

## Désorption thermique in situ et géostatistique

### Evaluation de l'efficacité du traitement par une approche quantitative

Maxime Emery

Hélène Demougeot-Renard



10<sup>ème</sup> journée technique ChloroNet - 23 novembre 2017 - Soleure

## Contexte

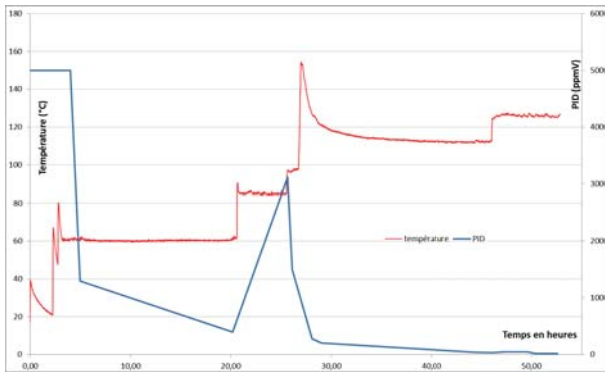
- Site sur terrain à forte valeur foncière en région parisienne.
- Impact marqué par des solvants chlorés (plusieurs tonnes de phase pure estimée) :
  - A grandes profondeurs
  - Mono-concentrations et fortes concentrations
- Géologie complexe :
  - Limons argileux de 0 à 4 m
  - Marno-calcaires de 4 à 12 m
  - Sables argileux de 12 à 20 m
- Besoins d'engagements de résultats :
  - Besoin de traiter rapidement
  - Besoin de restaurer une qualité de terrain compatible avec un usage industriel

 Traitement par désorption thermique in-situ

## Désorption thermique in situ

### ■ Dimensionnement du traitement - tests de laboratoire

- Détermination de la température cible de chauffage et bouclage du bilan de masse (collecte de la pollution dans les effluents gazeux).
- Définition des paramètres physiques de conduction de chaleur dans les sols (capacité thermique et conductivité thermique).



Echantillon	Sol état initial	Sol traité	Sol témoins	Eau extraite	CA inférieur	CA milieu	CA supérieur
Paramètre							
MS %	79,1%	99,3%	79,8%	s/o	s/o	s/o	s/o
PCE (mg/kgMS)	1100	8,6	940	12000 µg/l	25000 µg	8,5 µg	7,1 µg
TCE (mg/kgMS)	<0,05	<0,05	<0,05	45 µg/l	2,4 µg	1,3 µg	1,2 µg
Masse totale (g)	1680	1340	s/o	340 ml (g)	195,5 g	181,1 g	201 g
Masse analysée (g)	s/o	s/o	s/o	s/o	1g	1g	1g
Masse de polluant dans l'échantillon (mg)	<b>1848 mg</b>	<b>11,5 mg</b>	<b>s/o</b>	<b>4,1 mg</b>	<b>4888 mg</b>	<b>1,7 mg</b>	<b>1,6 mg</b>
Répartition de la pollution extraite	s/o	<b>0,23%</b>	<b>s/o</b>	<b>0,08%</b>	<b>99,61%</b>	<b>0,03%</b>	<b>0,03%</b>

23. November 2017

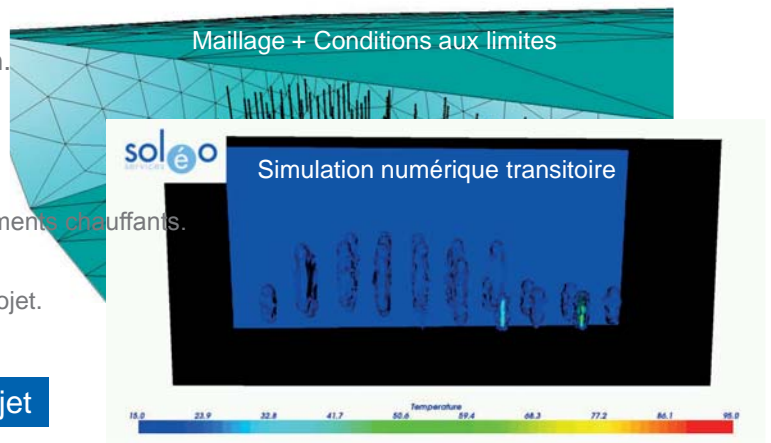
10. Fachtagung ChloroNet

3

## Désorption thermique in situ

### ■ Dimensionnement du traitement - modélisation numérique

- Sur la base des paramètres obtenus lors des tests de laboratoire, réalisation d'un modèle numérique de diffusion de la température dans les sols pour définir un positionnement d'éléments chauffants dans les sols.
- Modélisation par éléments finis du terrain.



