

Assainissement par déchloration séquentielle de solvants chlorés:

Une approche systématique vers la mise
en oeuvre

Markus Ackermann, DuPont
Chloronet, Soleure, 29 septembre 2010



Contenu

Cas d'exemple pour la mise en oeuvre systématique d'un projet
d'atténuation naturelle renforcée de solvants chlorés par déchloration
séquentielle.



3

L'endroit du projet: la Gruyère



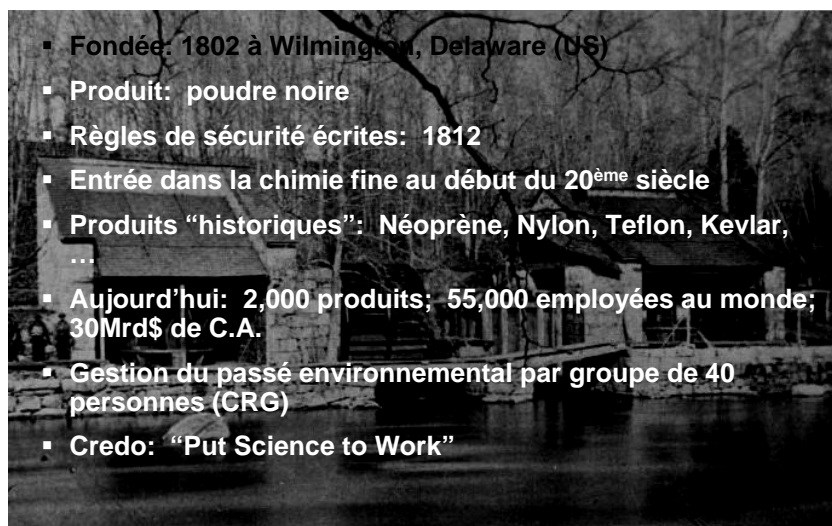
La Gruyère c'est

- Un paysage à altitude moyenne de 1,200 m et d'une température moyenne de 8°C
- 46,000 habitants
- 28,000 t/an de fromage
- 1 usine de DuPont, à Bulle → 9,000 de vernis en poudre.



