

# Traitement biologique anaérobie d'un panache de COHVs à très forte concentration suite au traitement par réduction chimique de la zone source

## Etude de cas

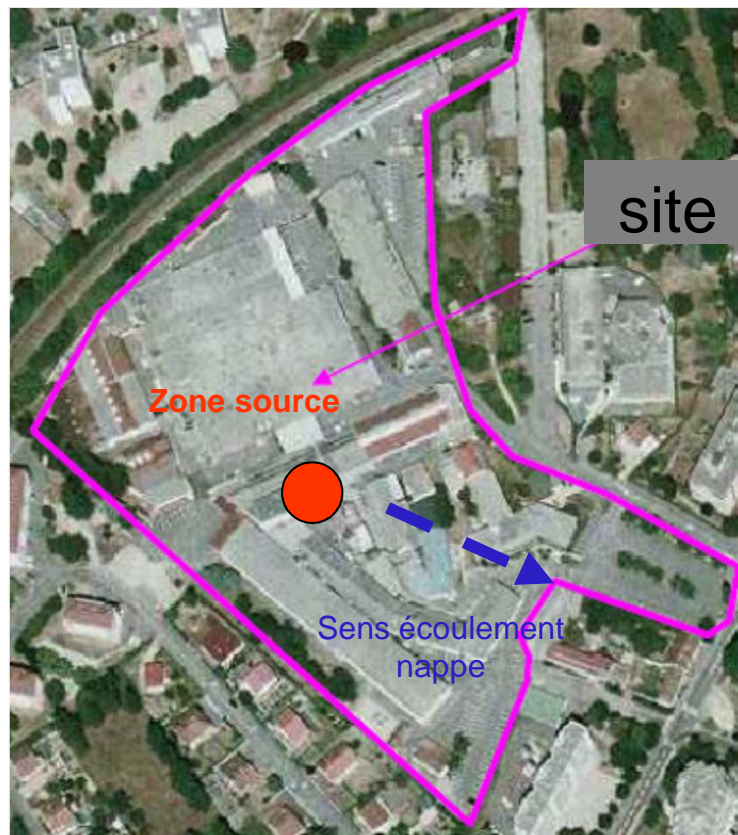
19/06/15

Christophe Chêne - Carole Marcon

**La dépollution**  
sur mesure

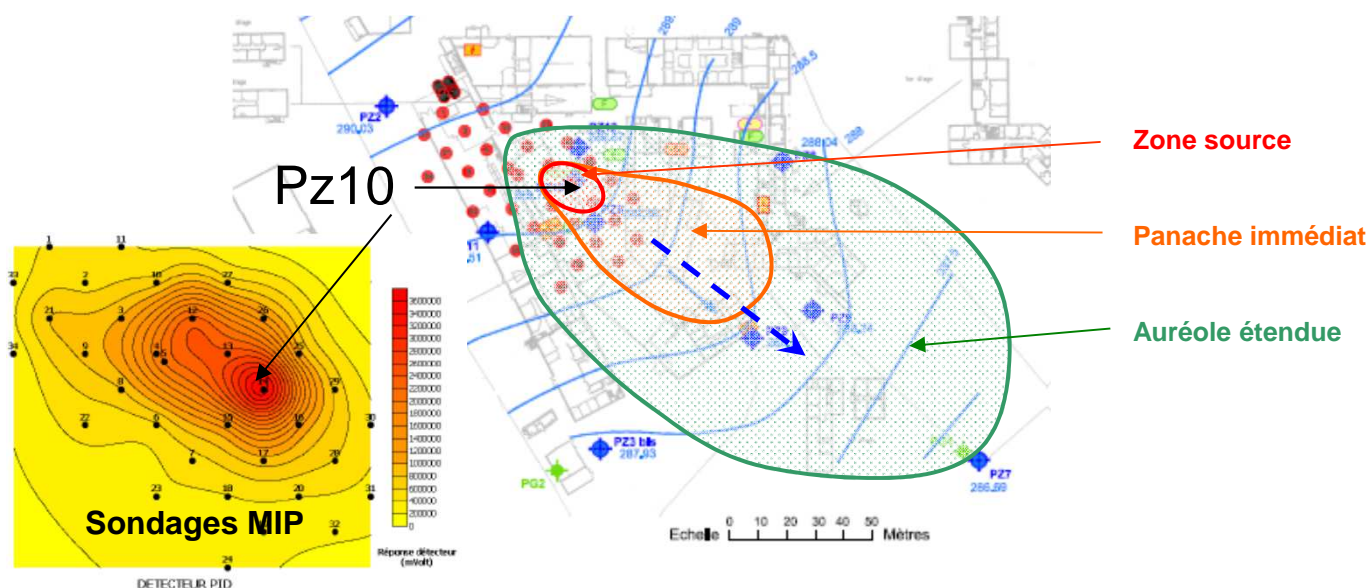
# Contexte d'intervention

- Friche industrielle, région grenobloise
- Pollution liée à l'utilisation ancienne de TCE lors process
- Concentration TCE dans les eaux : 2g/l (pur) en zone source  
+ sous produits dégradation DCE et VC
- Concentrations décroissantes en périphérie et panache aval



# Nature et extension de la pollution

- Sondages MIP réalisés par SOGREAH : zone source = 150m<sup>2</sup>



- Objectif** : atteindre en zone source les concentrations de l'auréole étendue : 3000µg/l
- Analyses avant traitement (mars 2010):

	TCE	DCE	VC	COHVs totaux
<b>Zone source</b>	350000µg/l	29000µg/l	1300µg/l	<b>385000µg/l</b>
<b>Panache immédiat</b>	26µg/l	12000µg/l	1300µg/l	<b>13541µg/l</b>
<b>Auréole étendue</b>	280µg/l	2000µg/l	690µg/l	<b>2983µg/l</b>



# Les différentes techniques de traitement envisagées

- **Traitement du panache** : **BIO ANAEROBIE** car panache très étendu → stratégie économiquement et techniquement la plus appropriée, validée par tests labo
- **Traitement de zone source** : trop concentré pour la bio
  - **OXYDATION** : non compatible avec la bio anaérobie, quantités élevées d'oxydant, coût important
  - **EXCAVATION** : à 7 m dont 5m sous nappe, blindage avec 5m de rabattement de la nappe, traitement des eaux de fond de fouille, remblaiement et traitement des terres sur ou hors site, coût important
  - **SOIL MIXING** avec injection d'un puissant **RÉDUCTEUR CHIMIQUE**: coût compétitif, bénéfique au traitement biologique suivant, efficacité validée par des essais labo



# Le choix du soil mixing pour traiter la zone source

## Avantages

- Possibilité de traiter en profondeur (>10 m) sans surcoût important (prix directement proportionnel au volume traité)
- Grande efficacité du traitement : mise en contact optimale polluant / réactif
- Pas de problèmes de dégazage contrairement au terrassement
- Temps d'application et de traitement très court
- Matériel mobilisé limité => faible nuisance (sonore, visuelle, olfactive)
- Amélioration potentielle de la qualité des sols et des eaux via le produit injecté

⇒ **Technique idéale pour des applications en milieu urbain** (zones exigües, pas de mouvements de terres (camions), poussières et odeurs )

