



## Dépollution durable des sites : des travaux sécurisés pour des risques maîtrisés

CHLORONET – 27 novembre 2018  
SUEZ Remediation – M. CHARRIER



SUEZ Remediation - Chloronet - Solesmes - Novembre 2018

# SOMMAIRE

1. Traitement d'une pollution chlorée : contexte et généralités

2. Risques techniques & Retours d'Expériences (REX) :  
Traitement de sol - Dépollution sur site : Cas de la volatilisation forcée des COHV

3. Risques techniques & Retours d'Expériences (REX) :  
Traitement de nappe - Dépollution in situ : Cas du traitement biologique anaérobie des COHV

4. Exemple d'essais

5. Conclusions

SUEZ Remediation - Chloronet - Solesmes - Novembre 2018

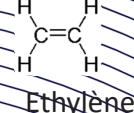
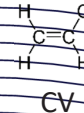
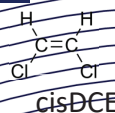
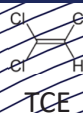
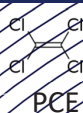
# Contexte

SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018

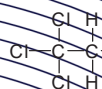
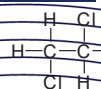
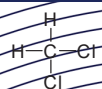
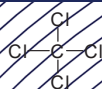


## LE CONTEXTE

### Les éthylènes chlorés



### Les méthanes et éthanes chlorés



Molécules très utilisées pour leurs propriétés dégraissantes ou comme solvants

Généralement très solubles (plus de 1g/L), plus lourd que l'eau et très toxiques

- Polluants « fréquents »
- Dense : récupération potentiellement complexe
- Toxicité + Solubilité : Seuils de réhabilitation bas

SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018





## LE CONTEXTE

L'efficacité d'un traitement dépend principalement :

- Des polluants (propriétés physico-chimiques, localisation, concentration, LNAPL, DNAPL, ...)
- Du contexte d'intervention (géologie, hydrogéologie, géochimie, ...)
- Du type de mise en œuvre (dimensionnement, suivi)

→ Chaque problématique représente un cas particulier  
→ Une adaptation des techniques mises en œuvre est à prévoir à chaque projet  
→ Des outils complémentaires peuvent être nécessaires pour mettre en œuvre correctement le bon traitement.

SUEZ Remediation - ChloroNet - Soleure - Novembre 2018



## PRINCIPALES TECHNIQUES

Les méthodes mises en œuvre pour la gestion d'une pollution COHV sont :

- Caractérisation de la zone de pollution  
→ Importance d'une bonne caractérisation (extension, stratification, ...).
- Traitement : Hors Site, Sur Site, In Situ  
→ Des essais sont souvent nécessaires pour vérifier l'efficacité attendue d'un traitement dans un contexte spécifique.

SUEZ Remediation - ChloroNet - Soleure - Novembre 2018



## LES PILOTES

### Quels types d'essais ?

- Laboratoire :
  - Permet de valider (GO/No-GO) rapidement une faisabilité ou de mettre en évidence des blocages
  - Peut permettre d'étudier certaines cinétiques de traitement / d'estimer des seuils de traitement
  - Permet d'acquérir des éléments de dimensionnement
  - Durée : quelques semaines à quelques mois en général.

Attention : grande sensibilité à la représentativité des prélèvements

SUEZ Remediation - Chlorone - Soleure - Novembre 2018



## LES PILOTES

### Quels types d'essais ?

- Terrain :
  - Caractérisation des paramètres du sol (perméabilité, ...)
  - Validation des modes d'injection / de mise en contact
  - Evaluation des rayons d'influence
  - Estimation de l'efficacité / des effets rebonds
  - Durée : quelques jours à quelques mois en général

SUEZ Remediation - Chlorone - Soleure - Novembre 2018





## LES PILOTES

- Permet d'anticiper des blocages / difficultés avant mise en œuvre sur le terrain
- Pas systématique à réaliser, mais à effectuer dans les cas complexes (seuils de réhabilitation, géologie, ...)
- Type d'essais : à adapter au cas par cas
- Essais laboratoire / Terrain : **complémentaires** et non redondants
- Impact financier projet : peu significatif par rapport au projet
- Impact planning : permet de sécuriser un bon déroulement de projet, et doit être intégré quand nécessaire au projet d'assainissement !

SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018



## Traitement de sol sur site - Volatilisation des COHV

SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018

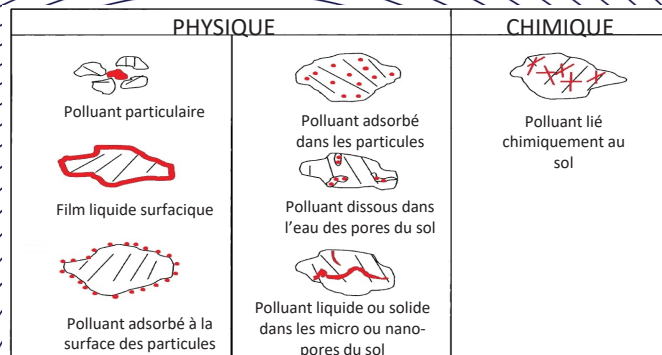


## RISQUE VOLATILISATION

### L'extraction par volatilisation d'une pollution dépend notamment :

- A. De la nature du sous-sol (matière organique, perméabilité, teneur en eau, ...)
- B. De la nature du polluant (pression de vapeur, constante d'adsorption, ...)
- C. Des moyens mis en œuvre (destruction mécanique, chaulage, chauffage, ...)
- A. De la « forme » des polluants

→ Essais permettent d'anticiper l'efficacité d'un traitement



Extractibilité, biodisponibilité...

SUEZ Remediation - ChloroNet - Soleure - Novembre 2018



## REX VOLATILISATION

### Retours d'Expériences (REX) Chantier

- Seuils résiduels visés « bas »

Polluants	Unités	Zone A	Zone B
TCE	mg/kg	1,8	0,05
PCE	mg/kg	0,14	0,14

- Pilote laboratoire : volatilisation, chauffage à moyenne température

Résultats :

			E0 carottage initial	E1 déstructuration	E2 chaulage
R10	TCE	mg/kg MS	0,20 ± 0,09	0,29 ± 0,04	0,56 ± 0,17
	PCE	mg/kg MS	0,85 ± 0,19	1,2 ± 0,1	1,6 ± 0,2
R19	TCE	mg/kg MS	0,21 ± 0,03	0,38 ± 0,04	0,62 ± 0,12
	PCE	mg/kg MS	0,15 ± 0,02	0,25 ± 0,04	0,30 ± 0,05

Tableau 2 : Efficacité de la déstructuration et du chaulage

Déstructuration mécanique et/ou Chaulage → ECHEC

SUEZ Remediation - ChloroNet - Soleure - Novembre 2018





## REX VOLATILISATION

### Retours d'Expériences (REX) Chantier

#### → Résultats (suite) :

			E0 carottage initial	E1 Destruc- turation	E3 Venting 1ml/min 24h T°amb	E4 Venting 1ml/min 24h 45°C	E5 Venting 25 ml/min 24h 45°C	E6 Venting 25 ml/min 5j 45°C	E7 Venting 25 ml/min 48h 70°C	E10 Venting 25 ml/min 6j 70°C
R10	TCE	mg/kg MS	0,20 ± 0,09	0,29 ± 0,04	0,47 ± 0,18	0,43 ± 0,01	0,42 ± 0,12	0,97 ± 0,20	0,15 ± 0,02	0,20 ± 0,06
	PCE	mg/kg MS	0,85 ± 0,19	1,2 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,5	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,1	0,65 ± 0,02	0,32 ± 0,04
R19	TCE	mg/kg MS	0,21 ± 0,03	0,38 ± 0,04	0,32 ± 0,01	0,37 ± 0,07	0,30 ± 0,02	1,9 ± 1,00	0,14 ± 0,01	1,8 ± 1,1
	PCE	mg/kg MS	0,15 ± 0,02	0,25 ± 0,04	0,22 ± 0,02	0,21 ± 0,03	0,18 ± 0,01	0,53 ± 0,28	0,06 ± 0,01	0,30 ± 0,13

#### Venting thermique → ECHEC

			E0 carottage initial	E1 déstructuration	E8 105°C 24h	E9 105°C 5j
R10	TCE	mg/kg MS	0,20 ± 0,09	0,29 ± 0,04	0,50 ± 0,33	1,0 ± 0,15
	PCE	mg/kg MS	0,85 ± 0,19	1,2 ± 0,1	2,0 ± 0,3	2,1 ± 0,9
R19	TCE	mg/kg MS	0,21 ± 0,03	0,38 ± 0,04	1,6 ± 0,6	3,9 ± 1,2
	PCE	mg/kg MS	0,15 ± 0,02	0,25 ± 0,04	0,76 ± 0,10	0,67 ± 0,1

Tableau 3 : Résultats du chauffage à 105°C (sans renouvellement de l'air)

