

Journées techniques
28 et 29 mai 2013

Gestion des sites et sols
pollués



Les substances volatiles : caractérisation, modélisation des transferts, surveillance

Retour d'expérience des projets CITYCHLOR, FLUXOBAT et ATTENA

Application de la démarche d'Atténuation Naturelle sur un site contaminé aux solvants chlorés

Sébastien Kaskassian, BURGEAP Recherche & Développement



Le site 1bis = activités, contexte, historique

> Stockage depuis 1970 (avant 1970, champs)

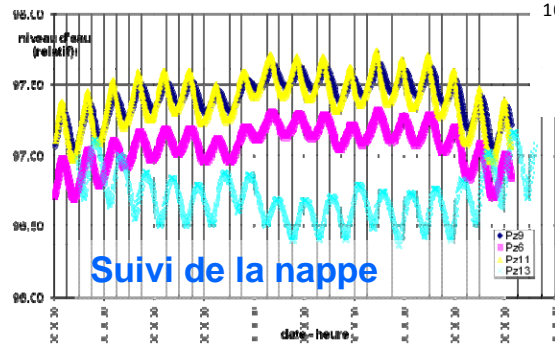
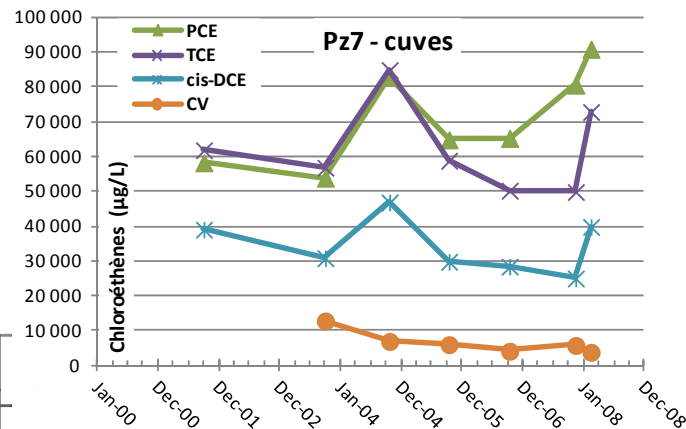
- 1970-1988 : stockage de solvants dans cuves, démantèlement des cuves en 1988
- 1970-1997 = poudres et sels dans le bâtiment
- Incidents, dont 1 renversement de wagon de 80 m³ (PCE ou TCE) dans les années 1980



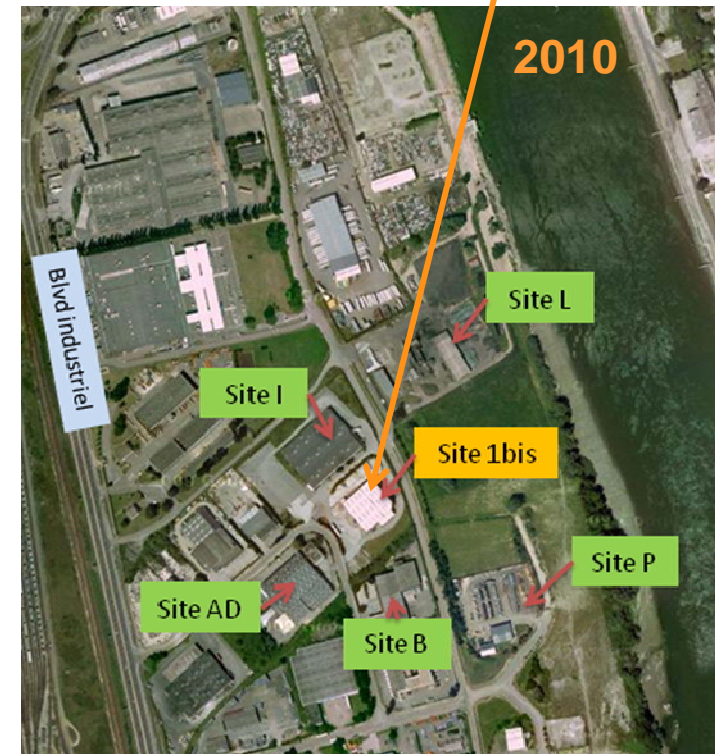
> Etudes antérieures (2000-2008)

- Diagnostic initial (sol, gaz du sol)
- Suivi de nappe depuis 2000 :

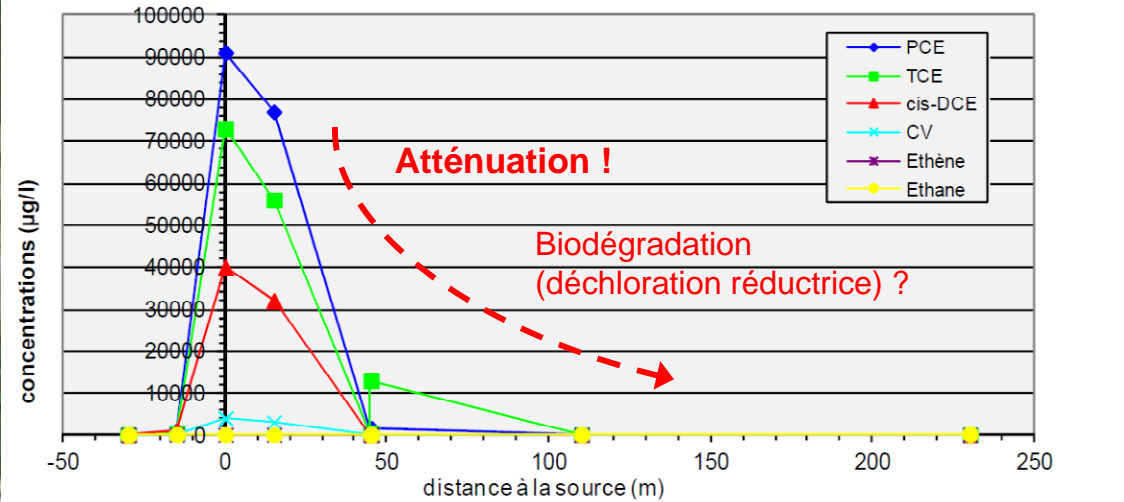
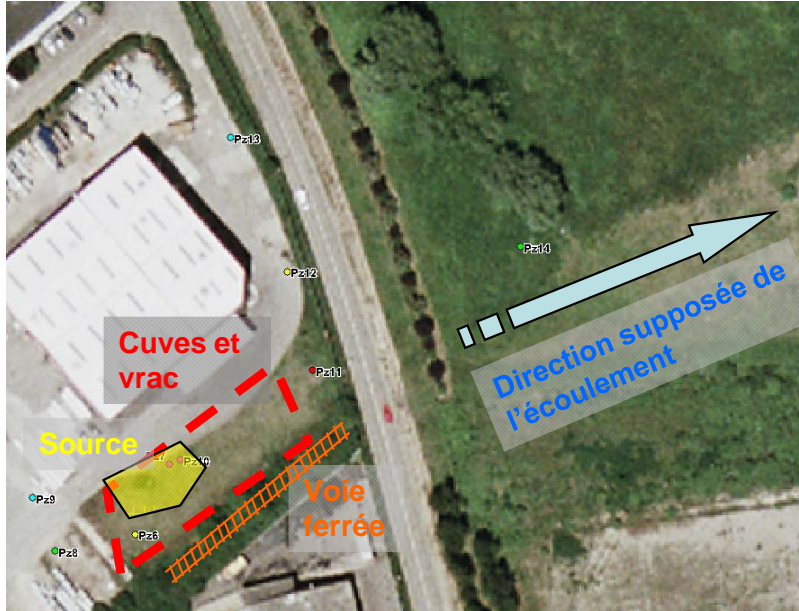
Concentrations stables
Peu d'ouvrages hors site