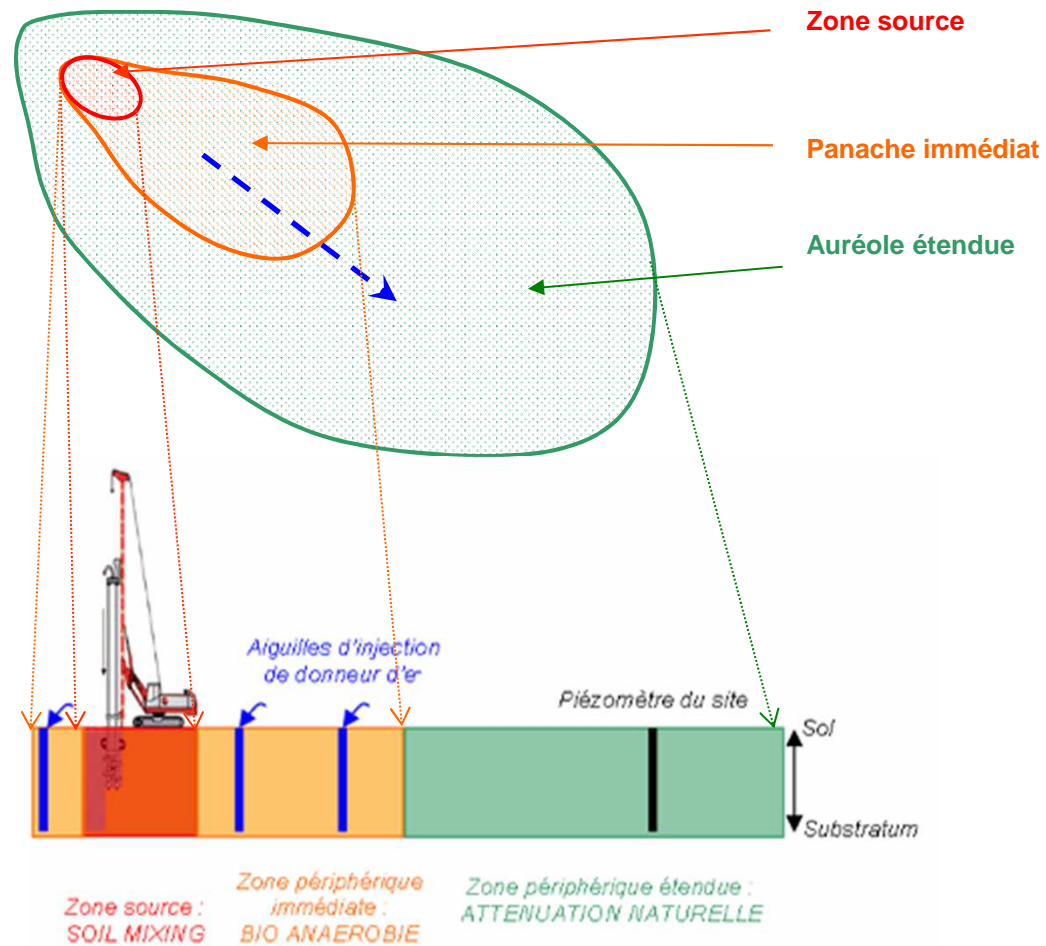
## Inconvénients

- Déstructuration du sol, perte de portance

⇒ **Possibilité de re-compacter ou de stabiliser**  
(fonction de l'utilisation future)



# Stratégie de réhabilitation retenue



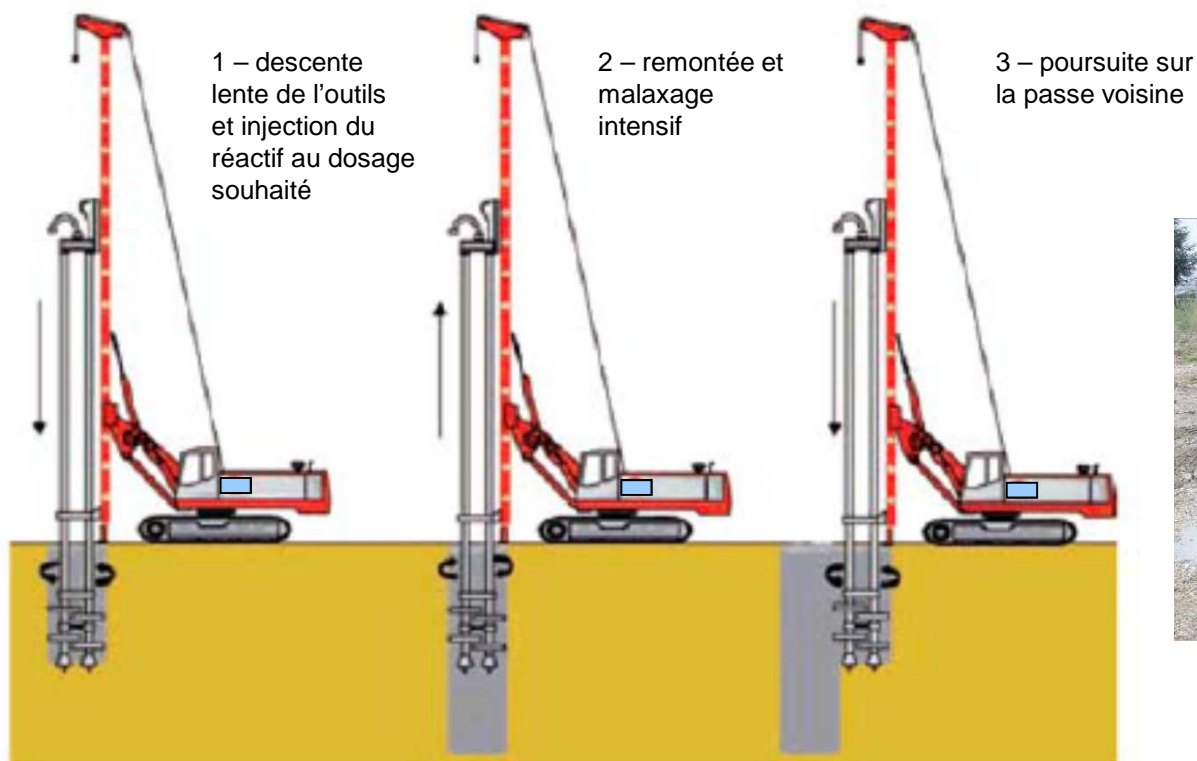
# Traitement de la zone source par soil mixing





# Principe du traitement par soil mixing

- Un malaxage des terrains en place est réalisé à l'aide de tarières spéciales, à l'extrémité desquelles des buses permettent l'injection simultanée du réactif choisi
- Réalisation de passes qui se recoupent plus ou moins en fonction de l'effet recherché
- Possibilité de traitement à des profondeurs importantes



**Technique  
éprouvée en  
fondation spéciale**





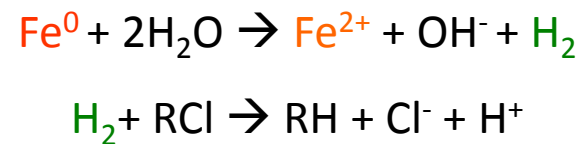
# Principe de la réaction chimique de réduction

L'efficacité de la réduction chimique a été prouvée: nombreuses références de l'utilisation du **fer zéro valent** pour la déhalogénéisation

- Réaction directe avec le fer (β-élimination): 90% des cas



- Réaction indirecte avec le fer (hydrogénolyse): 10% des cas

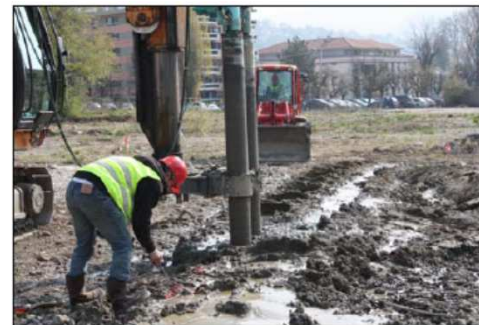


=> **Soléo Services a développé sa propre solution à base de fer micro-particulaire** : réalisée directement sur le chantier dans une unité de synthèse, pour une plus grande réactivité du produit