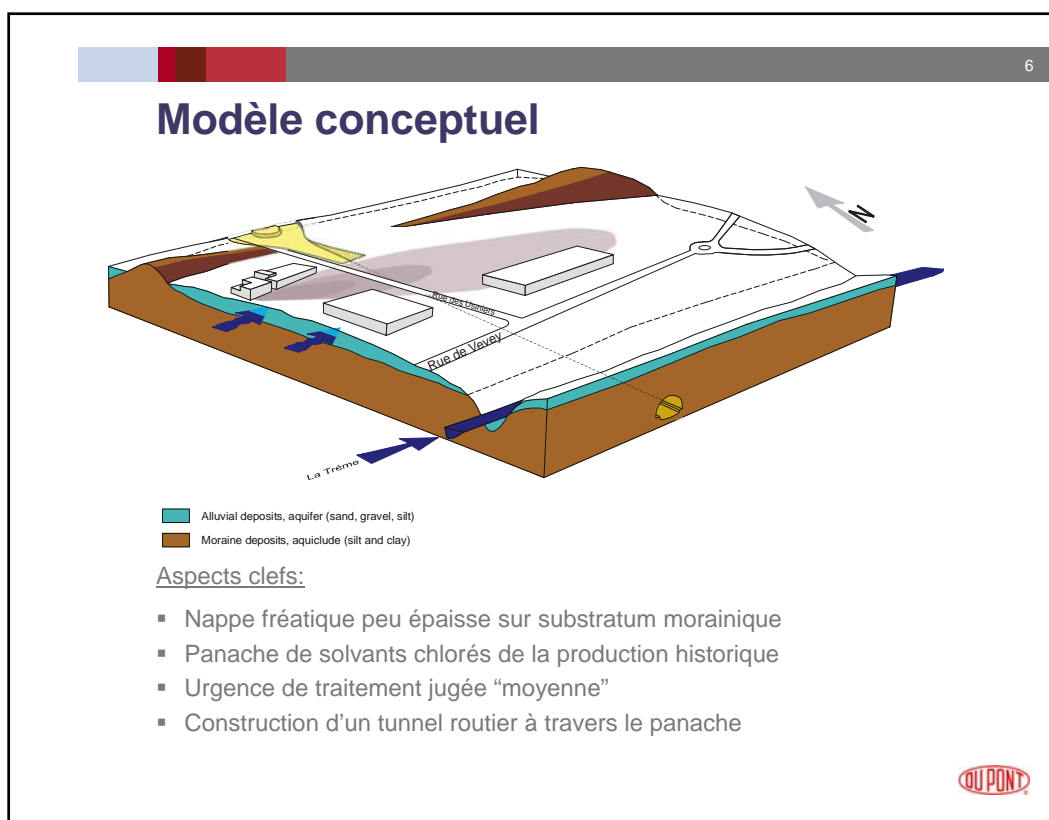
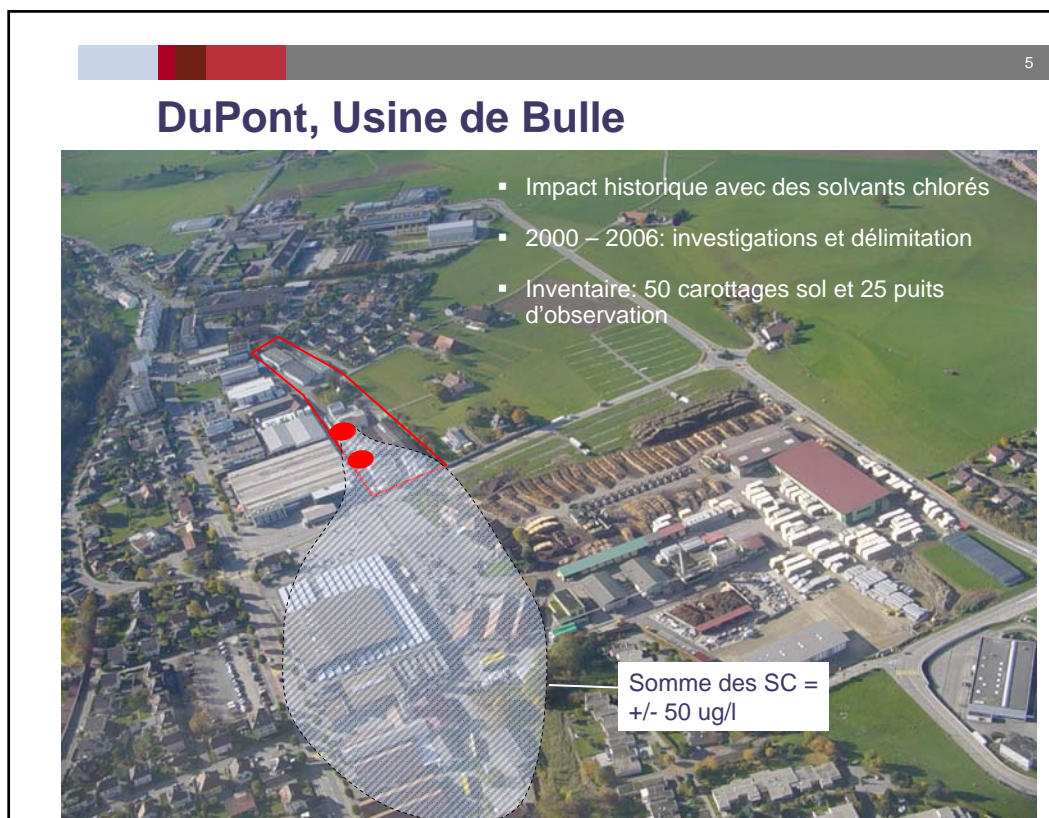
4

DuPont: vue de la société



- Fondée: 1802 à Wilmington, Delaware (US)
- Produit: poudre noire
- Règles de sécurité écrites: 1812
- Entrée dans la chimie fine au début du 20^{ème} siècle
- Produits "historiques": Néoprène, Nylon, Teflon, Kevlar, ...
- Aujourd'hui: 2,000 produits; 55,000 employés au monde; 30Mrd\$ de C.A.
- Gestion du passé environnemental par groupe de 40 personnes (CRG)
- Credo: "Put Science to Work"





7

Sélection de la technologie

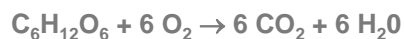
- Contraintes et conditions (2004?)
 - Usine en exploitation (espace, emprise au sol)
 - Aquifère à faible débit, flux préférentiels
- Stratégie:
 - Appliquer une technologie à finalité (durabilité vs. confinement)
 - Optimiser l'empreinte écologique du projet
 - Mettre en oeuvre une technologie novatrice (2005)
- Approche
 - Agir sur zones sources
 - Surveillance des effets du traitement sur le panache
 - (Atténuation naturelle aussi dans les zones sources?)