- Fort marnage

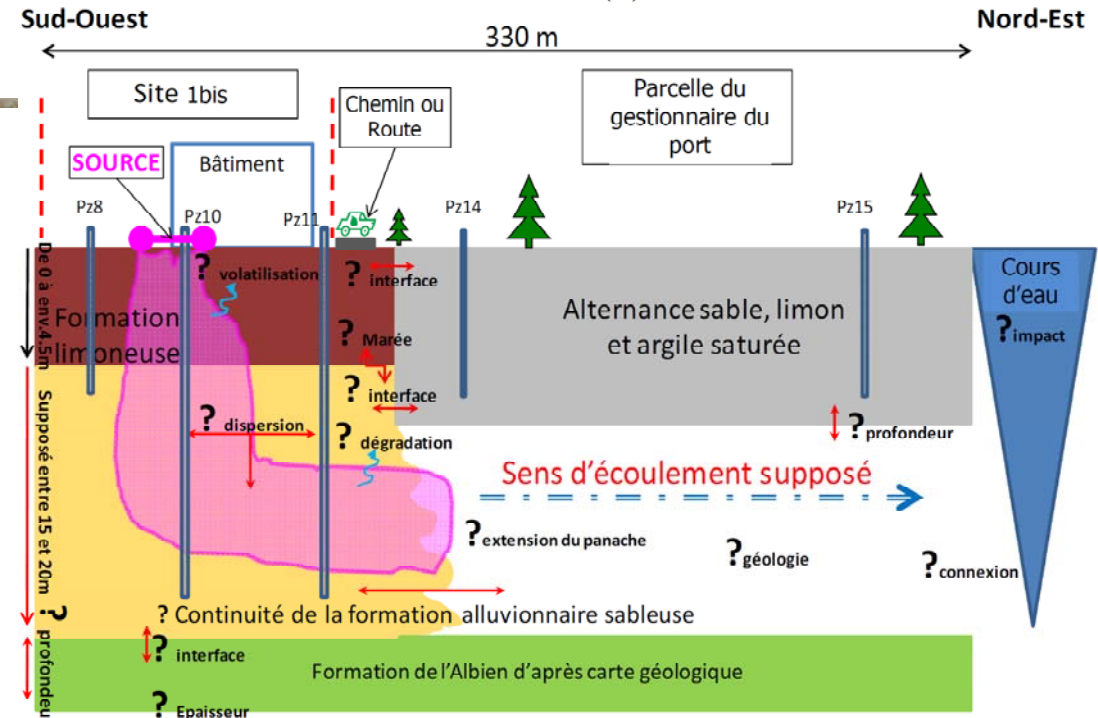


Le site 1bis = 1^{ère} évaluation (2008)



> Incertitudes du modèle conceptuel

- Lithologie / écoulements / échanges nappe - rivière
- Source / Panache : extension, mécanismes AN
- Cibles industrielles : AEI, bureaux
- Bon état des cours d'eau # 2023

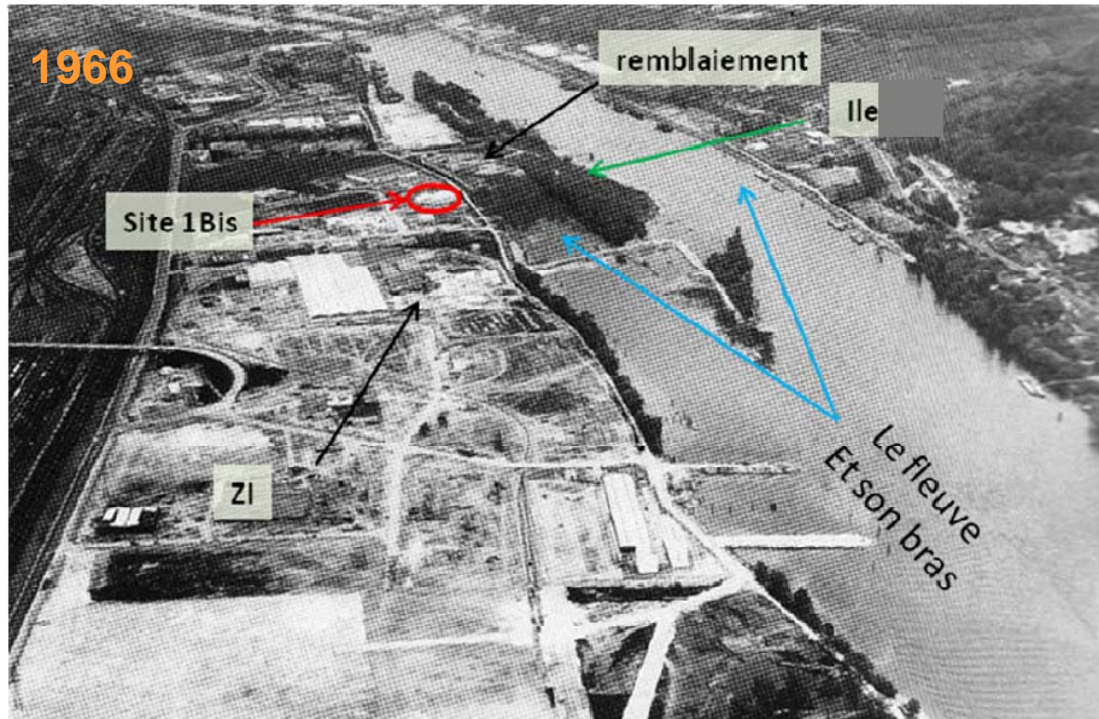


Compléments d'hydrogéologie (2009)