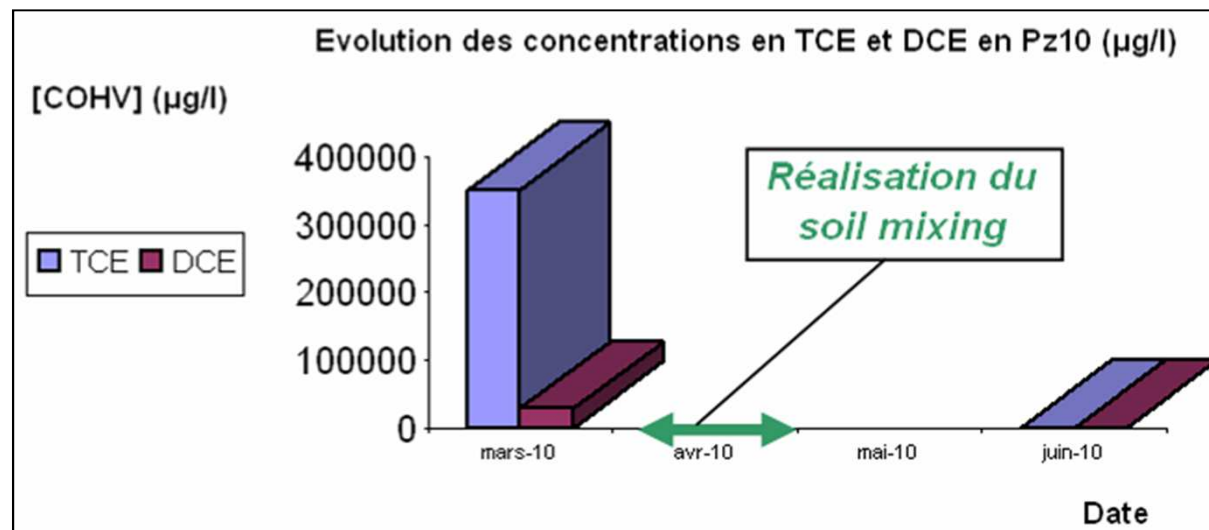
# Traitement de la zone source par MIXIS-Red®

- **Avril 2010: Soil mixing** avec injection de fer zéro valent

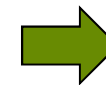


- **Reforage d'un ouvrage au cœur de la zone source (Pz10)**

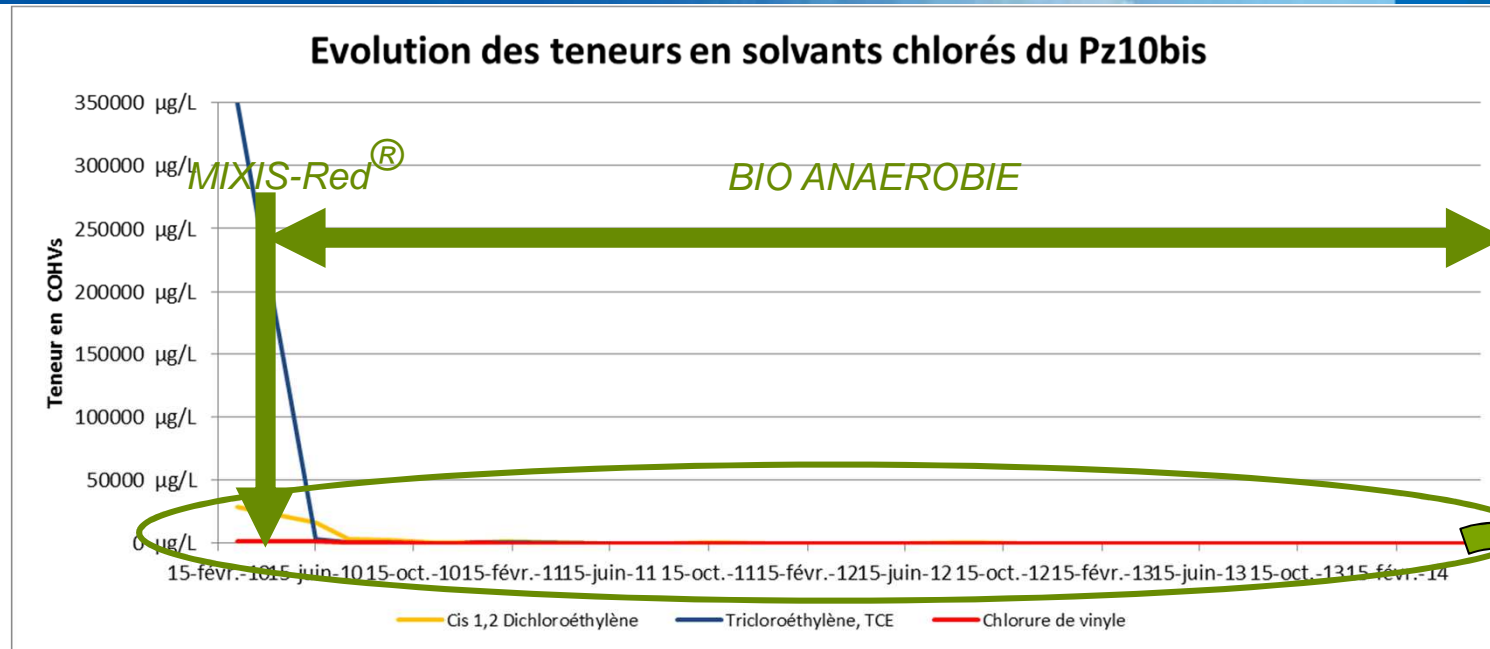
[TCE] : 350000µg/l → 49µg/l / [DCE] : 29000µg/l → 160µg/l



**99,9% Abattement  
COHVs en 1 mois**  
*Potentiel redox de  
-600mV favorable à la  
bio anaérobie*



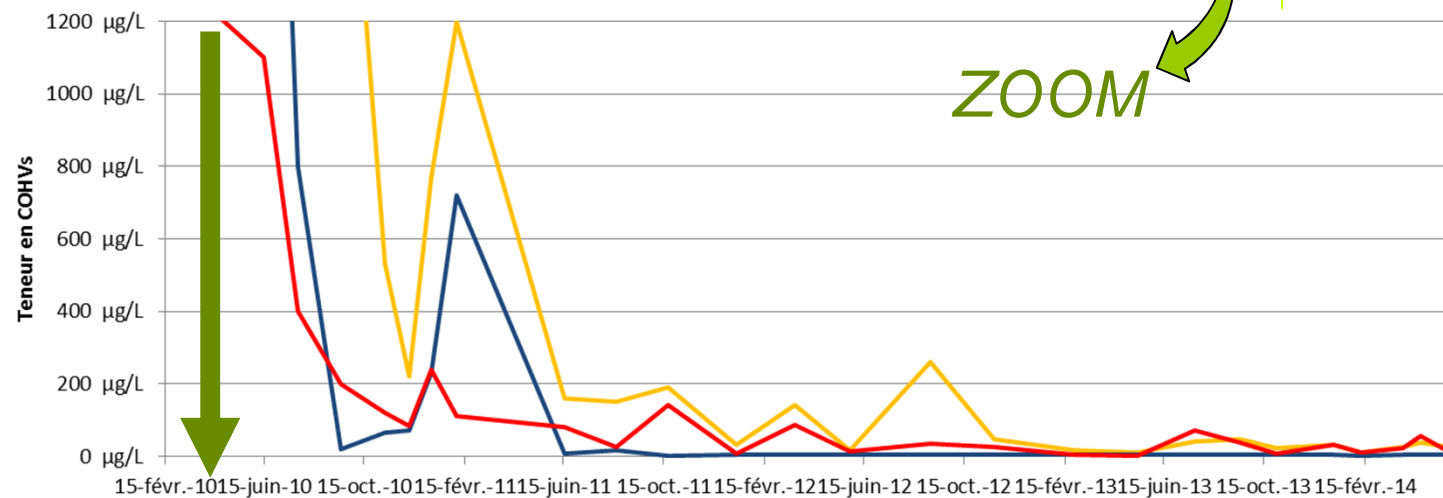
# Evolution des COHVs en zone source



**ZOOM**

Concentrations  
faibles et pérennes.  
Au 28/05/2014:

