANE et isomères**

Polluant organique persistant (POP)

Peu mobile
(Pression de vapeur et solubilité faibles)

NON-TRAITABLE
dans les conditions du site d'étude

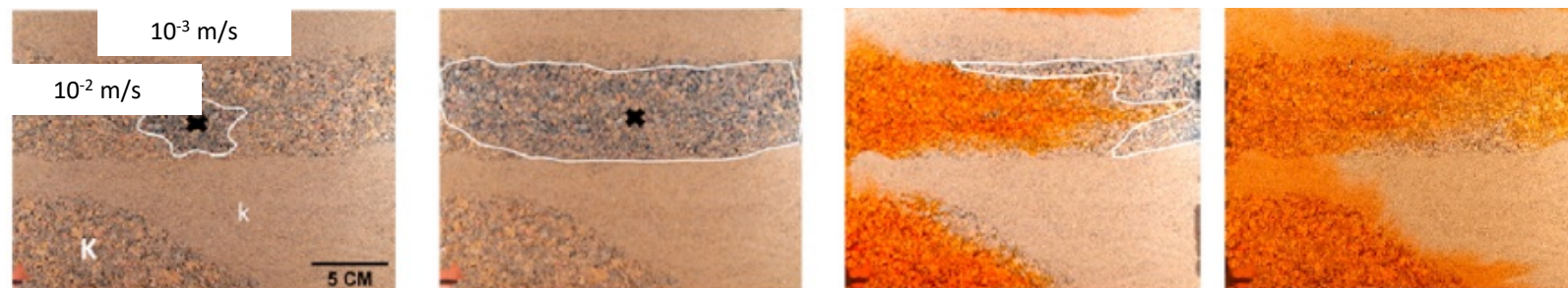
→
+ agent alcalin

**1,2,4-Trichlorobenzène**

N'est pas listé comme POP

Plus mobile
Constante de Henry x400

TRAITABLE
par des méthodes conventionnelles
(sparging/venting)



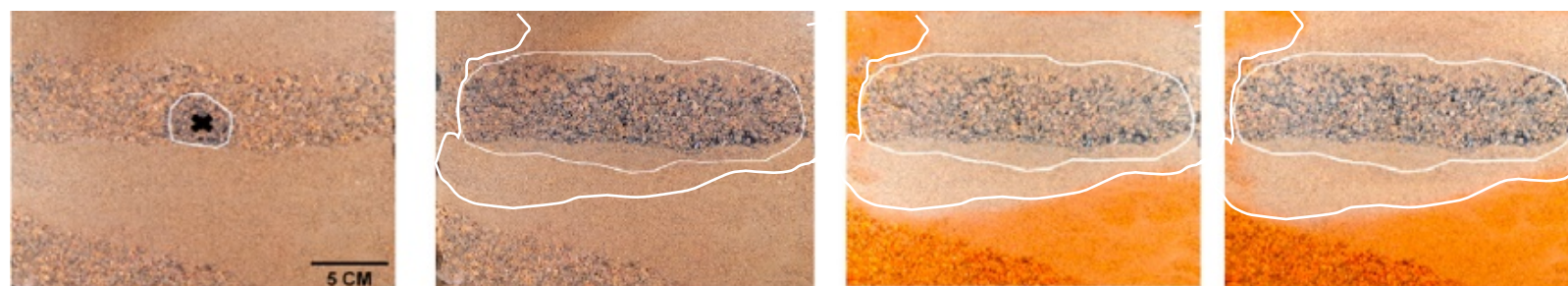
0 min

12 min

25 min

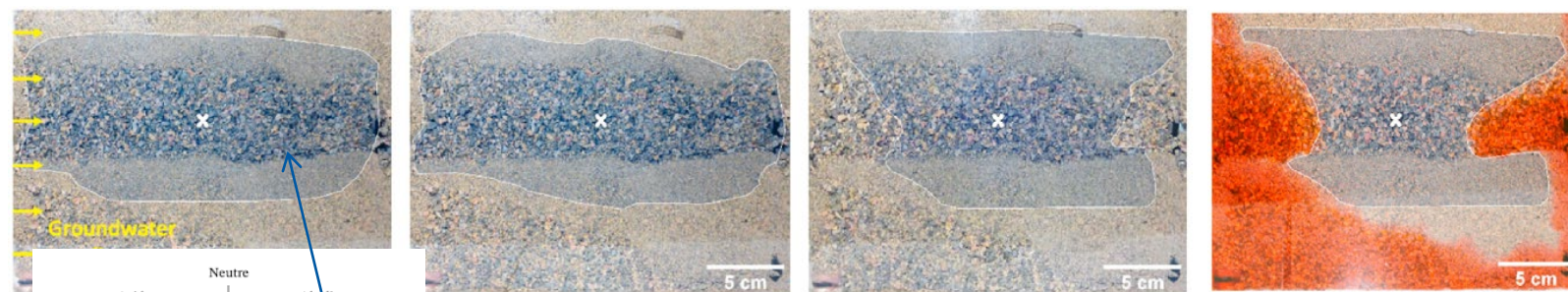
Réactif seul

Circule uniquement dans
haute perméabilité
Lixiviation par la nappe

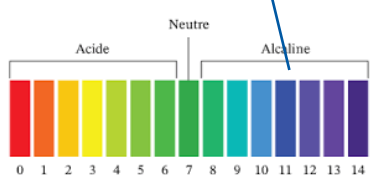


Gel réactif

Circule de façon plus homogène
(rhéofluidifiant)
Pas de lixiviation par la nappe
(contournement)



Elution très lente par la nappe
Durée de vie de plusieurs semaines
Réactif reste séquestré dans le gel