- Définition de la géométrie d'implantation des éléments chauffants.
- Définition de la puissance nécessaire à installer.
- Définition de la consommation énergétique du projet.



**Fiabilisation financière du projet**

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

4

## Désorption thermique in situ

### ■ Dimensionnement du traitement - test pilote de terrain

- Validation des paramètres de perméabilité des sols (essais de venting).
- Validation des températures de chauffage.
- Validation des flux massiques extractibles.
- Validation de la robustesse et de la flexibilité du procédé de traitement des gaz.



Collecte de 300 kg de PER en 3 mois sur 2 aiguilles.



23. November 2017

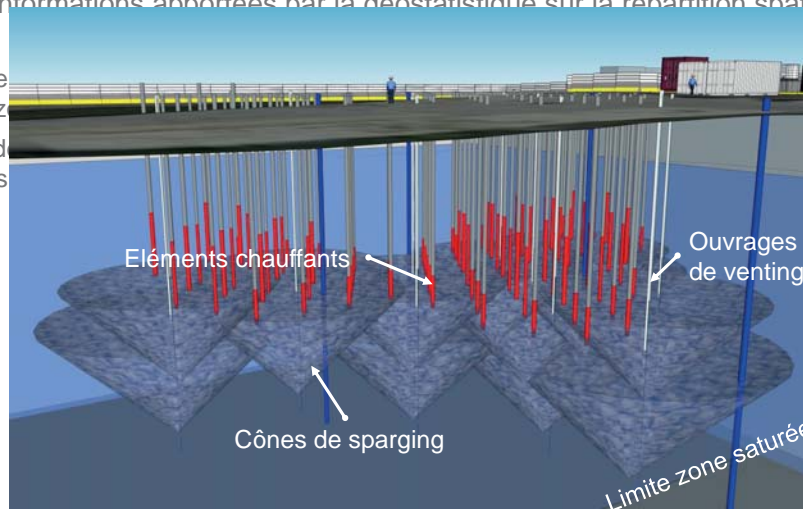
10. Fachtagung ChloroNet

5

## Désorption thermique in situ

### ■ Mise en œuvre sur site - collecte des effluents

- Sur la base des informations apportées par la géostatistique sur la répartition spatiale de la pollution :
  - Implantation de nappes vers la zone de pollution
  - Récupération des effluents par des ouvrages à des points de la zone de pollution



23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

6

## Désorption thermique in situ

- Mise en œuvre sur site - traitement des gaz
  - Etape 1 : condensation des gaz
    - Abaissement de la pression de vapeur saturante du polluant par abaissement de la température : obtention d'un seuil limite de concentration d'effluent dans les gaz fonction de la température.
  - Etape 2 : régénération de charbon actif
    - Composé non explosif.
    - Isothermes d'adsorption/désorption du PER sur charbon actif bien connues.
    - Pollution mono-composé.
    - Concentrations au dessus d'un seuil validant la justification financière.

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

8

## Désorption thermique in situ

- Mise en œuvre sur site – traitement des gaz



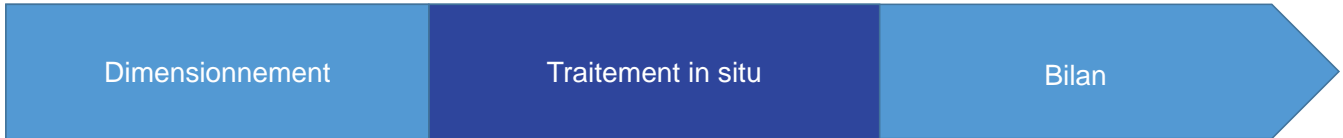
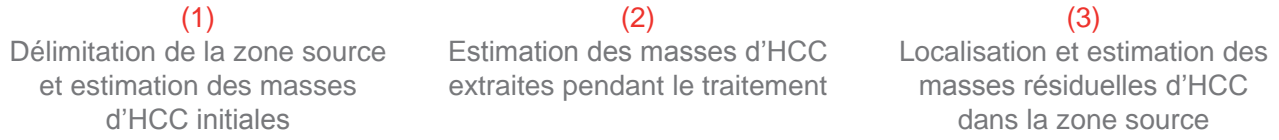
23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

9

## Démarche géostatistique

- Evaluation de l'efficacité d'un traitement in situ - 3 étapes :



- Données d'investigation
- Cartographie et calculs

- Bilan de masse

- Campagne d'échantillonnage
- Cartographie et calculs

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

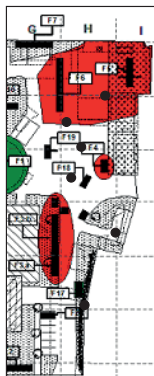
10

## Démarche géostatistique

- Evaluation de l'efficacité d'un traitement in situ : délimitation de la zone source