TCE	4,4 µg/L
DCE	25 µg/L
VC	14 µg/L
COHVs	44 µg/L



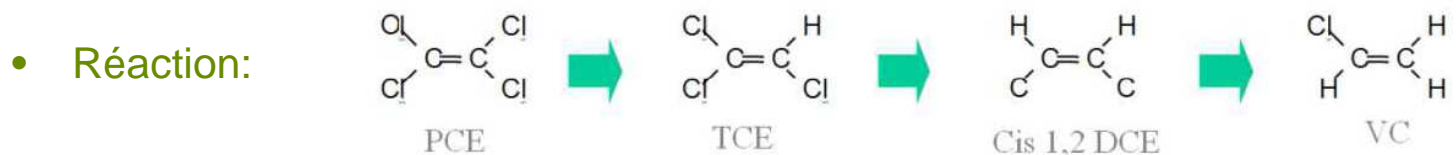


# Traitement du panache par biologie anaérobie



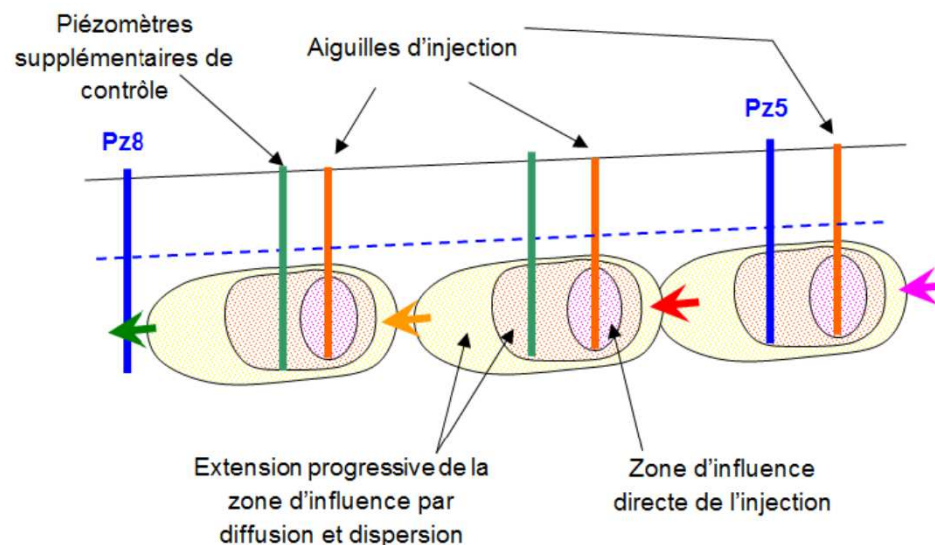
# Principe du traitement biologique anaérobie

- But: instaurer des conditions anaérobies (absence d'O<sub>2</sub> dissous et redox < -250 mV) => stimulation de bactéries (entre autre *dehalococcoïdes*) capables de déchlorer les COHVs
- Méthode: consommer l'O<sub>2</sub> dissous et fournir aux bactéries anaérobies une source de carbone facilement utilisable : donneur d'électron (type mélasse / lactate)



- Production d'éthène non récalcitrant, non toxique, facilement biodégradable en conditions aérobies, dont la minéralisation complète => CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, et Cl<sup>-</sup>

- **Principe du traitement biologique proposé (périphérie et panache):**



# Installation et démarrage du traitement biologique anaérobie

- Juin-juillet 2010: **travaux d'installation** -> forage de 42 aiguilles d'injection
- A partir d'août 2010: **injections simples** de donneur d'électrons (mélasse) en séquentiel sur 3 zones: amont, centre et aval





# Optimisation du traitement biologique anaérobie



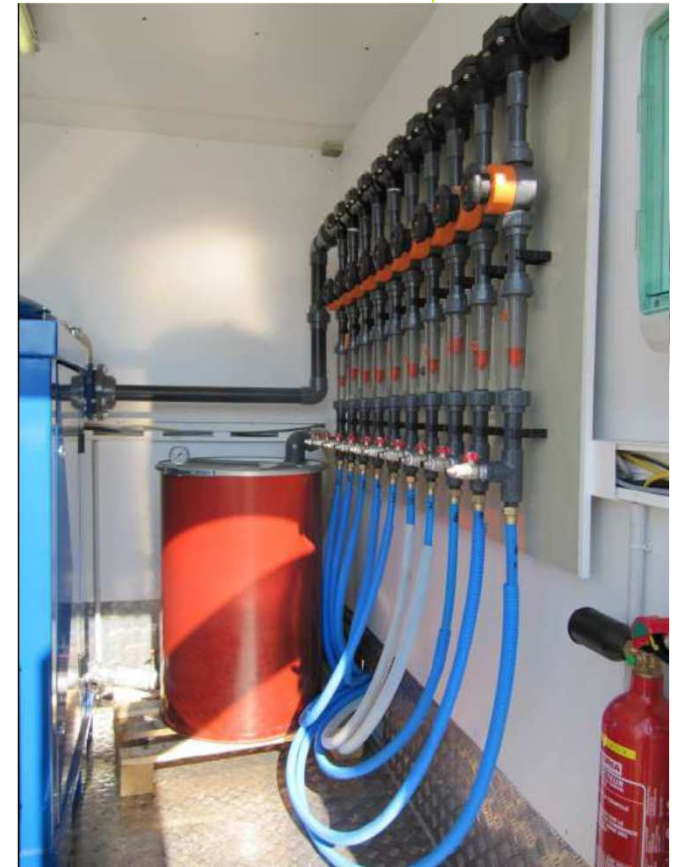
- **Octobre 2010: investigations complémentaires** -> teneurs en périphérie de la source traitée