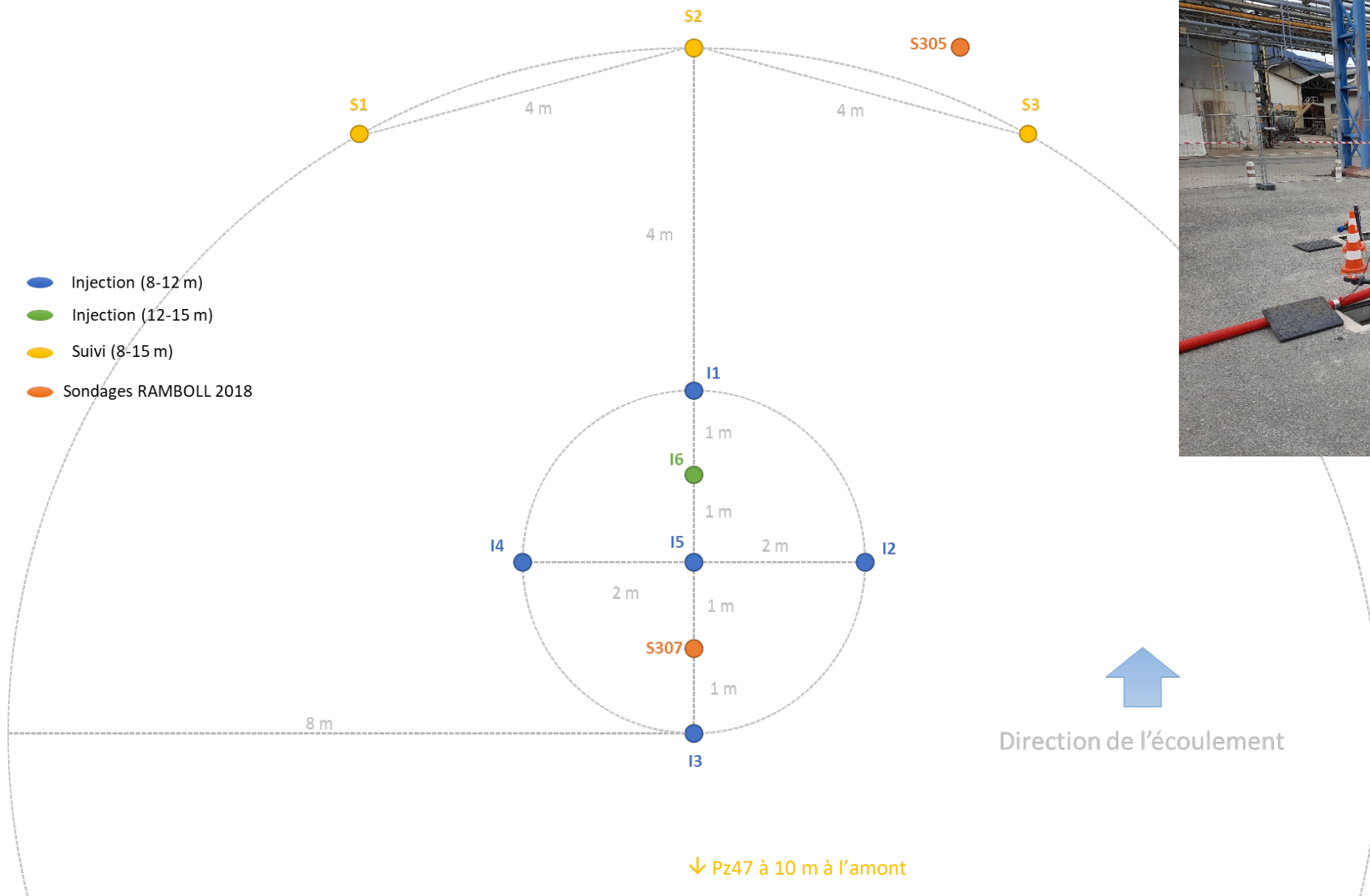
5 jours

10 jours

18 jours



CHANGEMENT D'ECHELLE



Gélifiant
biodégradable

Réactif alcalin

Eau



pH ~ 13
90 mS/cm

Gel prêt pour l'injection



Unité conteneurisée (20 pieds)

- Préparation du gel
- Injection du gel

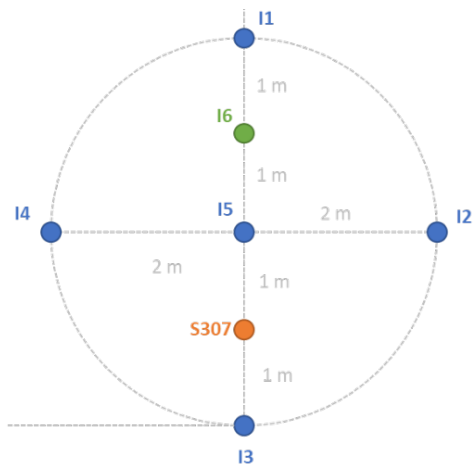


Tête d'injection

Injection ouvrage par ouvrage

25 m³ par ouvrage

Injection d'abord dans I5 pour validation recette/protocoles



Puis I6, I1, I2, I3 et I4

→ 150 m³ au total

Suivi continu

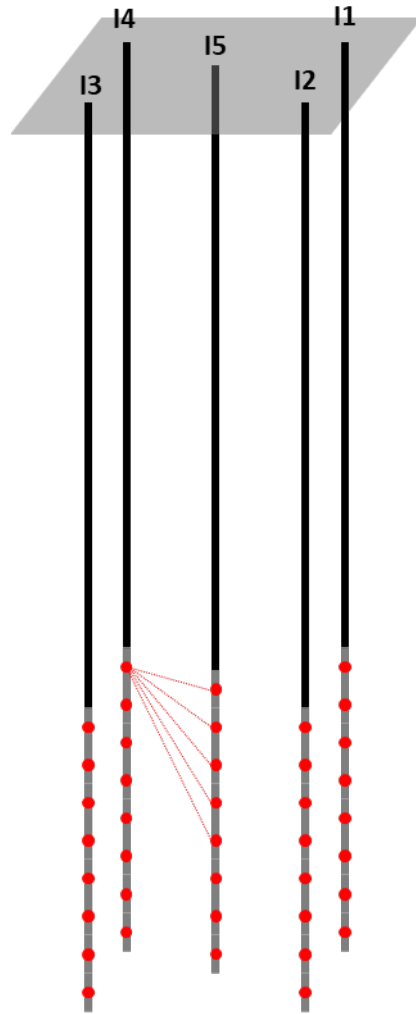
- Niveaux piézométriques (transect, 6 sondes)
- Conductivité (multiniveaux, 25 sondes)
- Température

Suivi ponctuel

- Diagraphies pH, redox, conductivité, O₂ dissous et température
- Traçages / Mesures de vitesse de nappe

Suivi analytique

- Prélèvements d'eau hebdomadaires (avant / pendant / après pilote)
- Prélèvements multiniveaux (avant / après pilote)
- Suivi lindane et isomères, chlorobenzènes (mono- à hexa-), benzène, HC, COT