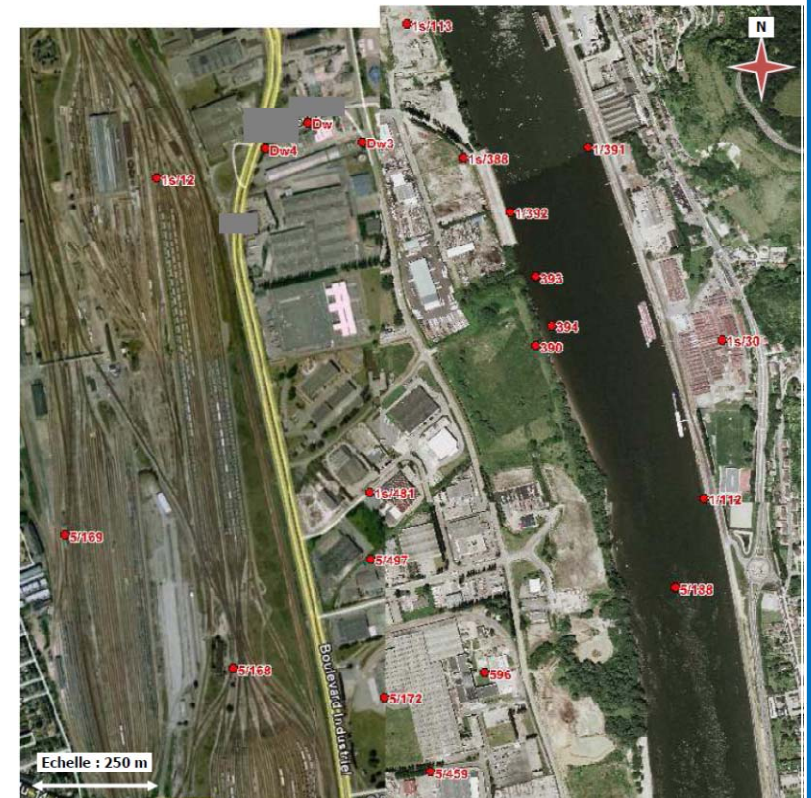
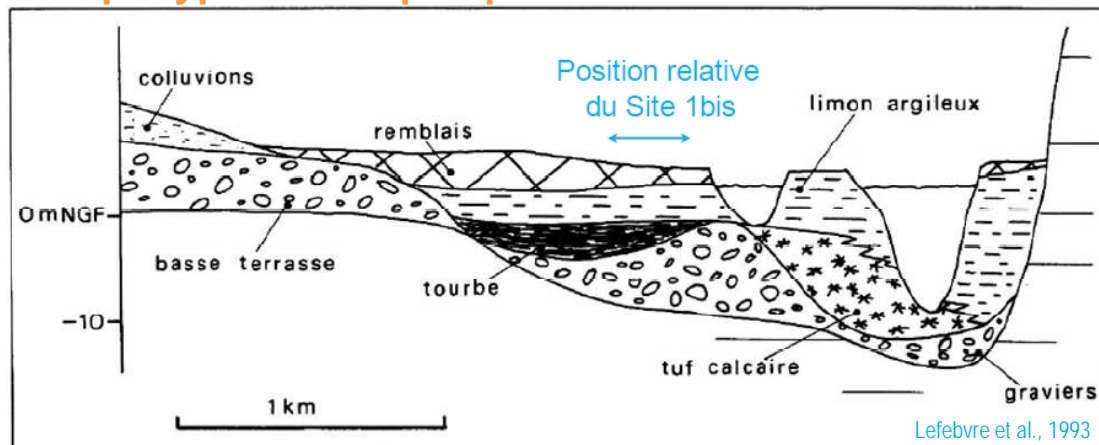
> Recherche documentaire

- Comblement d'un bras du fleuve
- Coupe type de la vallée alluviale
- Compilation des coupes géol. (BSS, sources internes, bathymétrie ...)

Impact de la stratification lithologique sur les écoulements ?



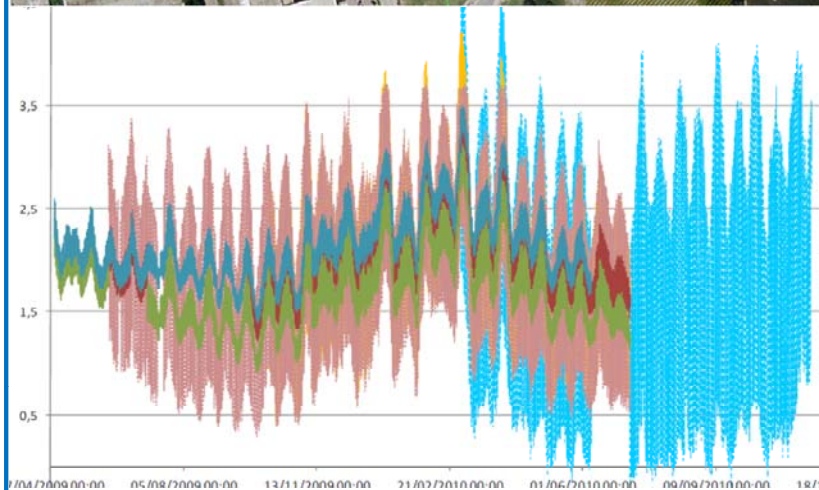
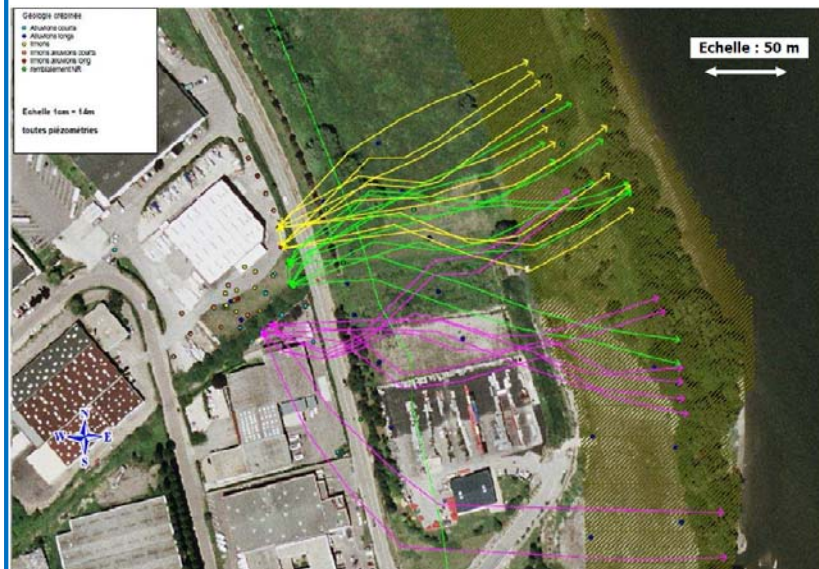
Coupe type située quelques km en aval du site



Caractérisation des écoulements

> Suivi de la nappe sur 3 ans (2009-2011)

- plusieurs campagnes piézométriques + suivis continus en 10 Pz & fleuve
- Marnage prononcé ($\Delta t \# 6$ h)
- Directions d'écoulement transitoires, fleuve alimente la nappe ~25% du temps