#### Thermique OS → ECHEC

- Les solutions alternatives sur site (chauffage à plus haute température par exemple) engendreraient des coûts plus importants qu'une élimination hors site.
- Élimination hors site des terres polluées

SUEZ Remediation - Chlorone - Soleure - Novembre 2018



## REX VOLATILISATION

### Retours d'Expériences (REX) Pilote Laboratoire

- Nombreux essais de traitement par volatilisation

Polluant	C0 (mg/kg)	Objectif (mg/kg)	Conclusion
BTEX	190	6	OK
Benzène	1	0,1	OK
Toluène	2	0,5	OK
EthylBz	5	0,4	ECHEC
Xylène	130	0,5	ECHEC
Toluène	150	?	OK
Xylène	200	?	OK
PCE	10	?	OK
EthylBz	7	?	OK
Xylène	16	?	OK
TCE	5	0,05	ECHEC
PCE	2	0,14	ECHEC
CBz	4	?	OK
TCE	0,5	0,2	OK
PCE	0,6	0,2	ECHEC
chloroforme	7	0,2	ECHEC
Xylène	870	?	OK
TCE	30	2	OK
PCE	80	2	OK

→ En général, en cas d'échec, il y a un blocage autour du mg/kg.

→ Les essais préalables au laboratoire permettent d'anticiper ces problématiques chantier

SUEZ Remediation - Chlorone - Soleure - Novembre 2018



## REX VOLATILISATION

### Retour d'expériences

- Si les COHV sont en théorie volatils, l'atteinte de seuils résiduels faibles (ou proche LQ ou 1 ppm) peut être très délicate en traitement sur site par volatilisation simple
- Pilotes impératifs sur seuils bas
- Les pilotes laboratoire permettent d'anticiper des problèmes de traitement

SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018



## Traitement de nappe in situ - Traitement biologique des COHV

SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018





## RISQUE TRAITEMENT BIOLOGIQUE

L'efficacité du traitement biologique anaérobie in situ de COHV dépend notamment :

- A. De la nature du sous-sol (matière organique, perméabilité, teneur en eau, ...)
- B. De la présence du consortium bactérien adapté
- C. De la nature du polluant (concentration, nature, ...)
- D. De la distribution des réactifs dans le sous-sol

Les principaux risques associés sont :

- A. Dérive des temps de traitement
- B. Accumulation de sous-produits
- C. Teneurs visées non atteintes
- D. Effets rebonds réguliers

SUEZ Remediation - ChloroNet - Soleure - Novembre 2018



## RISQUE TRAITEMENT BIOLOGIQUE

Limitation du risque ?

Essais laboratoire :

- Vérifier la présence des micro-organismes compétents pour une dégradation complète des COHV → pas d'accumulation durable de sous-produits
- Vérifier la possibilité de stimuler le milieu par injection de source de carbone / choix de la source de carbone

Essai terrain :

- Vérifier la distribution / rémanence des sources de carbone
- Estimation des zones d'influence
- Estimation des fréquences de réinjection / choix de la source de carbone