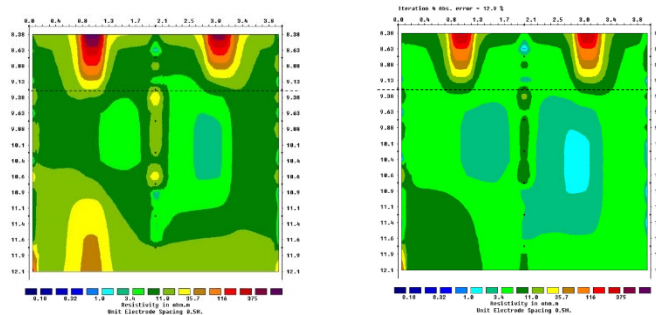
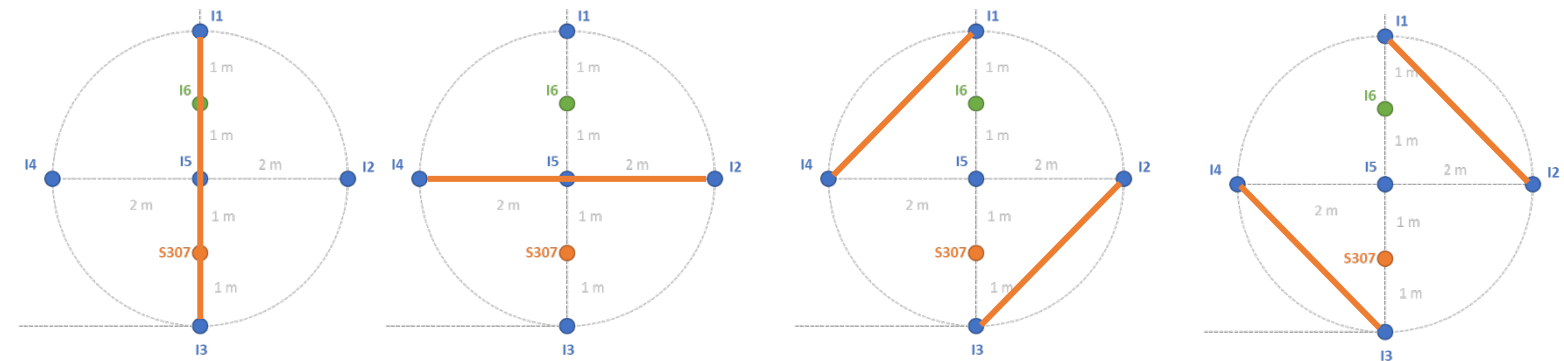
Suivi par tomographie de résistivité électrique

→ Voir entre les ouvrages

Electrodes en configuration verticale

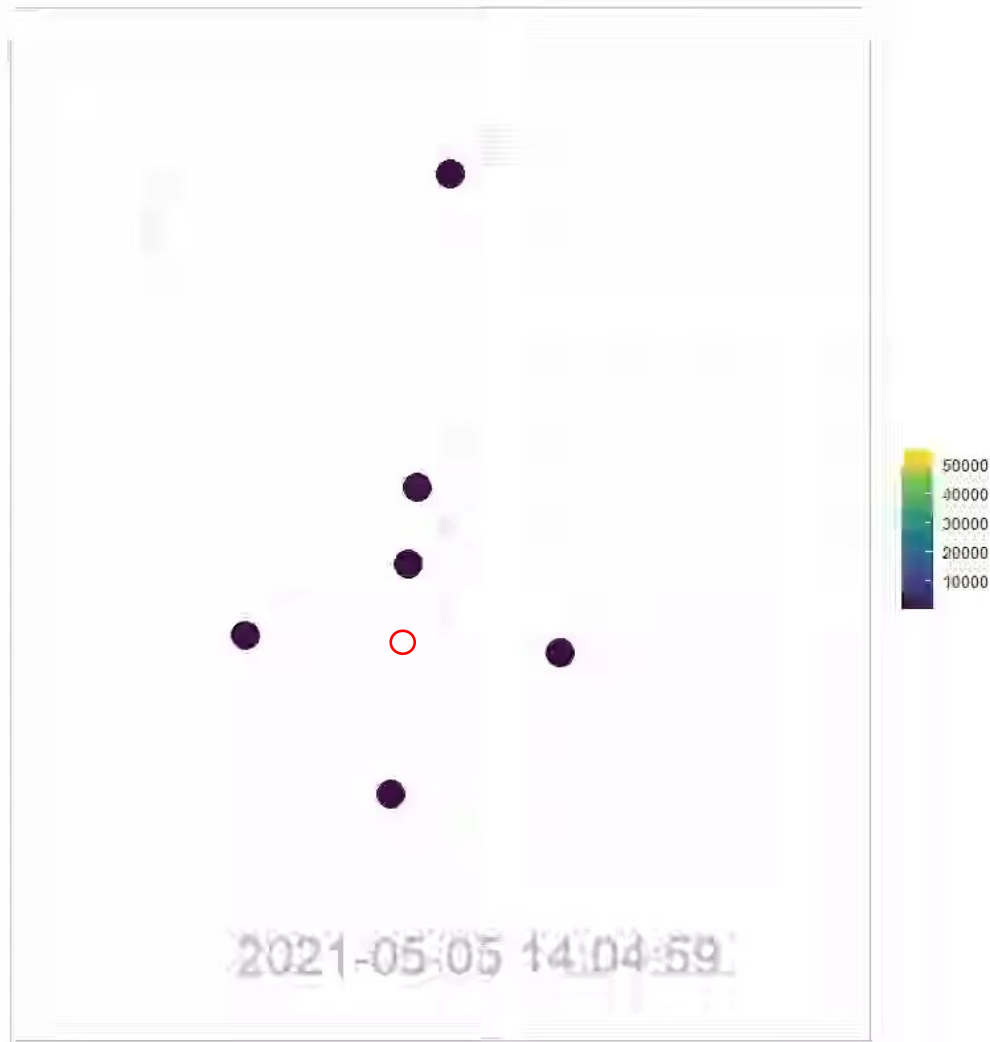
Mesure de la résistance entre chacune des électrodes, deux par deux