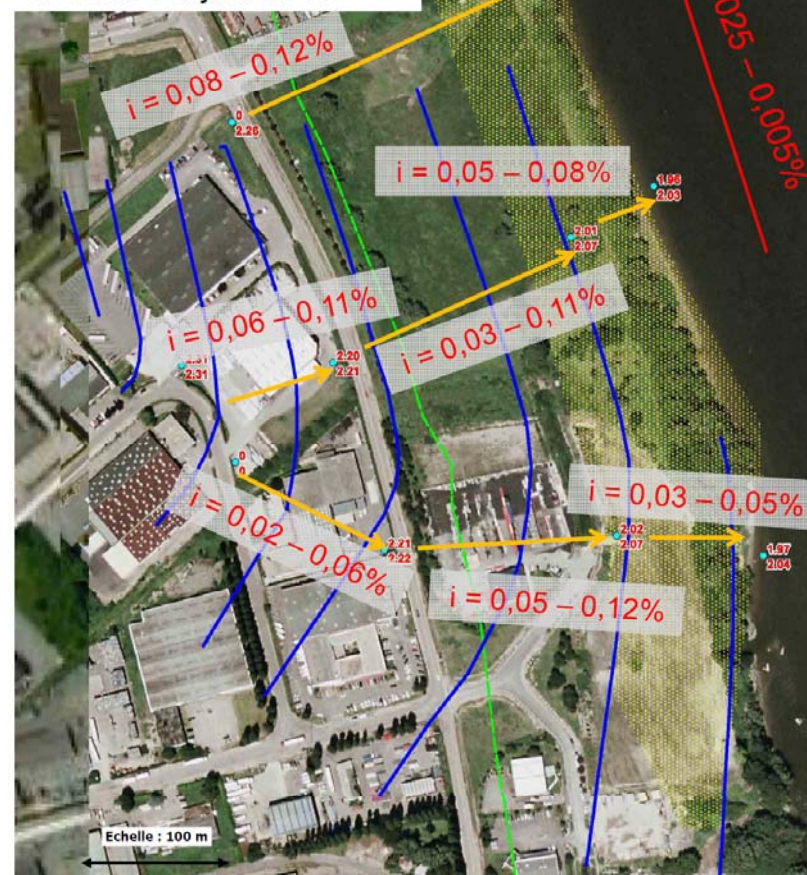


Définition
d'un régime
moyen
d'écoulement

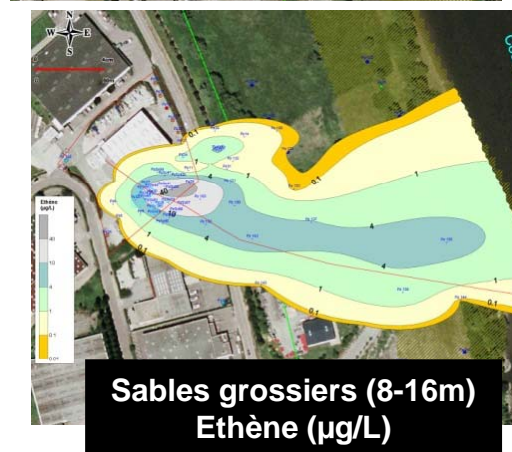
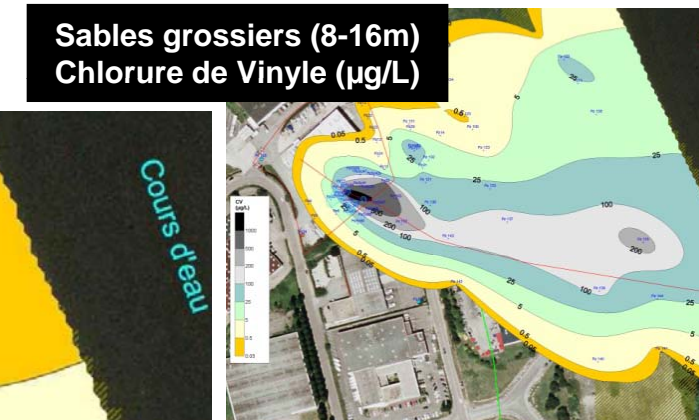
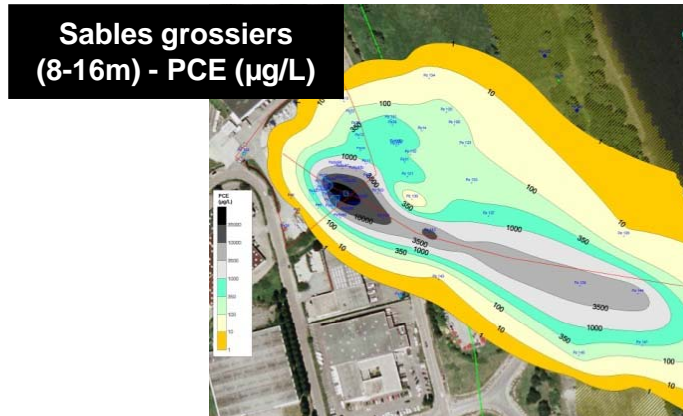
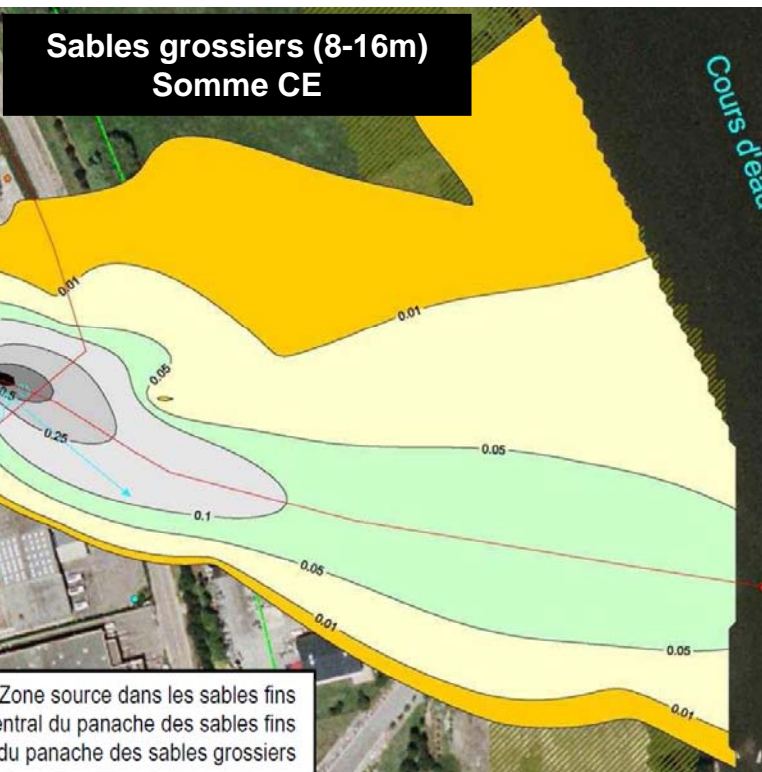
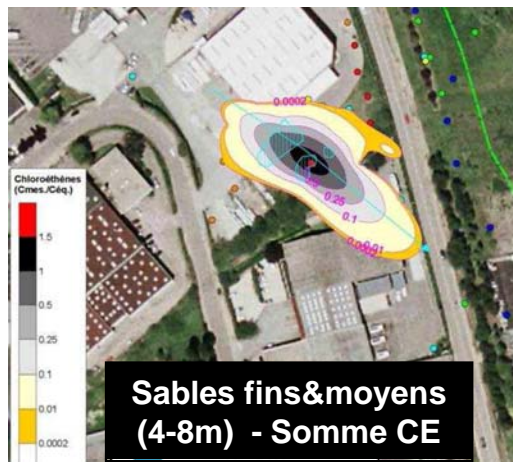
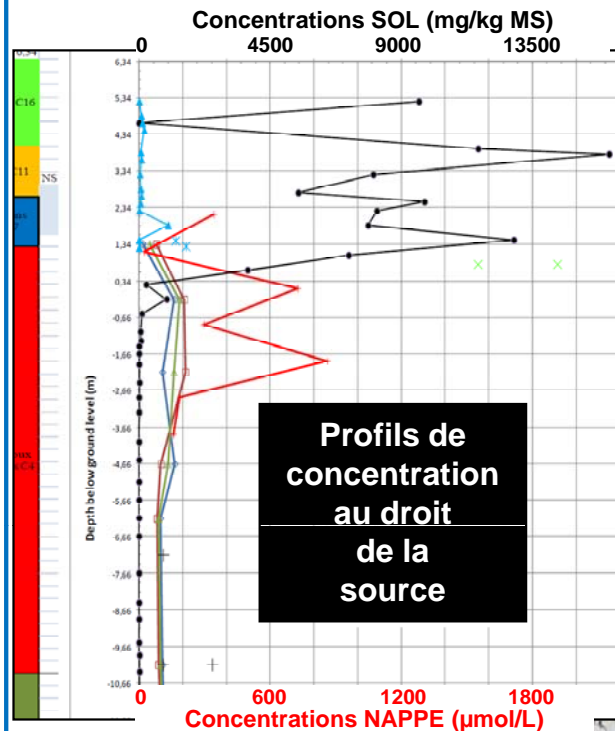