→ Atténuation naturelle renforcée par déchloration séquentielle



8

Déchloration réductrice: fonctionnement (1/2)



Donneur d'Electrons (Nutrient) + Accepteur d'Electrons (Respiration)

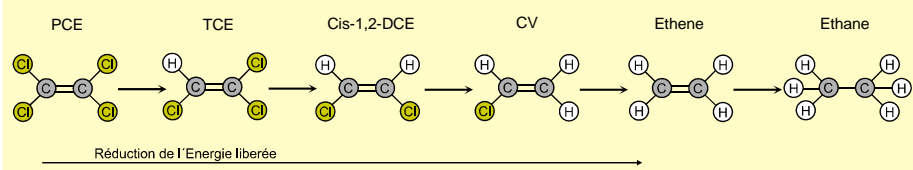
Accepteurs d'Electrons naturels :

- O_2 , NO_3^- , Fe_3^+ , SO_4^{2-}

Acceptors d'Electrons :

- Solvants chlorés (PCE, TCE, ...)

Déchloration Réductrice Séquentielle



9

Déchloration réductive: fonctionnement (2/2)

■ Accepteurs d'Electron :

■ O_2 , NO_3^- , Solvants, Fe^{3+} , SO_4^{2-}

Decreasing Redox Potential →

⇒ Mesurer les concentrations des différents accepteurs d'électrons

10

Approche technique

■ Etapes

1. Analyse des bactéries de type "Dehalococoides"
2. Analyse des produits de dégradation (indicateurs géochimiques) dans les eaux souterraines
3. Tests de laboratoire "Microcosme" pour déterminer le meilleur donneur d'électrons, bioaugmentation, et demi-vies
4. Modélisation FeFlow (écoulement et transport réactif)
5. Test pilote → décision sur échelle finale.

11

Flore bactérienne, 2006

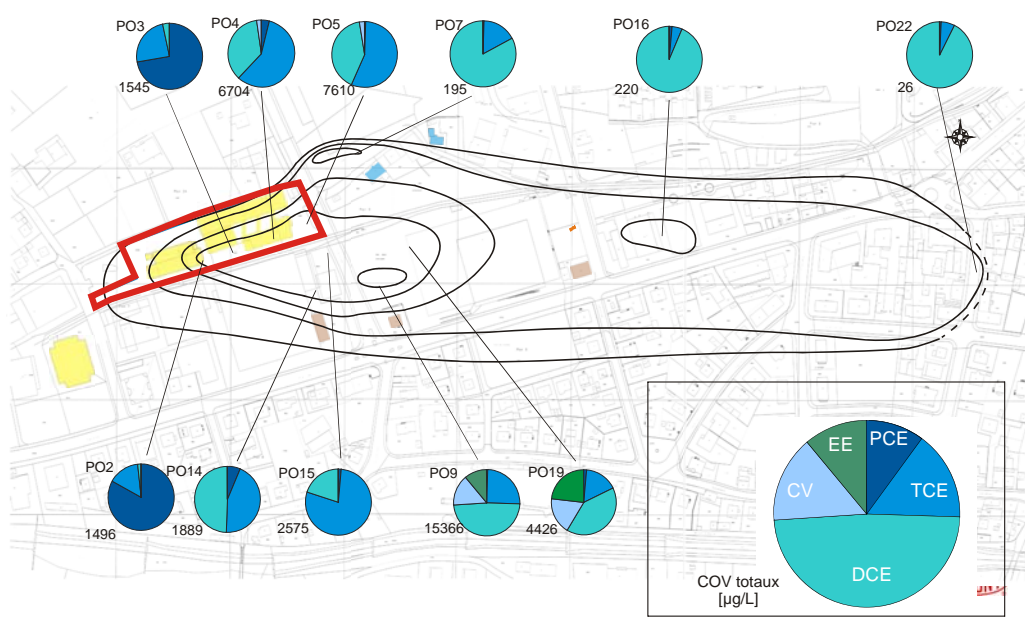
	<i>Dehalococcoides</i> sp.	<i>Dehalobacter restrictus</i>	<i>Desulfobacterium</i> sp.	<i>Sulfospirillum multivorans</i>
Po1	+	-	-	-
Po2	+	-	-	-
Po3	+	-	-	-
Po4	+	+	+	+
Po5	+	+	+	+
Po6	+	-	-	-
Po7	+	-	-	-
Po8	+	-	-	-
Po9	+	-	-	+
Po10	+	-	-	-
Po11	-	-	-	+
Po12	+	+	-	-
Po13	+	-	-	-
Po14	-	-	-	+
Po15	+	-	-	+
Po16	+	-	-	-
Po17	+	-	-	-
Po18	+	-	-	-
Po19	+	-	-	-
Po20	+	-	+	-
Po21	+	-	+	-
Po22	-	-	+	-
Po23	+	-	+	-
Stats	87%	13%	26%	26%