Reconstruction d'image





PROPAGATION DU GEL



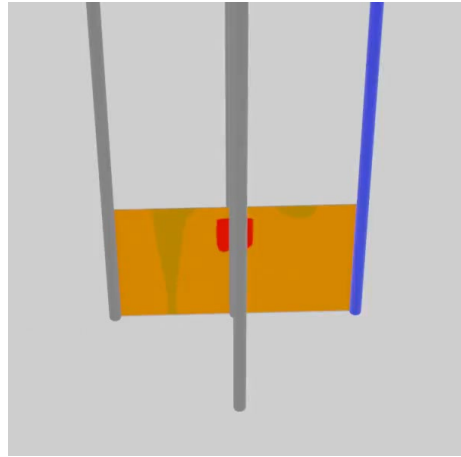
Injection dans I5

Suivi de la conductivité dans les ouvrages périphériques

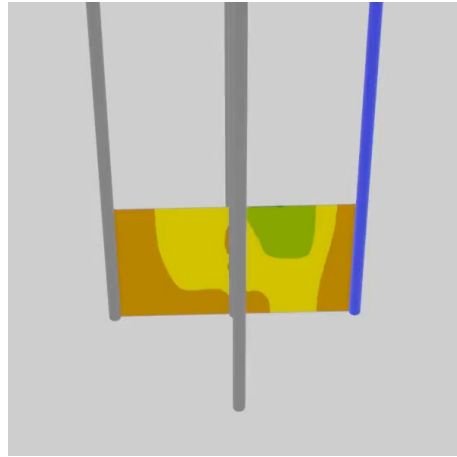
Arrivée à 2 m après 5 m³ injectés (7 h)

→ dans I1 à 4 quasi-simultanément

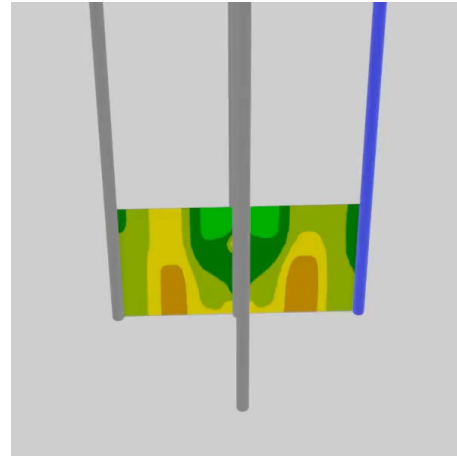
Arrivée à 6 m (S2) après 25 m³ injectés (2 j)



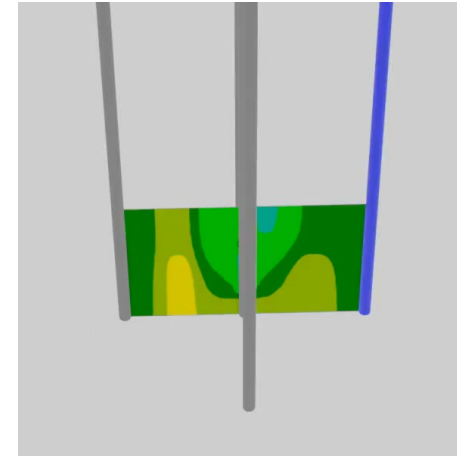
0 m³



1 m³

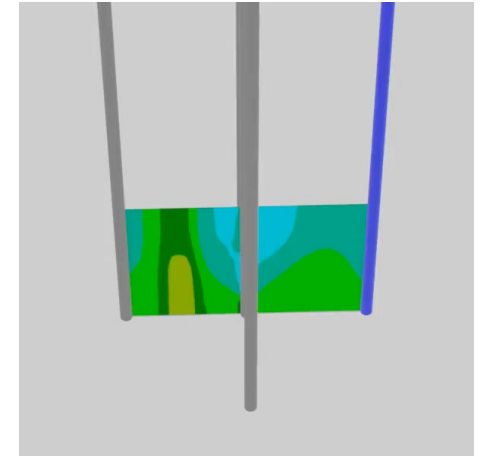


2 m³

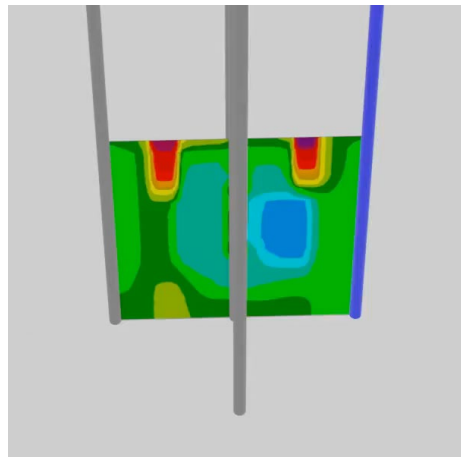


5 m³

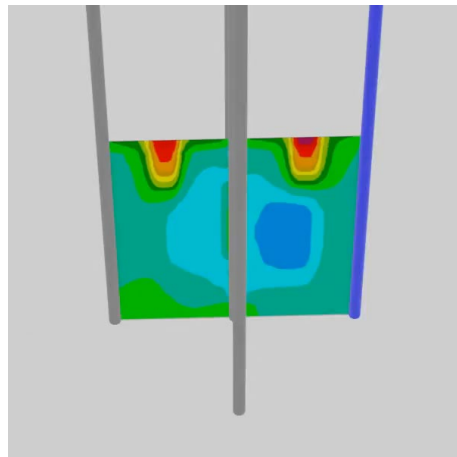
(gel observé dans ouvrages I1 à I4 – ROI 2 m)