Tracés
confirmés par
la forme des
panaches en
solvants
chlorés

Niveaux moyens mesurés
de mars à juin 2010
de oct.09 à juin 2010



Panaches des chloroéthènes dissous en nappe

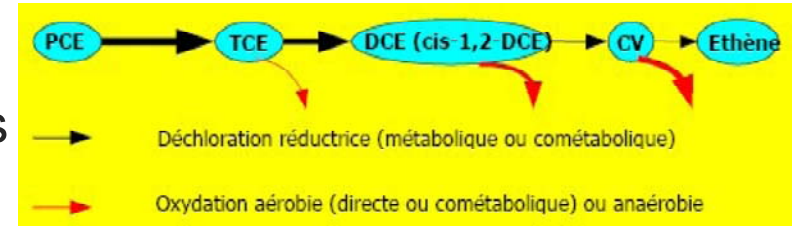


- Panache bi-couche dans les formations alluviales
- Etat moyen sur 3 ans de suivi

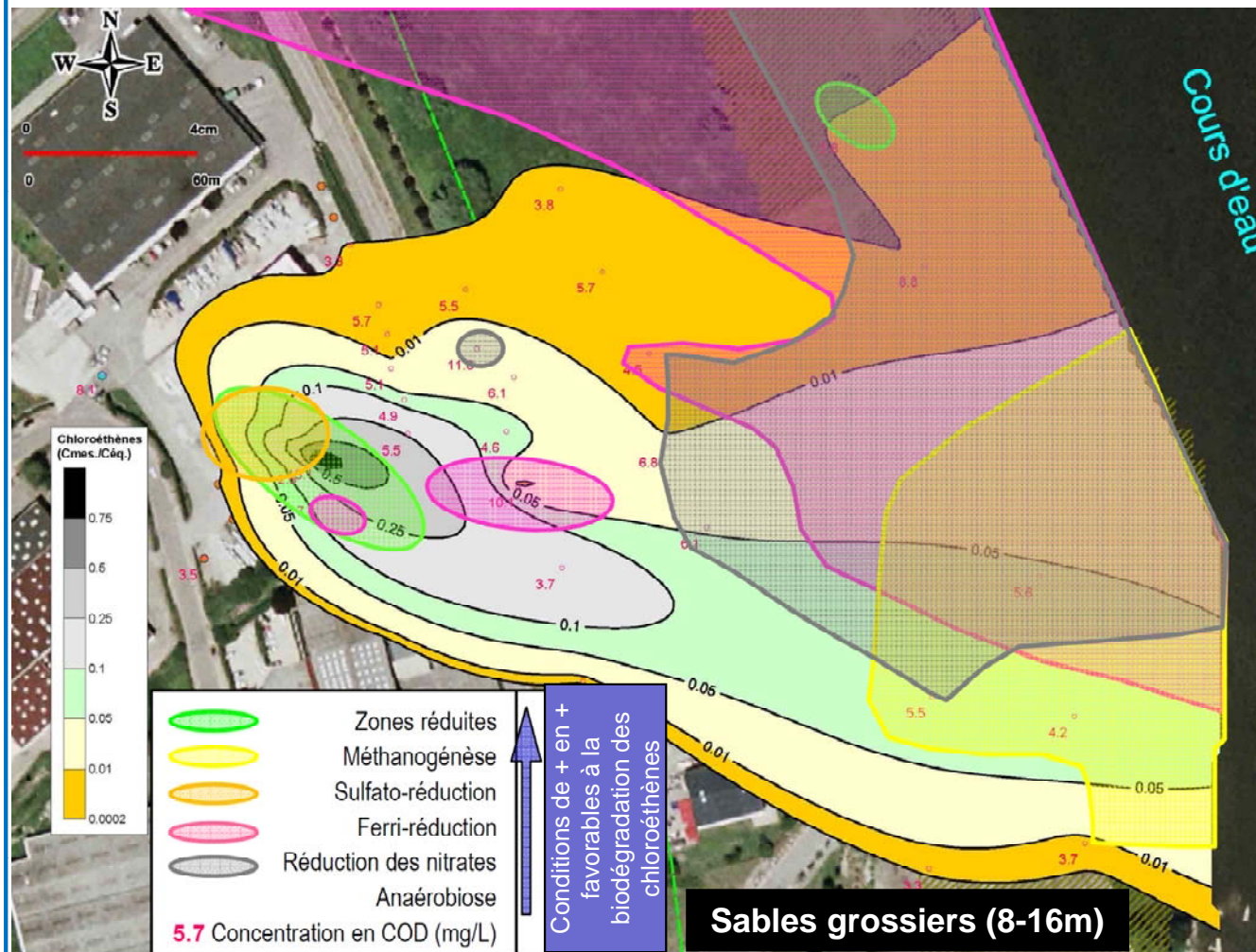
Panaches d'indicateurs d'Atténuation Naturelle

> Conditions anaérobies mais redox mixte

- Source = réduites
- Panache proche = faiblement oxydantes
- Panache éloigné = très réduites



MACAOH, 2007



Conditions localement favorables à la dégradation efficace des chloroéthènes

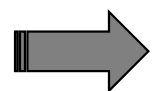
Quantification de la source (1/2)

> Méthode (MACAOH, 2007)

- Pré-diagnostic par cartographie en nappe à proximité de la source
- Sondages sol sur zone de 3 500 m² : sondages à 5m et à 25m
- Calcul des concentrations révélatrices de la présence de NAPL dans les sols avec le logiciel OREOS® = définition des seuils de concentrations de SOURCE