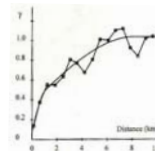
Approche classique

Approche géostatistique



975 m<sup>3</sup>

1'700 m<sup>3</sup>



Modèle de répartition spatiale non justifié  
Incertitude non quantifiée rigoureusement

Modèle de répartition spatiale déduit des données  
Incertitude quantifiée rigoureusement

23. November 2017

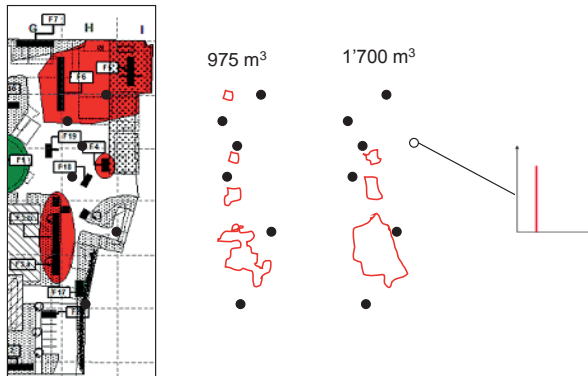
10. Fachtagung ChloroNet

11

## Démarche géostatistique

- Evaluation de l'efficacité d'un traitement in situ : estimation des masses et volumes

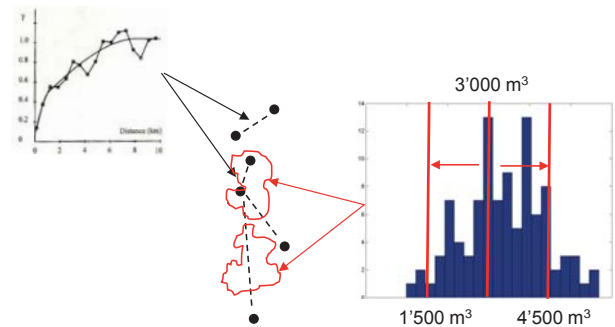
### Approche classique



Modèle de répartition spatiale non justifié  
Incertitude non quantifiée rigoureusement

23. November 2017

### Approche géostatistique



Cadre théorique très flexible pour estimer rigoureusement les quantités (volumes de sol, masses de polluants)

10. Fachtagung ChloroNet

## Démarche géostatistique

- Travail réalisé pour Soleo sur le site traité par désorption thermique in situ

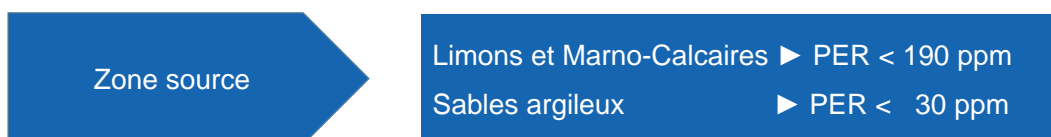
a. Recommandations pour un échantillonnage complémentaire

b. Etat initial avant traitement :

- Estimation du volume et délimitation de la zone source à partir des teneurs en PER
- Estimation de la masse d'HCC, dont celle de PER, dans la zone source

c. Etat final après traitement (2018) :

- Estimation de la masse résiduelle d'HCC totaux, dont celle de PER, dans la zone source



23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

13

## Conclusion

### ■ Traitement par désorption thermique

- Traitement complexe et fortement évolutif (venting et traitement des gaz) : **suivi dense**.
- Traitement efficace : **4 tonnes** de solvants chlorés purs extraites du sol en **9 mois** de traitement.
- Atteinte d'une **asymptote** de la fonction de masse de pollution collectée / temps.

### ■ Démarche géostatistique

- L'étude a mis en évidence une **masse importante de PER en profondeur**, dans les marnes, et une **zone source latérale** (zone nord ouest) qui n'avaient pas été prévues par l'analyse qualitative classique des données.
- La modélisation met en valeur la **forte incertitude** pesant sur les estimations de volumes et de masses, notamment en profondeur.
- L'estimation géostatistique de la **pollution résiduelle après traitement**, à partir de nouveaux sondages dans la zone source, permettra d'évaluer complètement l'efficacité de la désorption.

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

19

Merci pour votre attention !



Maxime Emery

[memery@soleo-services.fr](mailto:memery@soleo-services.fr)

Tél. 00 33 4 72 45 46 43

Tél. 00 33 6 70 75 09 54

8 ter avenue du Dr Schweitzer

F-69330 Meyzieu



Hélène Demougeot-Renard

[helenedemougeotrenard@eode.ch](mailto:helenedemougeotrenard@eode.ch)

Tél. 00 41 79 671 96 22

7 chemin de Mont-Riant

CH-2000 Neuchâtel

23. November 2017

10. Fachtagung ChloroNet

20