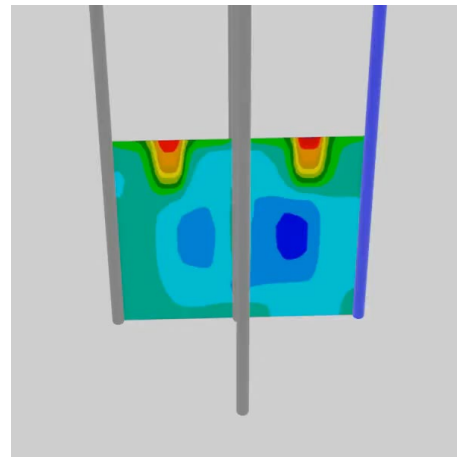
10 m³



12 m³



17 m³

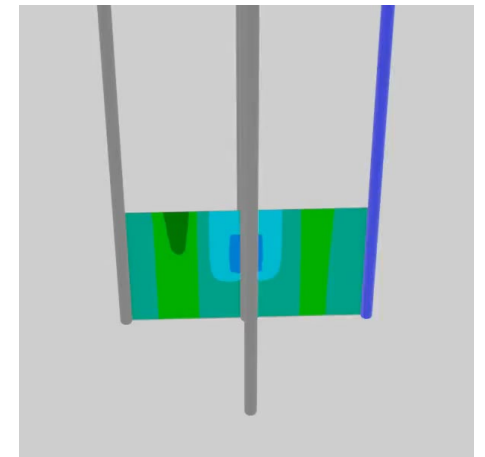


25 m³

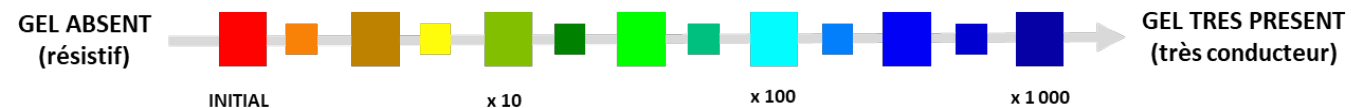
(gel observé dans S2 – ROI 6 m)

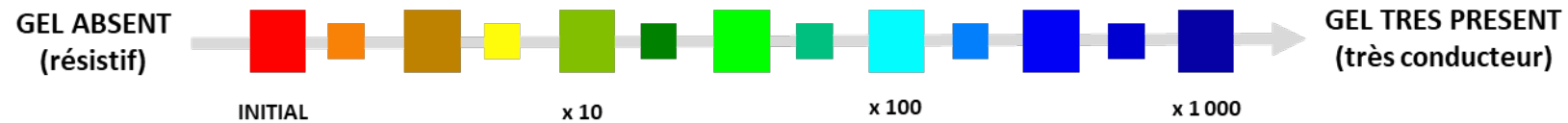
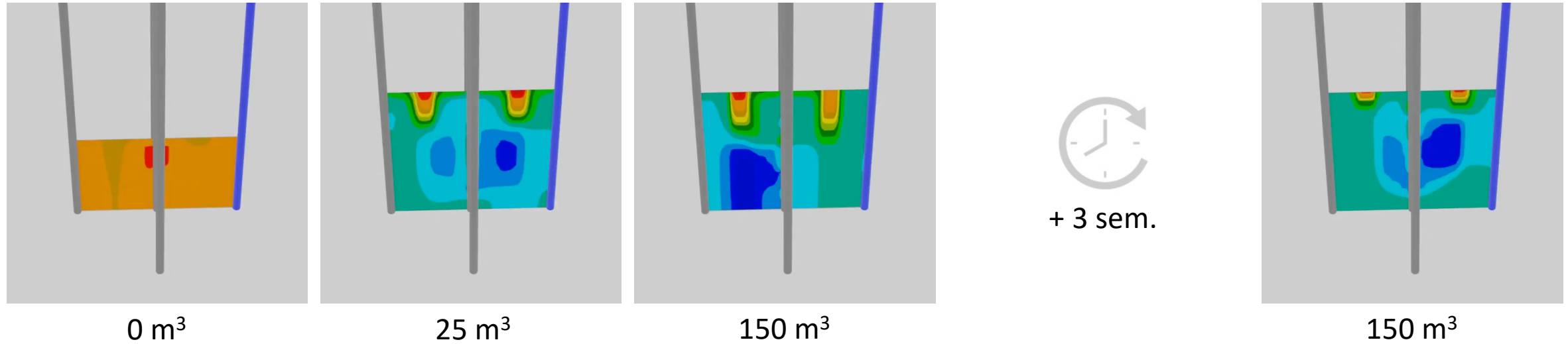