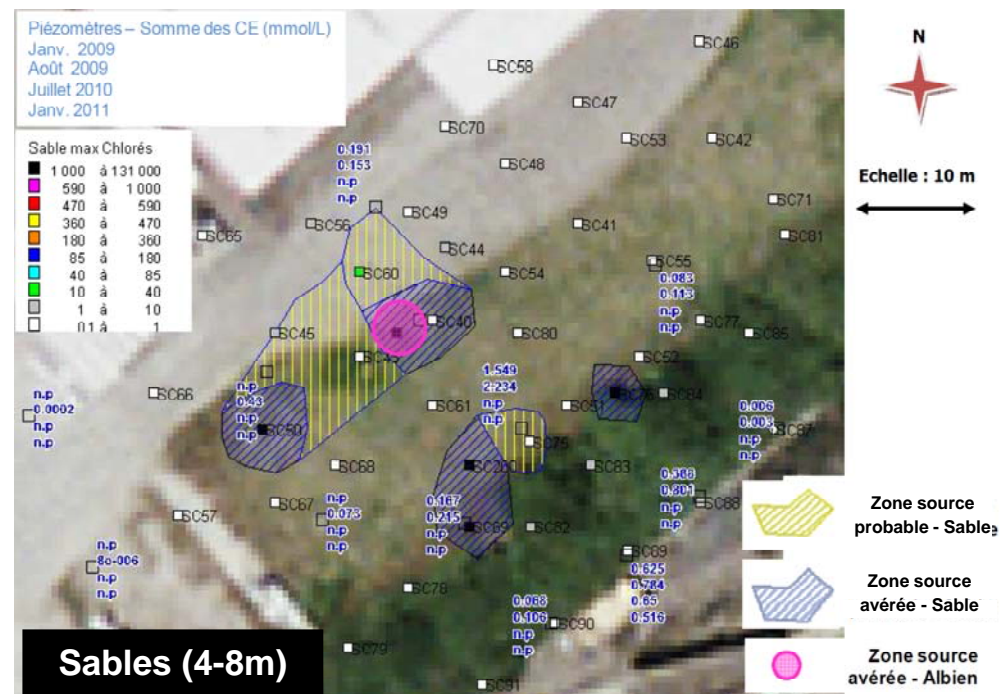
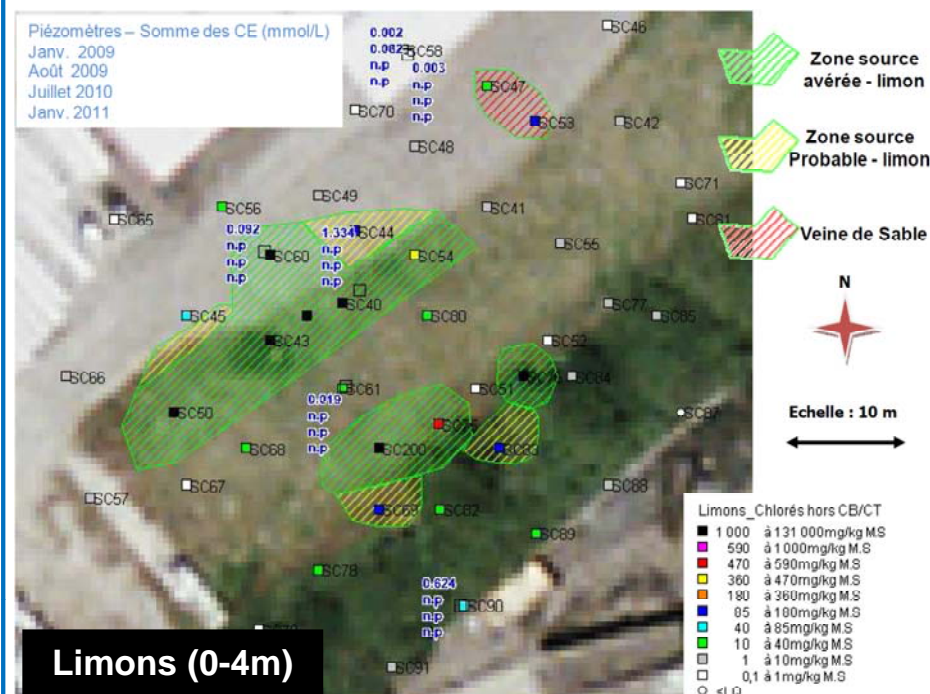


www.oreos-software.com



Seuil pour le mélange PCE+TCE = $\begin{cases} 470 \\ 40 \\ 360 \end{cases}$ mg/kg MS dans les limons
dans les sables
dans l'albien

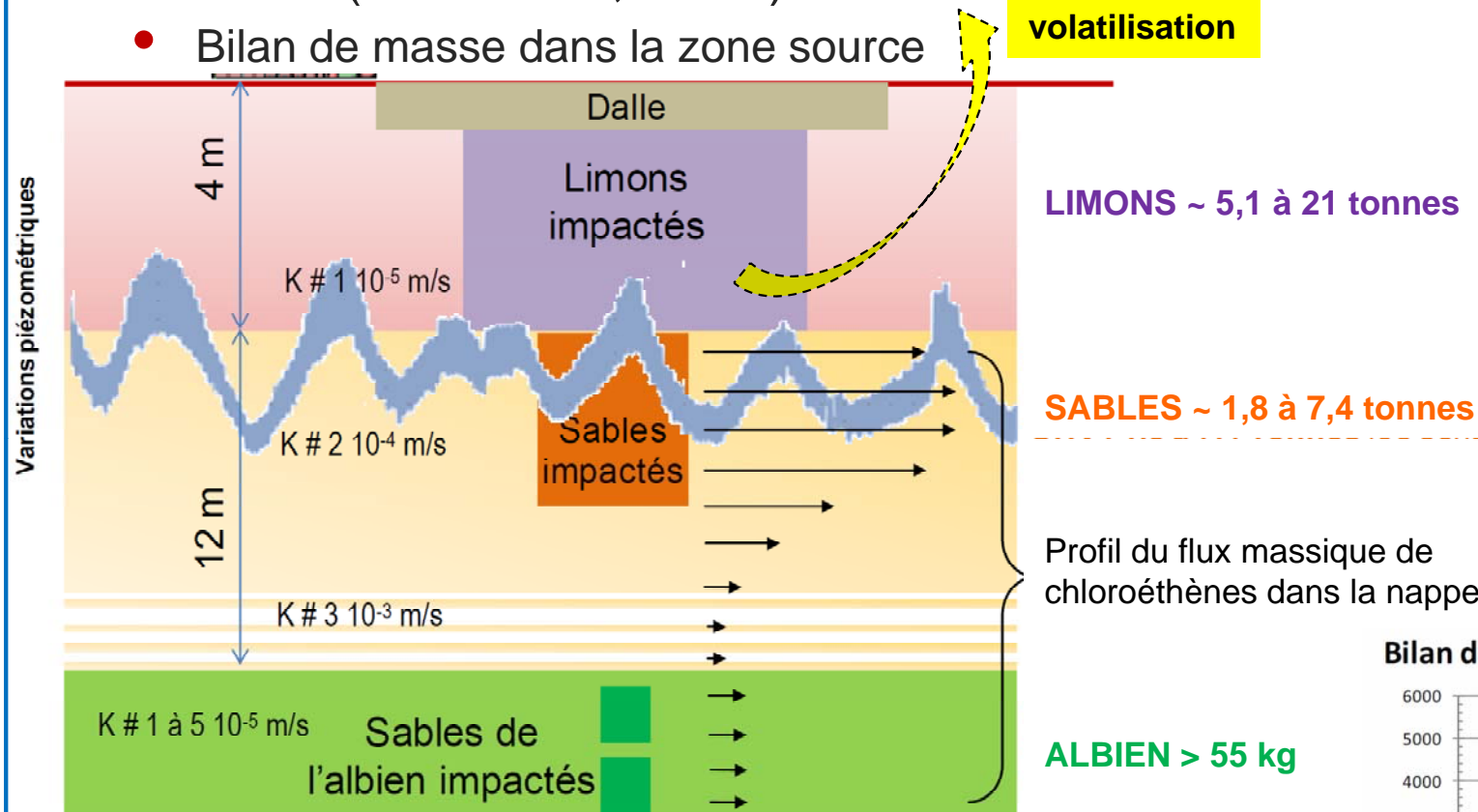
- Délimitation des zones sources



Quantification de la source (2/2)