**132 000 à 596 720  $\mu\text{g/l}$  COHVs: source résiduelle située en amont de la source traitée**

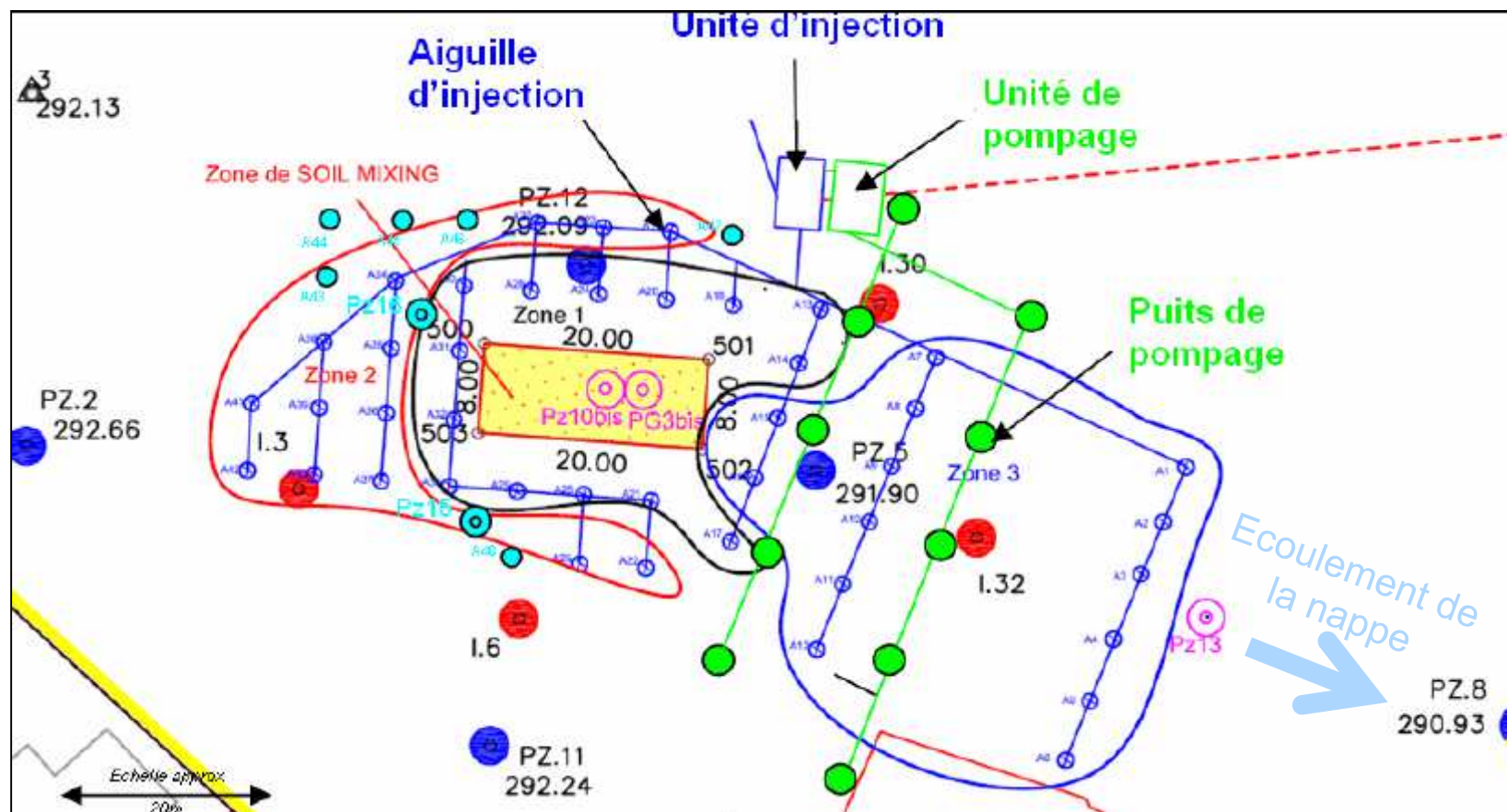
**=> CHALLENGE:** étude / chiffrage des optimisations possibles

- **Octobre 2011: optimisation du traitement** -> barrière de pompage / recirculation de 10 puits : But = couplage des phénomènes de lavage + biodégradation des COHVs
- **D'octobre 2011 à janvier 2014: recirculation** des eaux pompées et réinjections après enrichissement en donneur d'électrons (lactate)

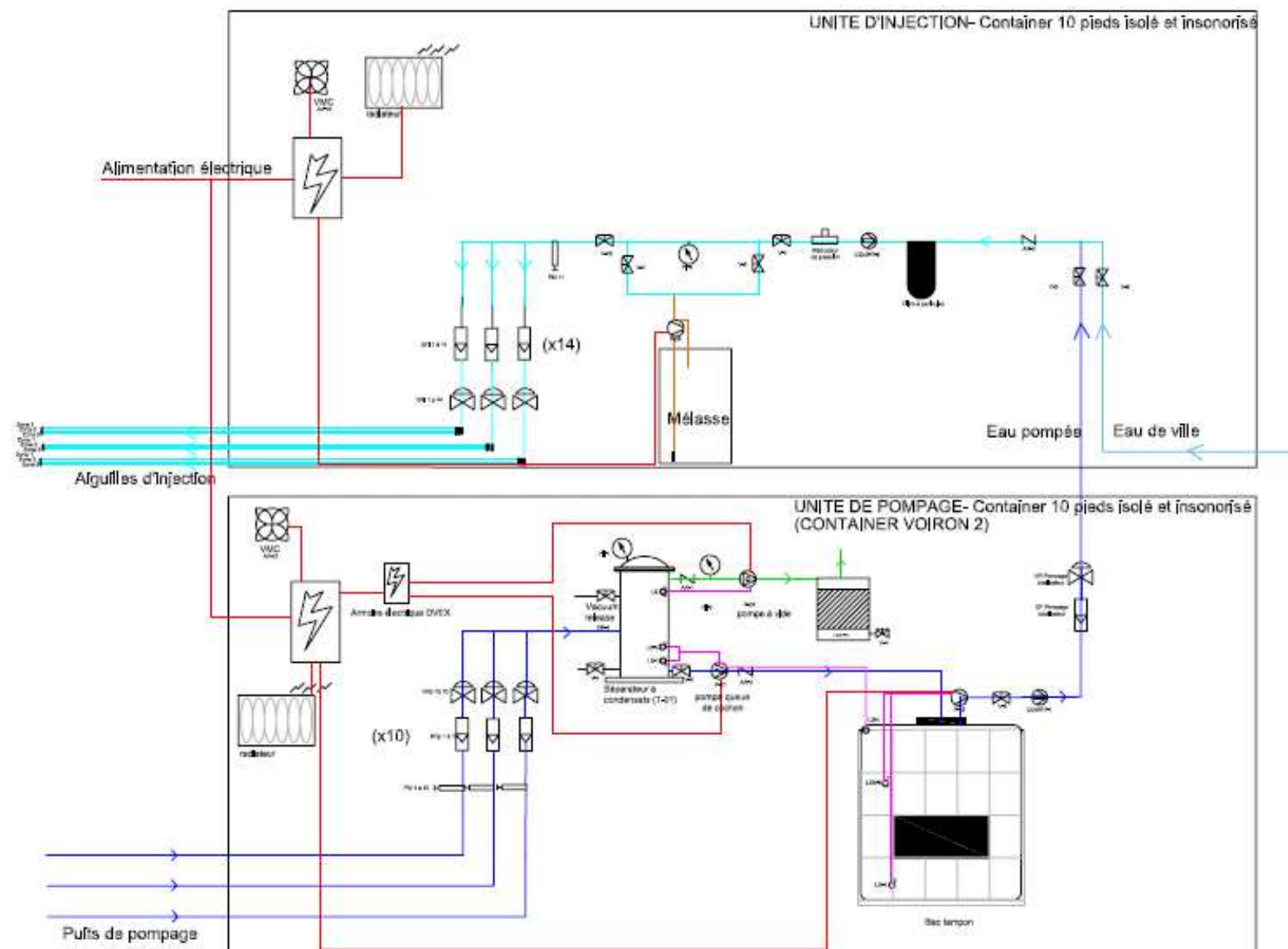
**=> Traitement initialement prévu sur 18 mois  
rallongé à 36 mois au total**