+ 4 jours



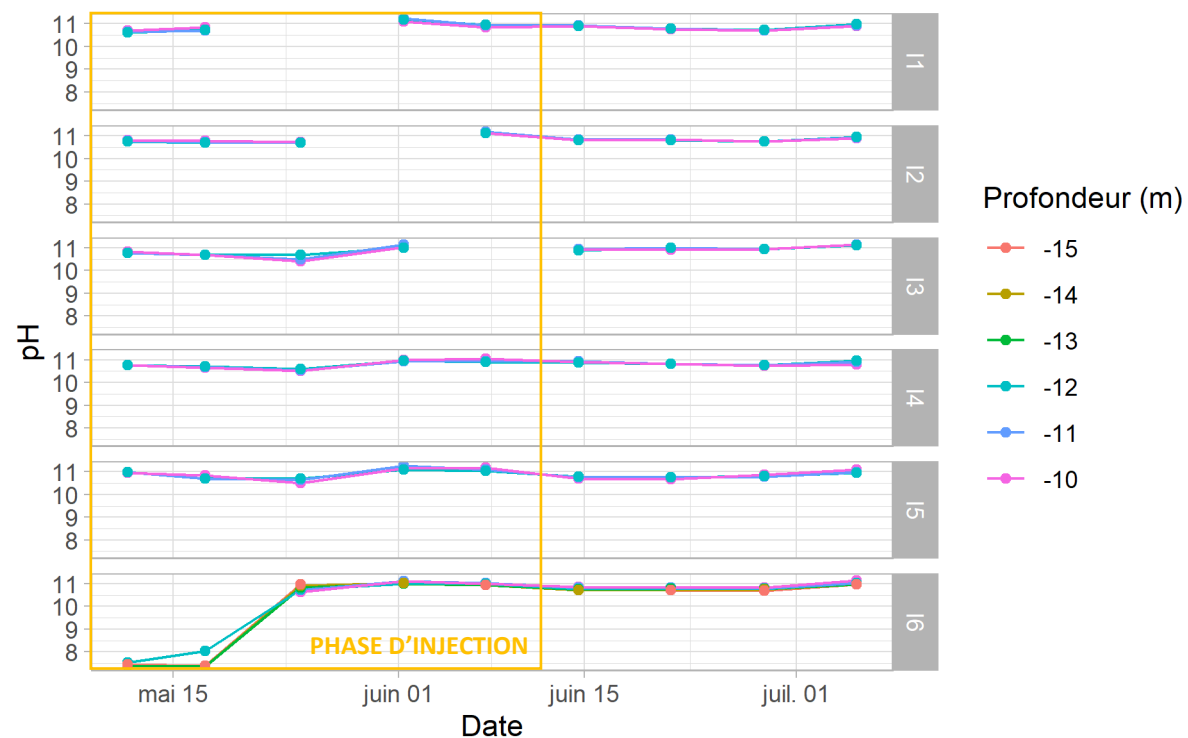
25 m³



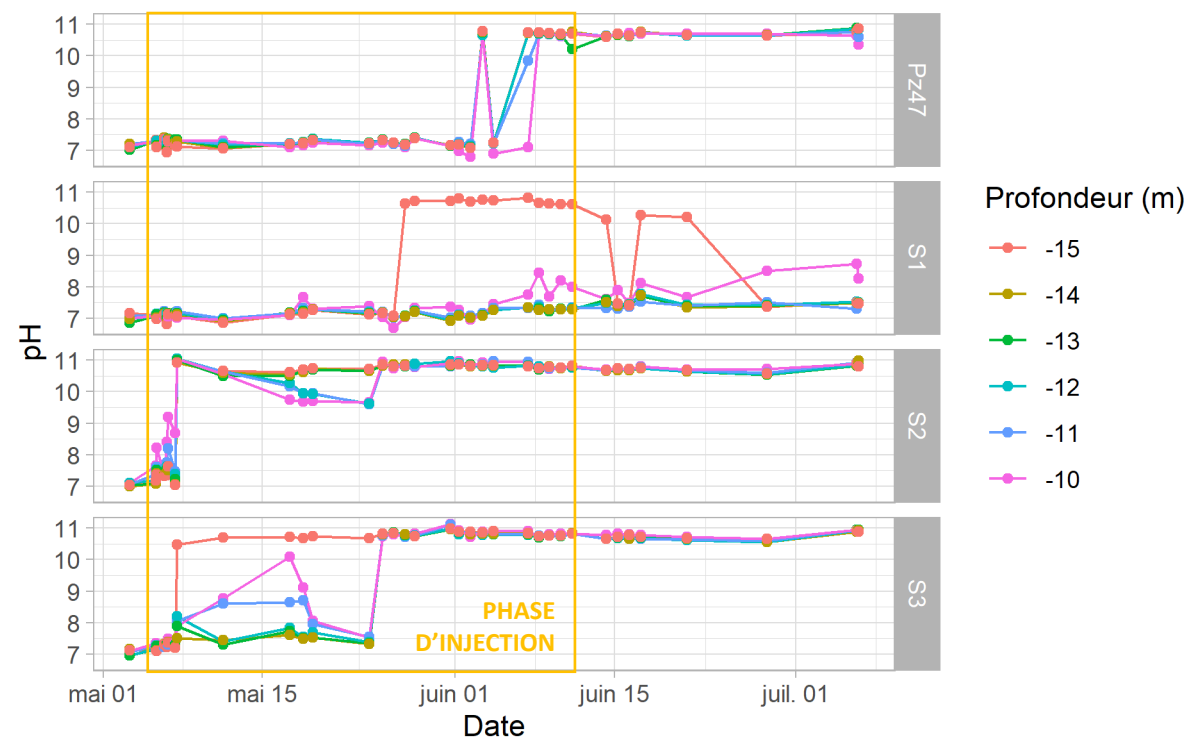


Gel persistant plusieurs semaines malgré forte perméabilité
Campagne à t + 4 mois planifiée

Ouvrages INJECTION



Ouvrages SUIVI



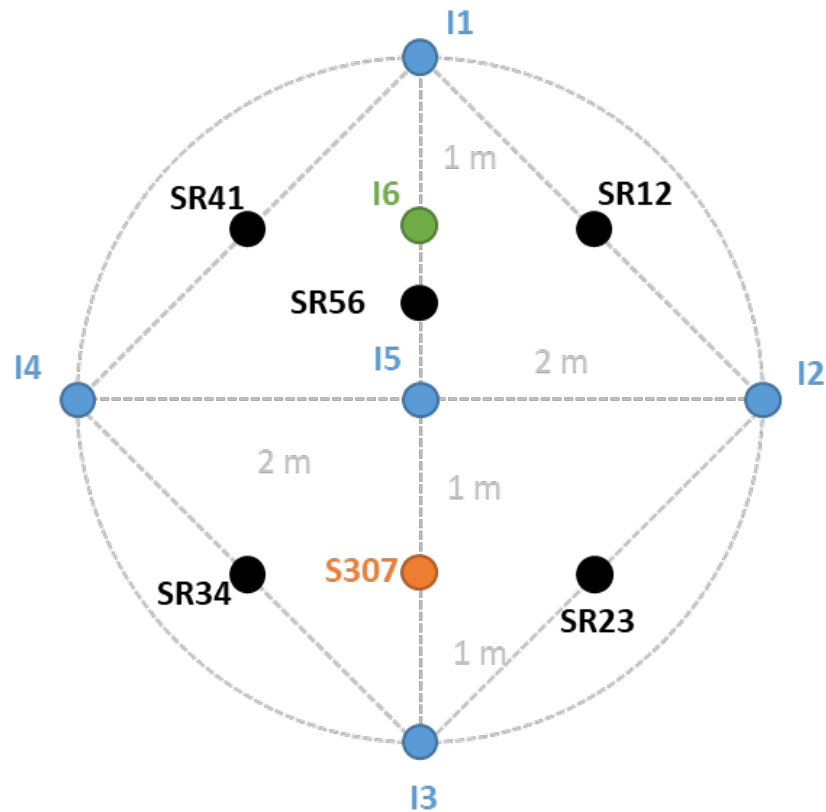
Maintien du pH élevé au moins 3 semaines après la fin des injections

→ en zone d'injection, y-c I6 (12-15m) et amont/aval (sauf S1)