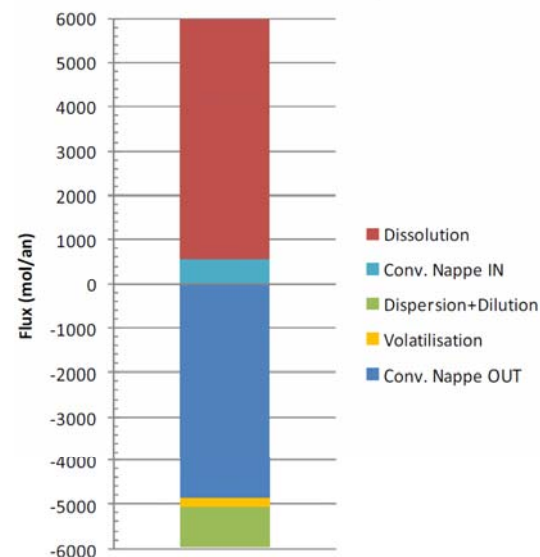
> Méthode (MACAOH, 2007)

- Bilan de masse dans la zone source



- Bilan de flux / AN dans source = 91% dissolution, 15% dispersion+dilution, 3% volatilisation
- « Durée de vie » de la source :
 dissolution en ZS > 5 ans
 volatilisation en ZNS > 400 ans

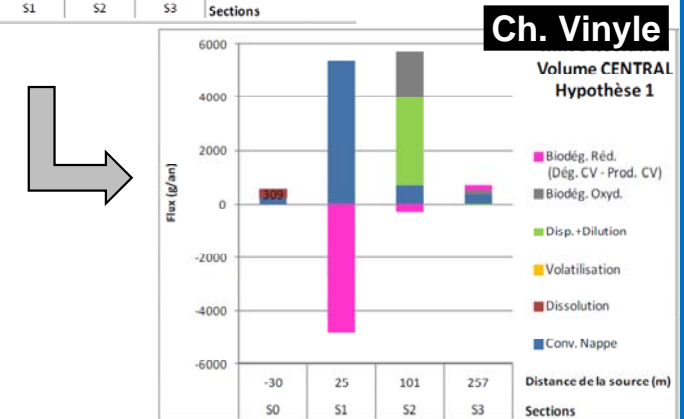
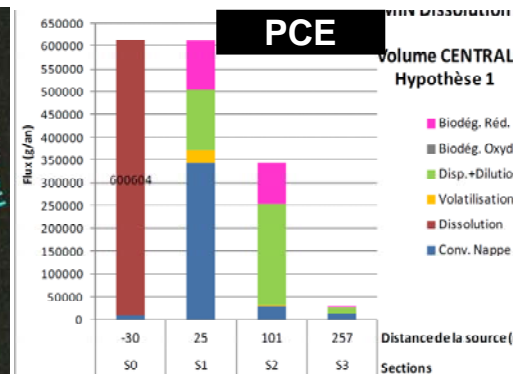
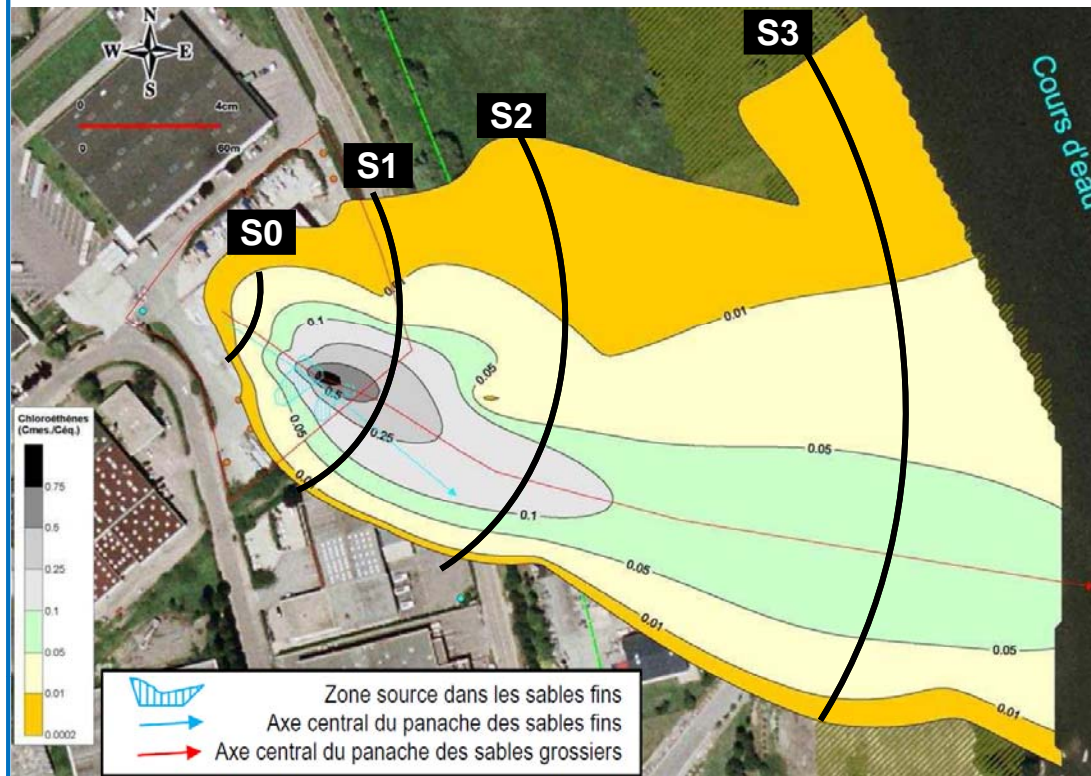
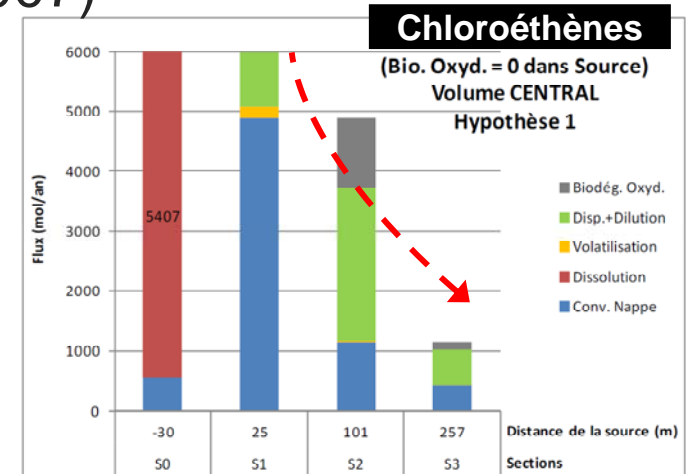
Bilan de flux - SOURCE (S0-S1)



Quantification du panache (nappe)