# Implantation du traitement biologique anaérobie



# Unités de traitement biologique anaérobie



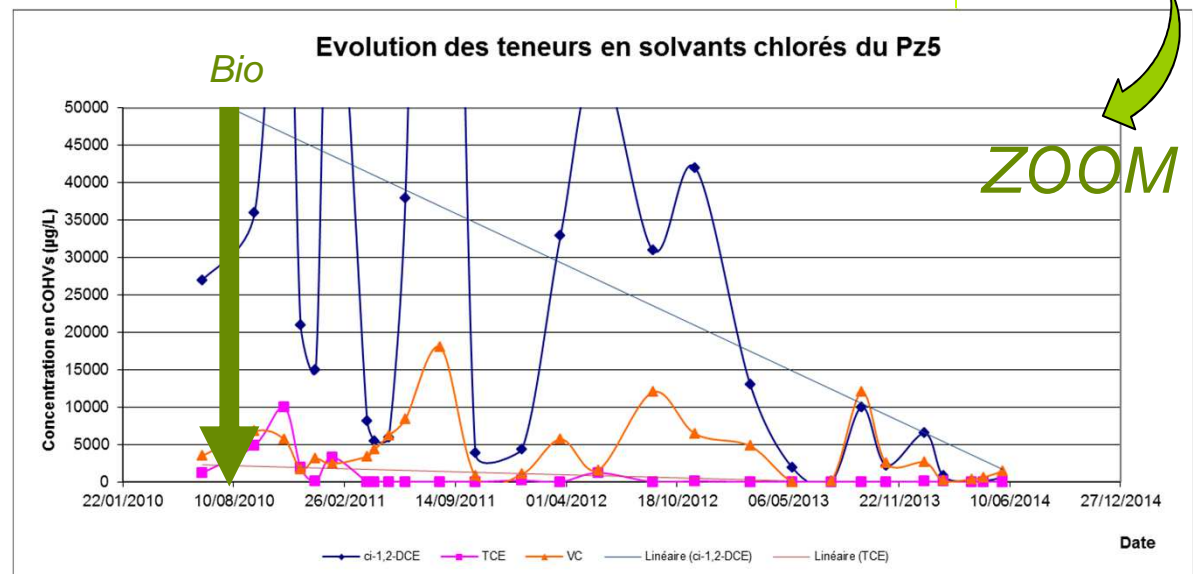
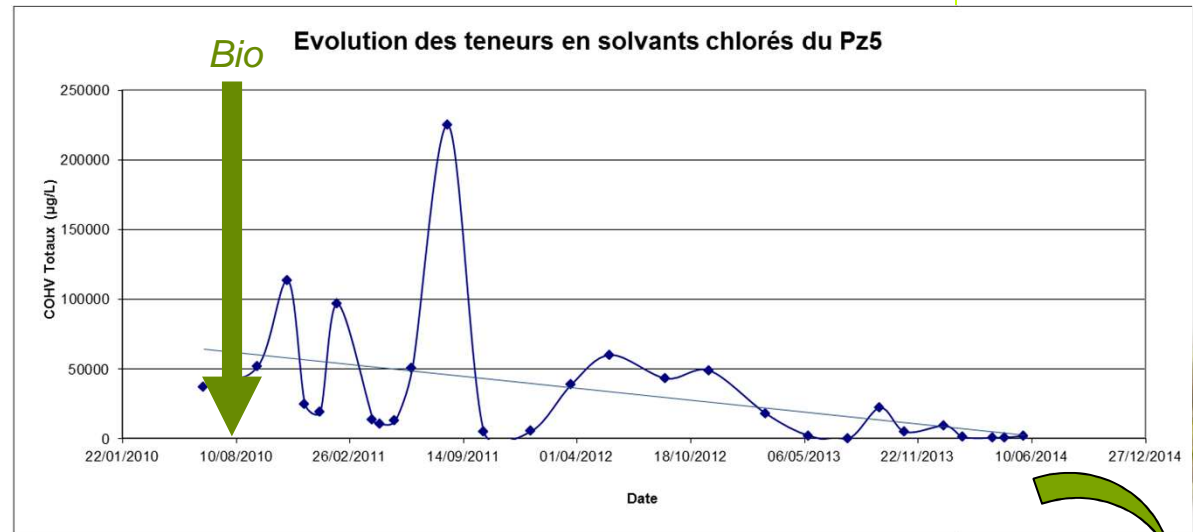


# Evolution des COHVs en aval immédiat de la source

## Aval immédiat de la source (Pz5)

- Presque plus de TCE (4,4 µg/l au 28/05/14) pour des teneurs antérieures ~10000µg/l.
- Fortes ↓DCE (550µg/l) et ↓VC (1400µg/l)
- L'encourageante ↓DCE doit aboutir à terme à la ↓VC

=> [COHVs] = 1955µg/l soit 94,7%  
abattement [COHVs] par rapport  
à avant traitement (06/2010)

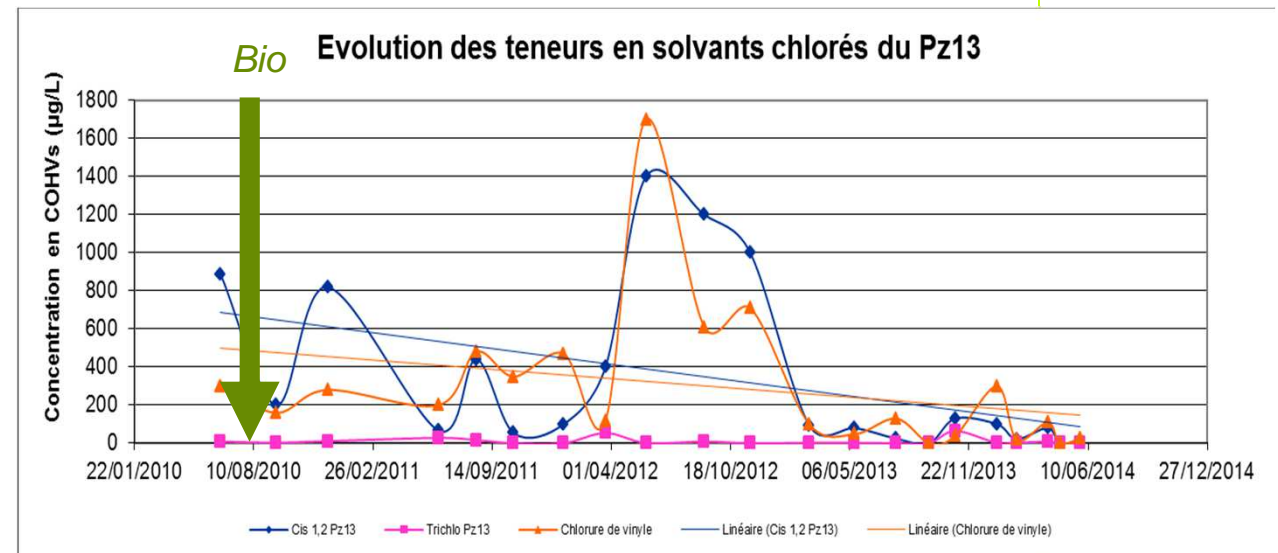
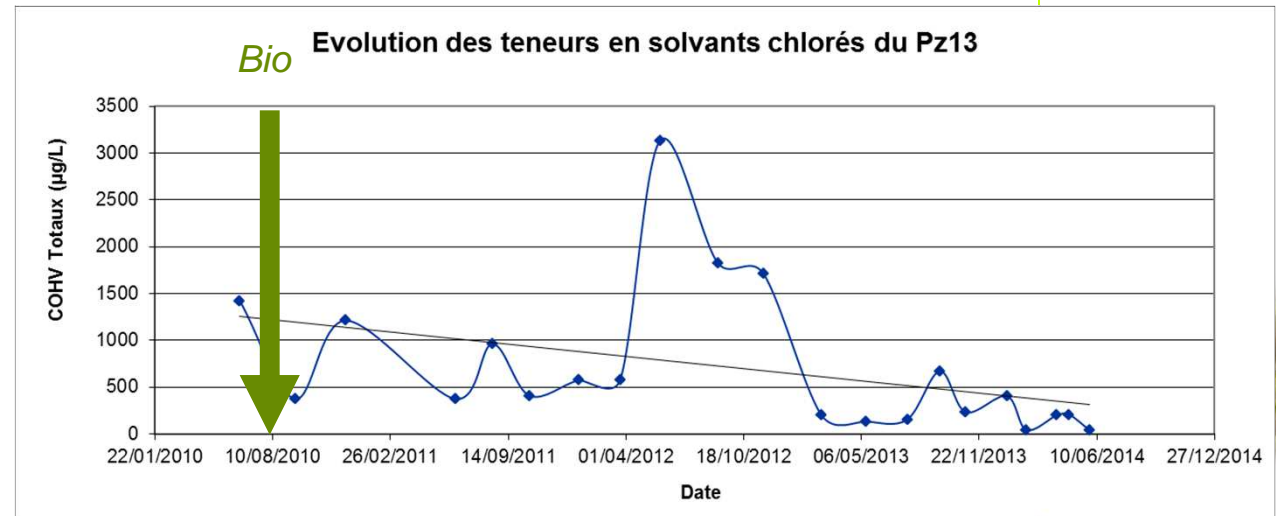