→ sur toute la hauteur



ABATTEMENTS DANS LES EAUX ET LES SOLS

**Etat initial :**

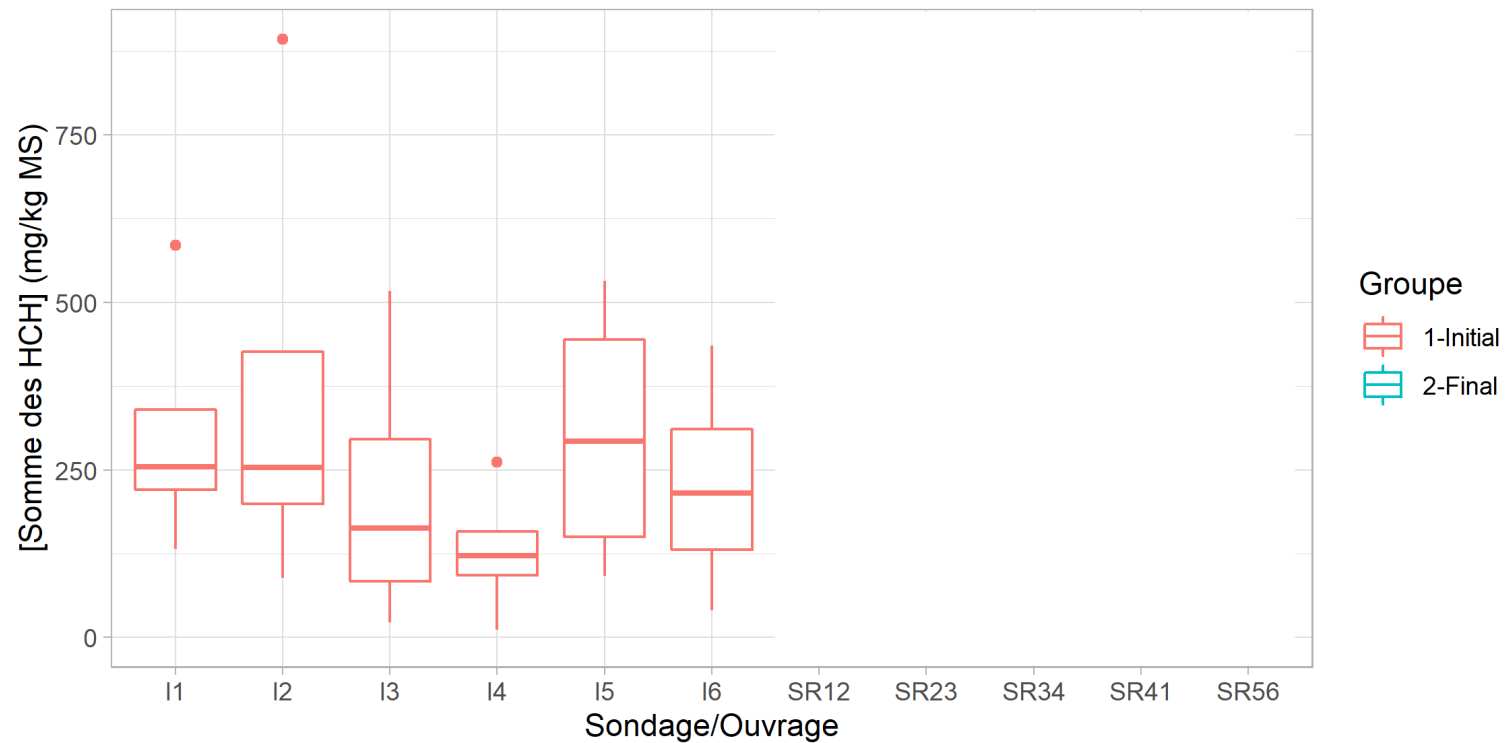
- 6 carottes 0-15 m
- 90 échantillons

Etat final (fin d'injection + 1 mois) :

- 5 sondages 0-15 m
- 75 échantillons

Gel toujours présent lors des forages !

Pour la tranche ciblée (8 à 12 m)



Médiane initiale (mg/kg)

146

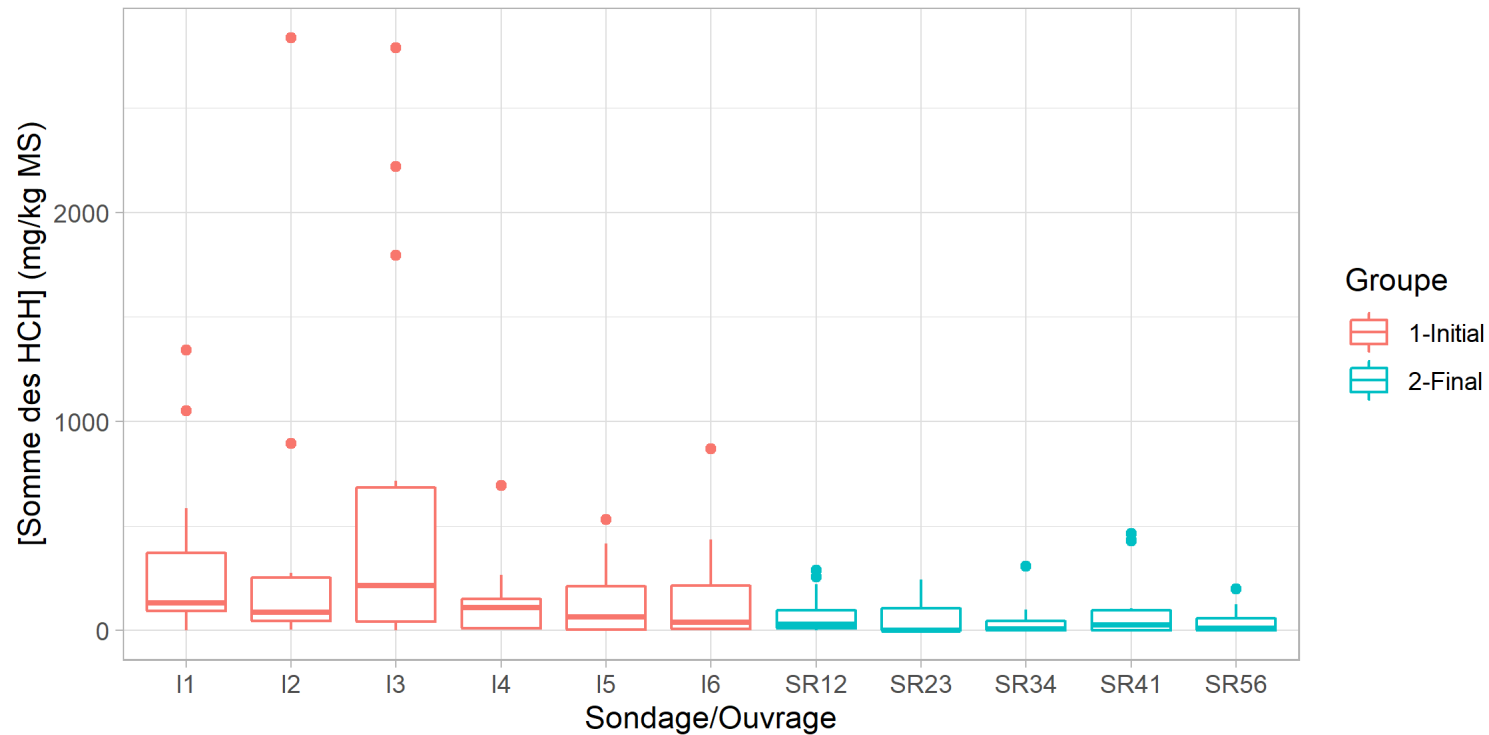
Médiane finale (mg/kg)