(EPFL, 2006)



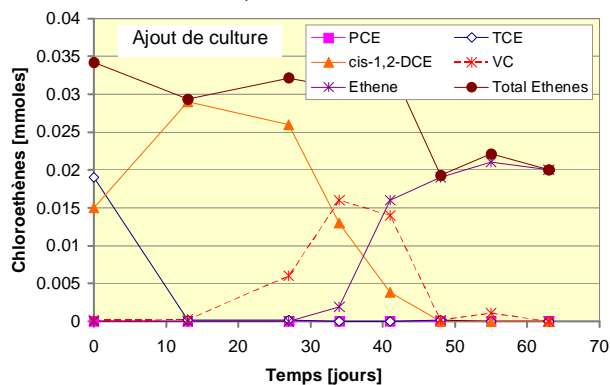
12

Situation naturelle, 2006



13

Tests de laboratoire, 2006



Traitement	Provenance	Demi-vie [d]		
		TCE	Cis-DCE	VC
Anaérobie Stérile	Source	785.5	1445.1	202.3
Anaérobie Naturel	Source	35.0	-	486.2
SRS	Source	3.7	5.1	8.5
Lactate de Sodium	Source	3.5	3.3	3.3
SRS plus KB-1	Source	3.4	2.6	1.5
Lactate de Sodium plus KB-1	Source	3.3	3.3	2.2
Lactate de Sodium plus KB-1	Queue	6.9	2.9	3.3
Lactate Sodium	Queue	8.4	1.7	1.9

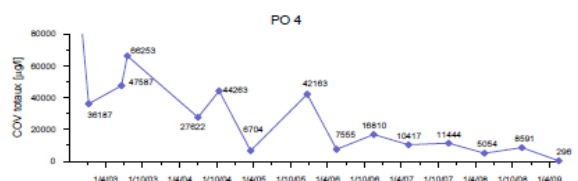
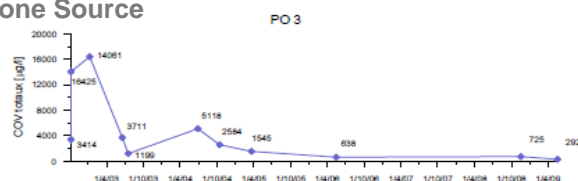
(SIREM, CA, 2006)



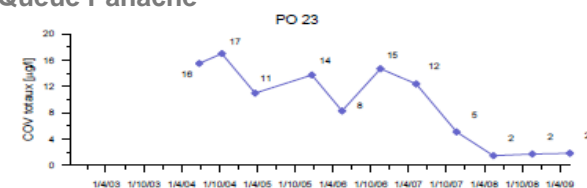
14

Surveillance de la nappe (2002 -- ...)

Zone Source



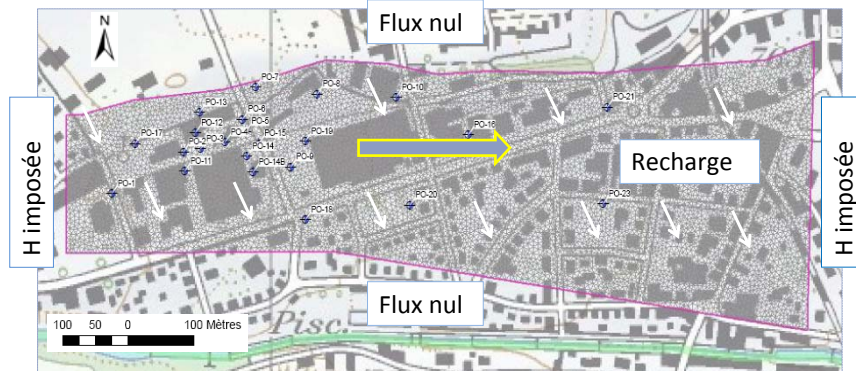
Queue Panache



15

Modèle numérique (2007 – 2010)