# Evolution des COHVs dans le panache aval

## Panache (Pz13)

- Baisse globale des [COHVs]
- Pas de TCE

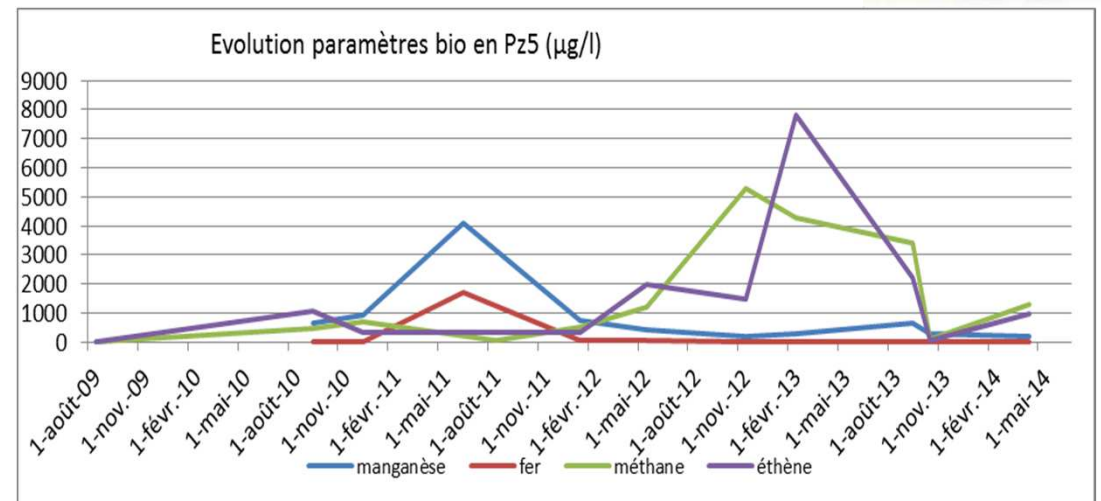
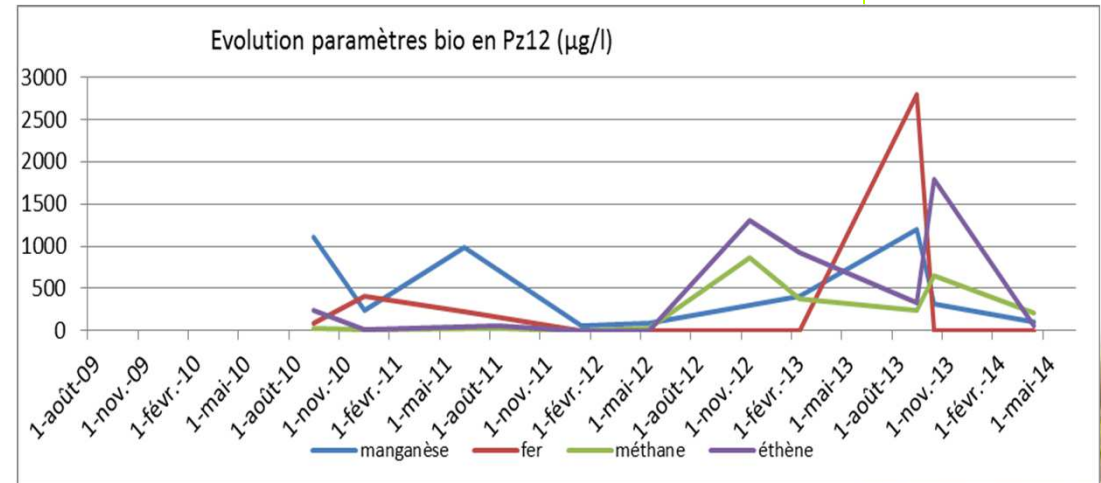
⇒ [COHVs] = 43µg/l soit 97% abattement par rapport à avant traitement (06/2010)



# Evolution des autres paramètres sur le site

## Ethène / Méthane

- ↑ générale sur site : bonne activité biologique
- Attention : possible compétition des communautés microbiennes cibles avec les méthanogènes