2,05

Abattement

99%

Pour toute la hauteur (0 à 15 m)



Médiane initiale (mg/kg)

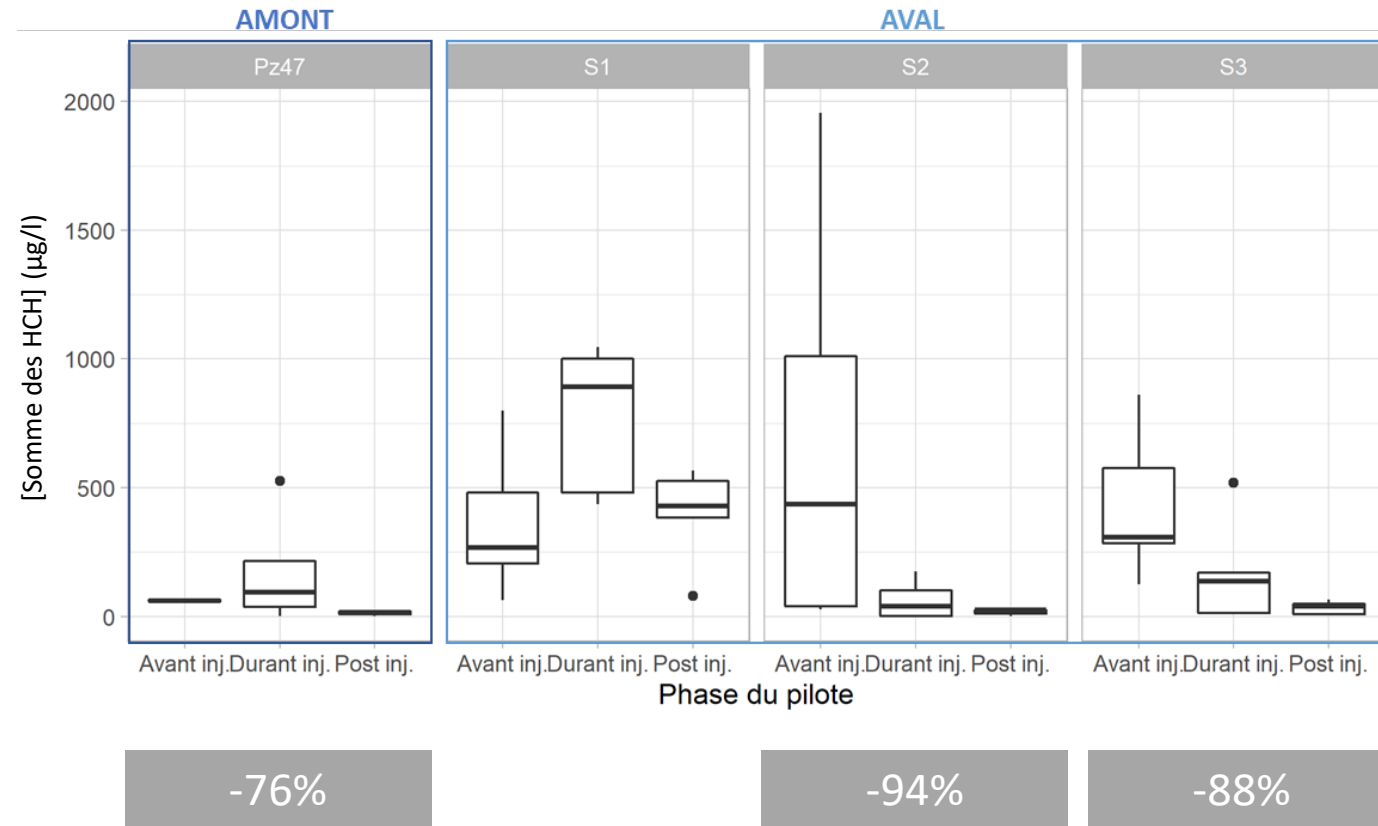
119

Médiane finale (mg/kg)

17,2

Abattement

86%



Concentrations toujours très faibles
2 mois après la fin des injections

Conclusions

Le **gel** est un vecteur très intéressant pour l'apport de réactifs.

Il améliore la **distribution spatiale du réactif** et le **temps de contact avec les composés adsorbés**.

Le **gel alcalin** est très efficace pour le **dégradation du lindane et de ses isomères**.

Le **gel est compatible avec une large gamme de réactifs** pour répondre à **d'autres problématiques**.

Le gel s'est montré capable de **réduire localement les écoulements** pendant plusieurs semaines.

La tomographie permet de suivre la **propagation du gel en 3D et en temps réel** pour optimiser le traitement.

Merci !

A l'**ADEME** et **SOLVAY** pour le financement,

A l'**ensemble des partenaires du projet**, en particulier l'Université de Franche-Comté et le BRGM pour leur participation au pilote sur site,

A l'**équipe de terrain** et au **service de conception d'unité (SEPT)** SERPOL,

A l'**UPDS** de nous donner l'opportunité de présenter ces résultats,

Et à vous pour votre attention.



Utilisation d'un gel de polymère comme vecteur de réactif pour le développement d'un procédé innovant de traitement in situ - Résultats à l'échelle pilote

Julien MAIRE – julien.maire@serpol.fr

Antoine JOUBERT

Laurent MANSUELLE

Retrouvez SERPOL sur le stand SERFIM au HALL 4 – Stand G190