Surface 28.5 ha



(M.-C. Peyron, CHYN 2008)

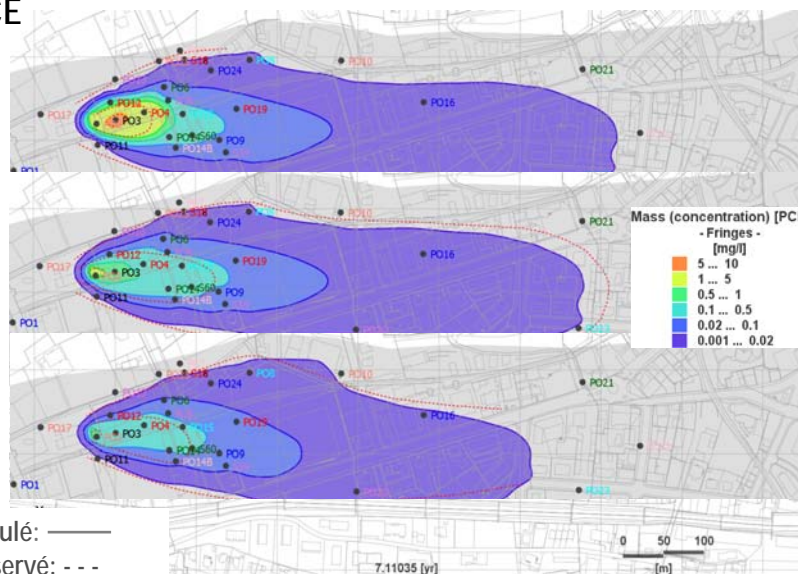
15



16

Calibration du modèle de transport

PCE



01.10.2002

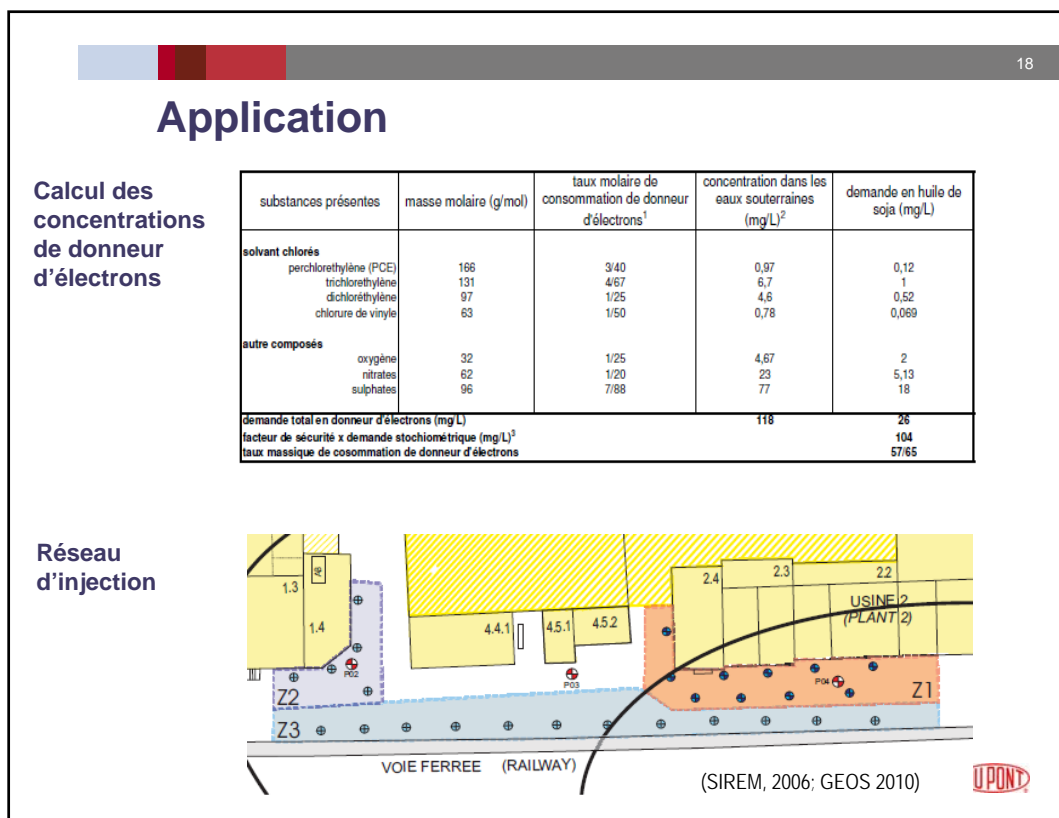
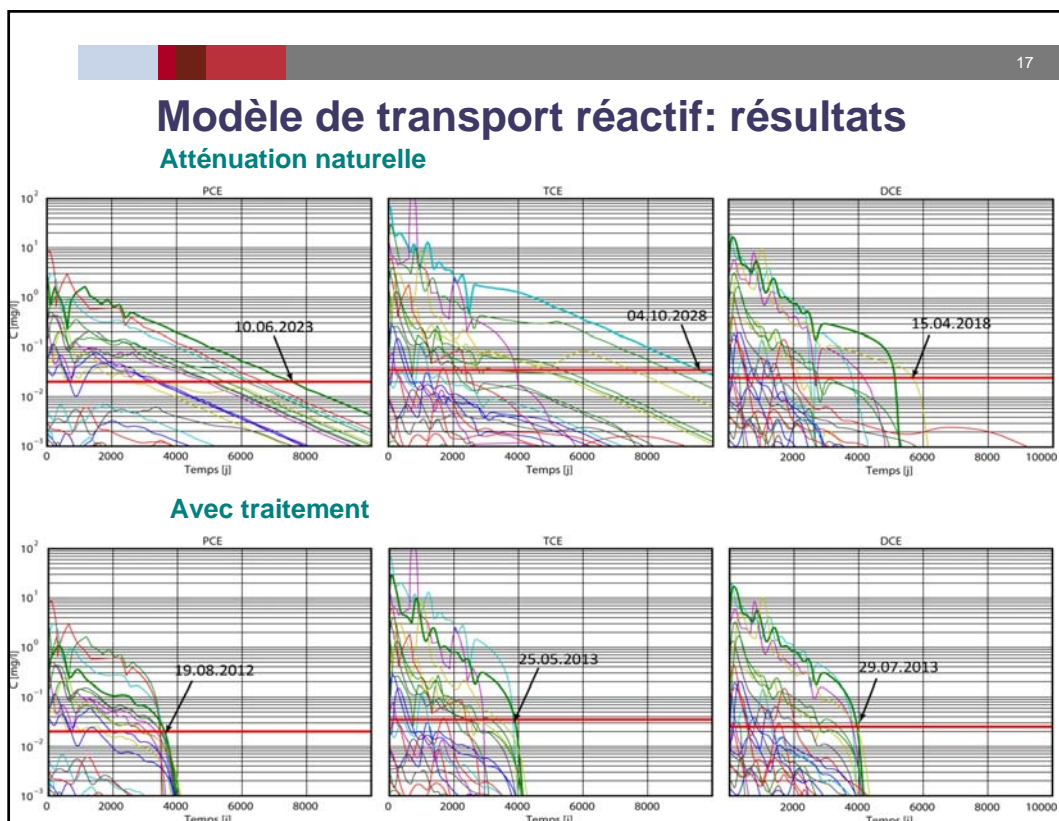
01.10.2006

01.11.2009

Simulé: —
Observé: - - -

16





19

Coût d'Assainissement

	Coût [Sfr.]		
	Traitement et pompage	Déchloration réductive	
Etudes	-	50,000	Flore bactérienne, géochimie, tests labo
Modèle numérique écoulement	25,000	50,000	Modèle numérique de transport réactif
Plan de mise en œuvre	25,000	40,000	Plan de mise en œuvre
Projet d'assainissement	30,000	30,000	
<i>Sous-total</i>	<i>80,000</i>	<i>170,000</i>	
Installation			
Puits, réseau tuyaux, unité de traitement	100,000	30,000	Pointes d'injection (10)
		40,000	Ajout donneur d'électrons
<i>Sous-total</i>	<i>100,000</i>	<i>70,000</i>	
Exploitation (annuelle)			
Location et maintenance de l'équipement	75,000	10,000	Contingence pour 3 répétitions
Surveillance des eaux souterraines	30,000	40,000	Surveillance renforcée
<i>Sous-total</i>	<i>105,000</i>	<i>50,000</i>	
Total Projet 10 ans	10	1,230,000	740,000



20

Conclusions

- Une connaissance intégrale des conditions environnementales est indispensable pour la meilleure définition de l'approche d'assainissement (pas d'actionisme)
- Patience avec les processus naturels
- Adapter les moyens aux besoins