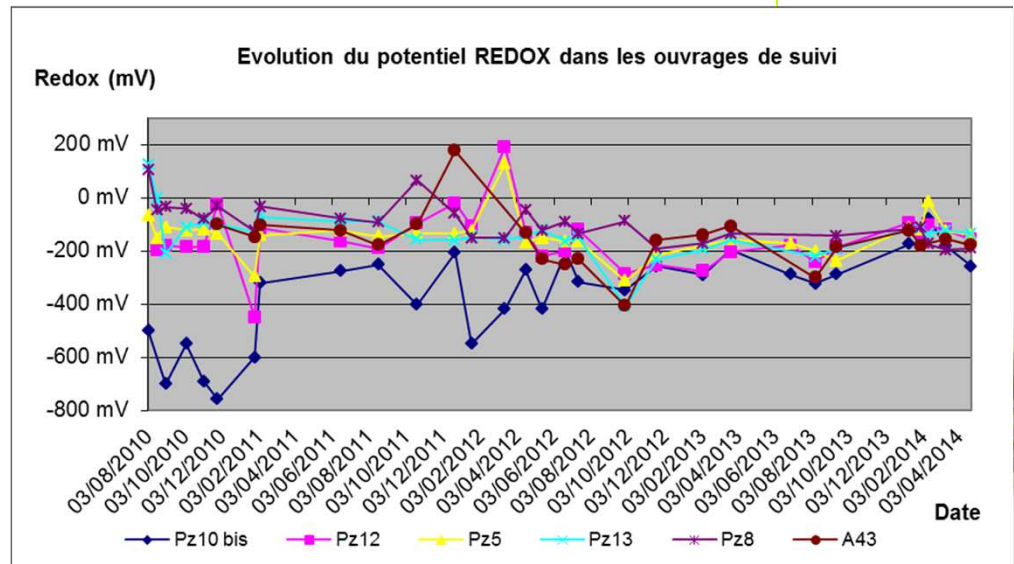


# Evolution de la physico-chimie sur le site



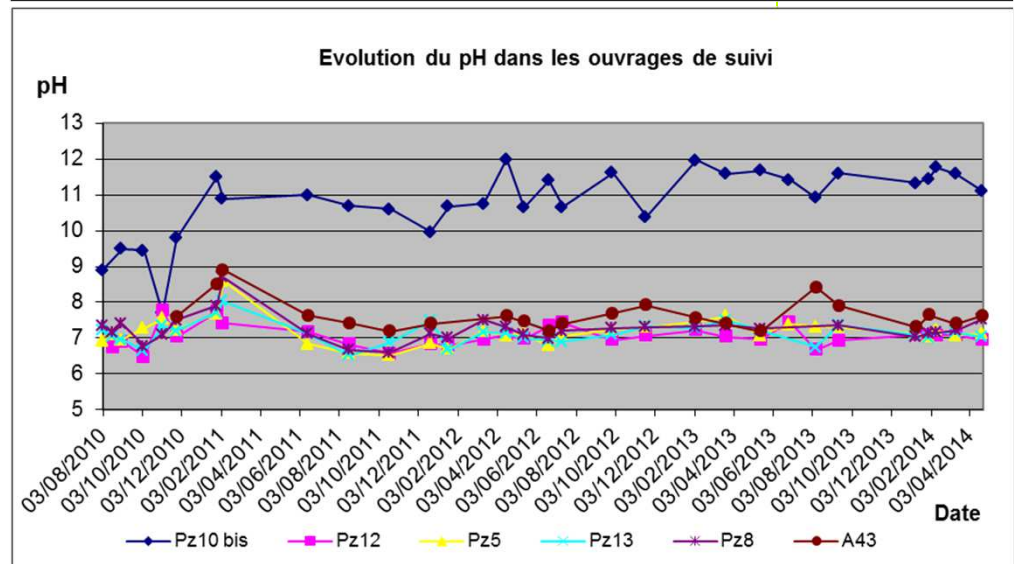
## Potentiel redox

- ↑ en Pz10 : -600mV → -250mV
- conditions de – en – anaérobies depuis le soil mixing
- ↓ générale ailleurs : -200 / -250mV.



## pH

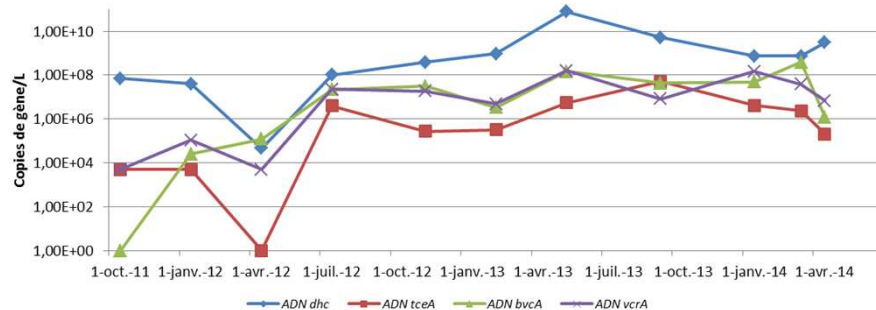
- ↑ en Pz10 : pH 11 stable depuis le soil mixing (traitement pérenne)
- pH +/- stable à pH 7 ailleurs



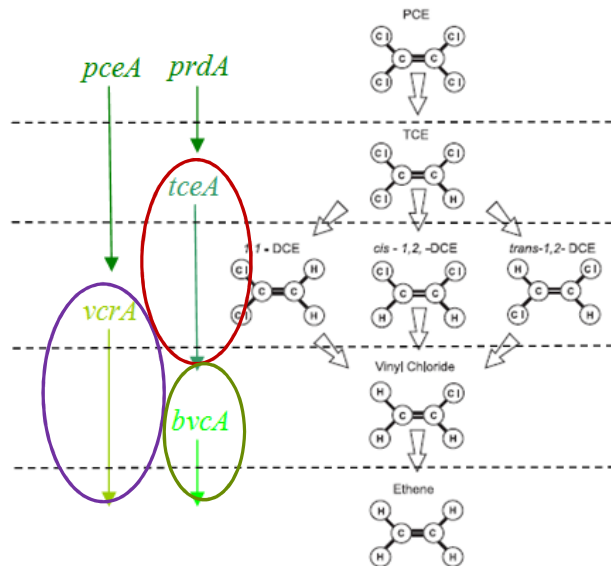
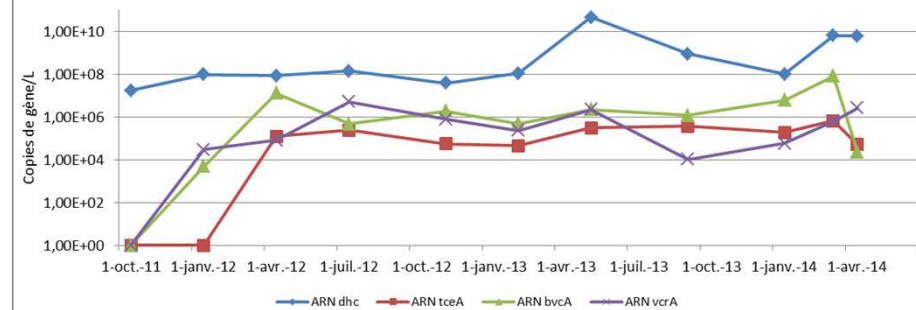
# Evolution des paramètres de suivi biologique (Pz12)



Evolution de la concentration en ADN dans le Pz12



Evolution de la concentration en ARN dans le Pz12



Gènes impliqués dans la déchloration réductive des éthènes chlorés

Augmentation très importante  
des *dehalococcoïdes* sp +  
gènes de dégradation  
(présence + activité)



Biostimulation très efficace

# Conclusions / Perspectives

## Objectifs atteints sur les zones traitées avec de très bons abattements

- Durée effective de traitement biologique: 36 mois
- 6 tonnes de donneur d'e<sup>-</sup> injecté
- Excellents indicateurs de développement biologique (*dhc*, redox, éthène...)
- Efficacité du traitement de la source (Pz10-99,9% abattement) par MIXIS-Red® pérenne et stable : [COHVs totaux] <50µg/l
- Traitement de l'aval immédiat (Pz5-94,7% abattement) très efficace: presque plus de TCE, ↓*DCE*, ↓*VC*
- Traitement du panache aval (Pz13-97% abattement) : baisse globale des [COHVs], pas de TCE
- Teneurs en TCE non négligeables subsistant sur les zones d'extension de la source (limite technique car relarguages de COHVs adsorbés)

**=> Mesures de gestion des concentrations résiduelles à adapter aux usages futurs**





# BILAN

- Traitement biologique anaérobie réalisé sur des [COHVs] très élevées
- Optimisations du traitement adaptées
- Objectifs atteints

**Un challenge relevé**



**Agence Ile-de-France et Siège**  
**ZAC des Chevries- 11, rue des Chevries - 78 410 Aubergenville**  
**Tél : 01 39 29 75 70 - Fax : 01 39 29 72 03**

**Agence Rhône-Alpes**  
**8 ter avenue du Dr Schweitzer - 69330 Meyzieu**  
**Tél : 04 72 45 32 70 - Fax : 04 72 05 81 84**

**Agence Normandie**  
**ZA route de Fécamp – RD 925 – 76 110 Goderville**  
**Tél : 02 35 10 18 14 - Fax : 02 35 10 18 17**

**Agence PACA**  
**645, rue Mayor De Montricher - Tech'Indus A3 - Pôle d'activités – 13 854 Aix en Provence**  
**Tél : 04 42 27 30 52 - Fax : 09 70 61 35 03**

**Contact**  
**[information@soleo-services.fr](mailto:information@soleo-services.fr)**

**[www.soleo-services.fr](http://www.soleo-services.fr)**