SUEZ Remediation - ChloroNet - Soleure - Novembre 2018



# **REX** **TRAITEMENT** **BIOLOGIQUE** **SUEZ**

REX Chantiers SUEZ

• 21 zones traitées

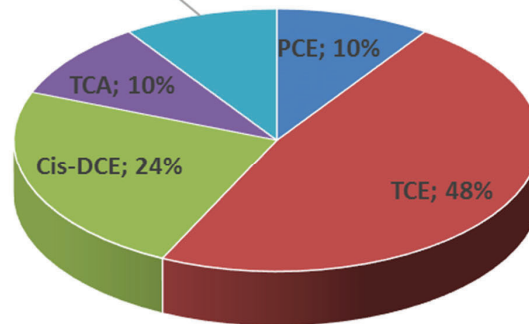
Période

• 2006 - 2017

Polluant majoritaire

• COHV

Polluant majoritaire

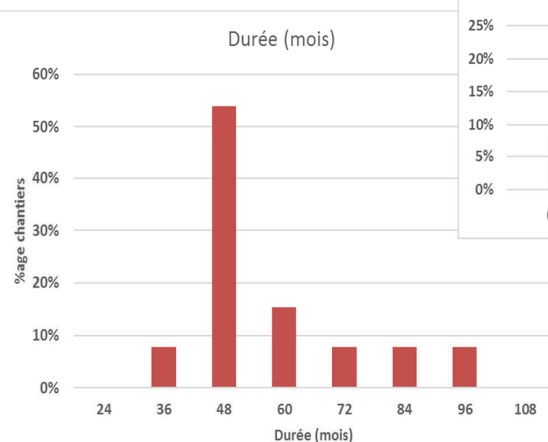


SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018

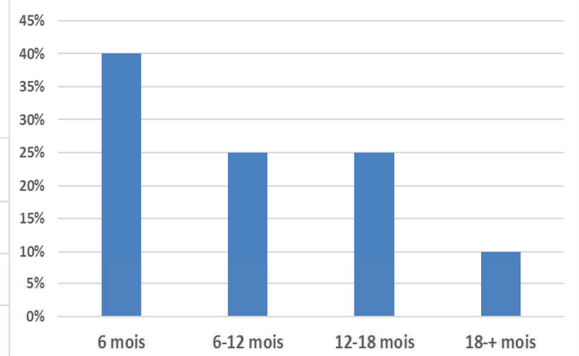


# **REX** **TRAITEMENT** **BIOLOGIQUE** **SUEZ**

• REX Chantiers bio-ISCR



Fréquence des injections



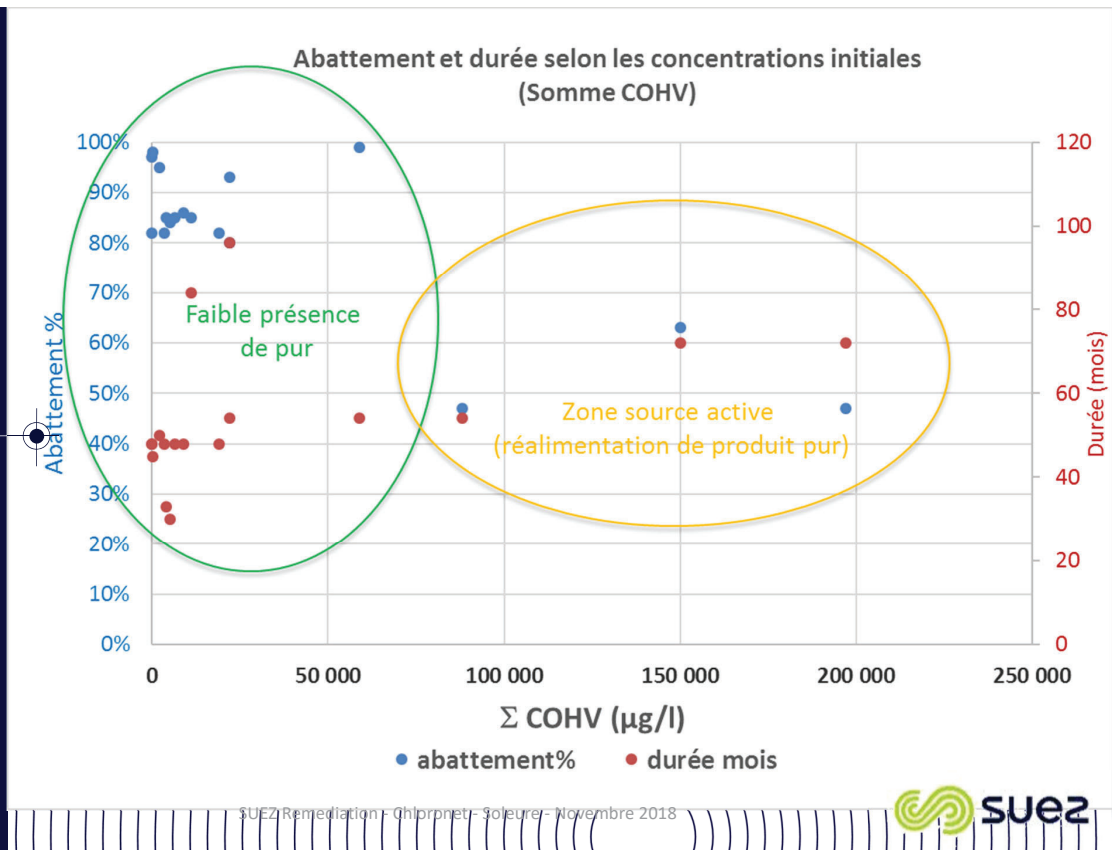
Chantiers longs pour atteinte des objectifs

SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018





## REX TRAITEMENT BIOLOGIQUE



## REX TRAITEMENT BIOLOGIQUE

### ○ Essais en Laboratoire :

- Souvent, la bioaugmentation n'est pas nécessaire, les bactéries adaptées sont naturellement présentes. Toutefois ce paramètre est à confirmer pour vérifier l'absence d'accumulation de sous-produits toxiques
- Certains essais laboratoire ne fonctionnent pas : absence de biodégradation → la mise en œuvre directe sur terrain n'est pas envisageable

### ○ Réalisations Terrain :

- La réalisation d'un traitement biologique en présence de phase libre est possible, mais les injections seront à prolonger tant que la phase libre sera présente.
- La durée d'un traitement est de l'ordre de quelques années, avec des réinjections régulières
- Les traitements présentent, en absence de phase libre, de très bonnes efficacités

# Quelques exemples d'essais

SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018



## ESSAIS LABORATOIRE SUEZ

### Exemples d'essais « laboratoire » SUEZ :

- Traitement biologique : aérobie (1 à 2 mois), anaérobie (3 à 6 mois)
- Traitement chimique : oxydation (Demande du sol en oxydant, Oxydabilité, ...) ou réduction (Caractérisation des matrices, T1/2, ...) – 1 à 2 mois
- Essai de traitement physico-chimique (floculation / coagulation / séparation de phase / ...) – 1 à 2 mois
- Essai de stabilisation / vieillissement – 1 à 6 mois
- Essai de traitement d'eau (charbon actif, résine, photo-oxydation, ...) – 1 à 2 mois
- Essai de tri granulométrique / lavage – 1 à 2 mois
- Essai de volatilisation – 1 à 2 mois
- Essai à façon

**Attention à la représentativité de la prise d'essai !**

SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018





## ESSAIS TERRAIN SUEZ

### Exemples d'essais « terrain » SUEZ :

- Caractérisation du sous-sol : perméabilité à l'eau, à l'air, traçage, ...  
→ Indispensable pour de nombreux traitements in situ
- Essai de mise en œuvre :
  - Extraction / Injection d'air → vérification des couples débits/pressions
  - Rayon d'influence : migration, dépression, traceur, ...
  - Essai de traitement : évaluation des teneurs résiduelles, effets rebonds, mise en œuvre, ...

Les essais « terrain » sont à adapter à chaque problématique et doivent être réalisés de façon à acquérir le maximum de données afin d'anticiper les blocages chantier.

SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018



## Conclusions

SUEZ Remediation - Chloronet - Soleure - Novembre 2018



## CONCLUSIONS

Traitements présentant des incertitudes  
→ Nécessité d'utiliser de nombreux outils pour limiter les impacts chantier :

- Caractérisation préalable complète :
  - des bons travaux nécessitent une bonne étude préalable !
  - Une bonne étude peut nécessiter plusieurs campagnes
- Essais laboratoire et terrain :
  - Complémentaires, afin d'évaluer au préalable les techniques a priori pertinentes
  - Indispensables pour certaines problématiques

SUEZ Remediation - ChloroNet - Soleure - Novembre 2018



## CONCLUSIONS

- Prudence / Pragmatisme :
  - La connaissance complète et certaine d'une problématique souterraine n'est jamais possible : des points réguliers et des ré-évaluations sont à prévoir même en cours de traitement.
- Capitalisation / Expérience :
  - Les traitements de COHV réservent souvent des surprises : la capitalisation de ces REX permet de limiter les mauvaises surprises au cours du temps.

SUEZ Remediation - ChloroNet - Soleure - Novembre 2018





## CONCLUSIONS

### Cas des traitements présentés :

- Traitement sur site de sol : Cas de la volatilisation forcée :
  - Efficacité notable pour de nombreux projets
  - Attention avec matière organique et/ou de seuils bas
  - Essai laboratoire permet d'anticiper les seuils
  - Essai sur le terrain permet de vérifier à plus grande échelle, et confirmer la mise en œuvre avec des outils « chantier »
- Traitement in situ des eaux souterraines : Cas des traitements biologiques anaérobies :
  - Efficacité notable (> 80 % d'abattement)
  - Durée : de l'ordre de 3 à 4 ans en moyenne
  - Essai laboratoire : valider la faisabilité d'un traitement
  - Essai terrain : mieux appréhender la distribution et rémanence des réactifs.

SUEZ Remediation - ChloroNet - Soleure - Novembre 2018



POUR  
PLUS  
D'INFORMATIONS



[mathieu.charrier@suez.com](mailto:mathieu.charrier@suez.com)



+ 33 6 84 82 81 05

[www.suezremediation.fr](http://www.suezremediation.fr)

SUEZ Remediation - ChloroNet - Soleure - Novembre 2018