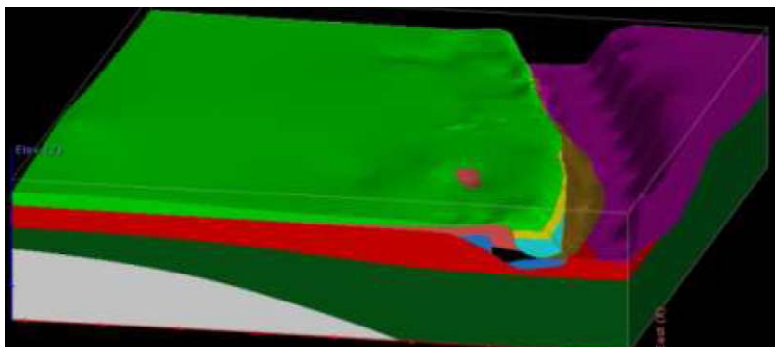
> Bilan de flux dans le panache (MACAOH, 2007)

- Somme des chloroéthènes : **atténuation du flux**
 - Bio-oxydation = 10 à 75 %
 - Dispersion+dilution = 0 à 50%
- Pour chaque polluant :
 - PCE : Bio-réduction (10 à 90%), dilution (0 à 65%)
 - CV : Bio-réduction (-90 à +30%), Bio-oxydation (15 à 80%), dilution (0 à 60%)

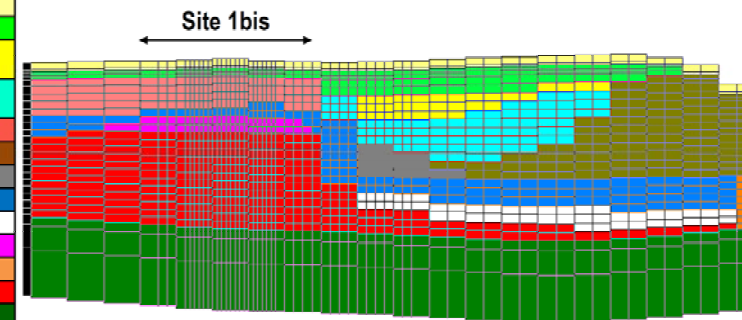


Modélisation numérique

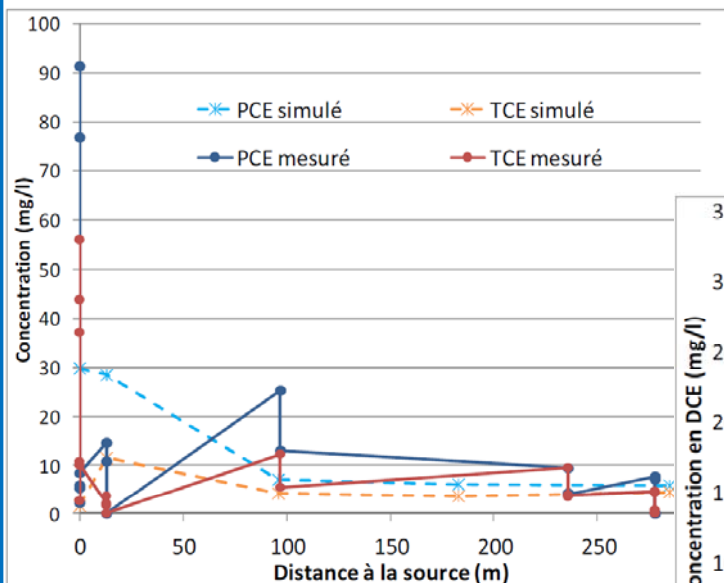
> Construction du modèle hydrogéologique (coupes, bathymétrie ...)



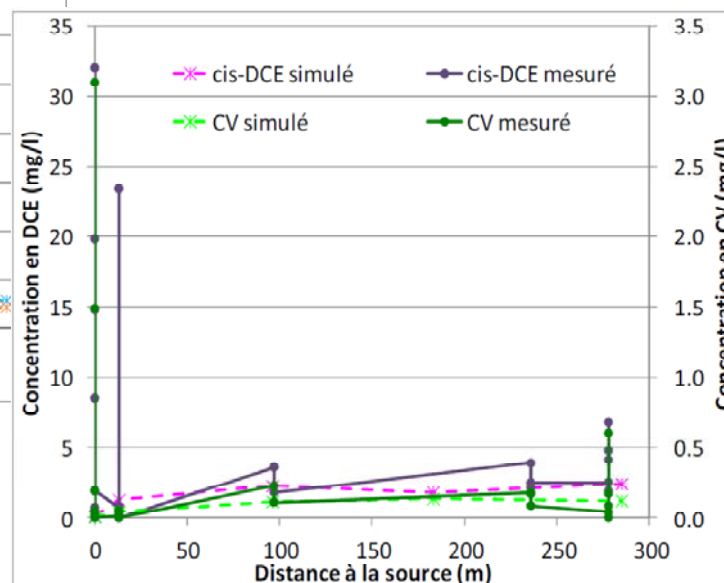
AIR
REMBLAIS
REPLISSAGE SABLEUX (remise en eau partielle du bras mort)
COMPLEMENT AVAL BRAS MORT (limons vaseux)
LIMON SITE
ARGILES / FORMATION DE L'ILE
TOURBE
SABLE FIN GRIS LIMONEUX
SABLE GRIS
SABLE INTERMEDIAIRE
FOND du cours d'eau
SABLE ROUX GRAVELEUX
ALBIEN



> Calage de l'écoulement et du transport réactif (source et panaches)



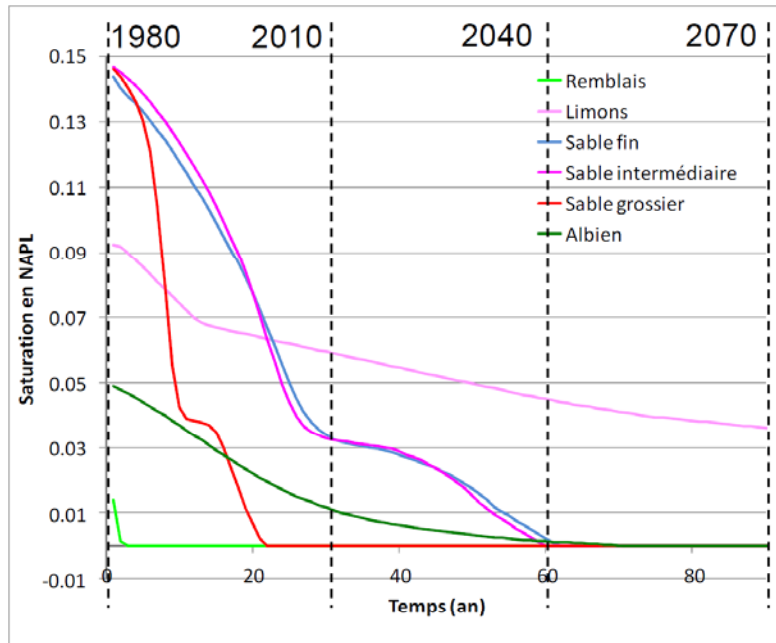
● Source = perte par dissolution + volatilisation = 4 000 mol/an (5 600 mesurés)



● Panache en Chloroéthènes
-> biodégradation (oxydation+réduction)
73 %

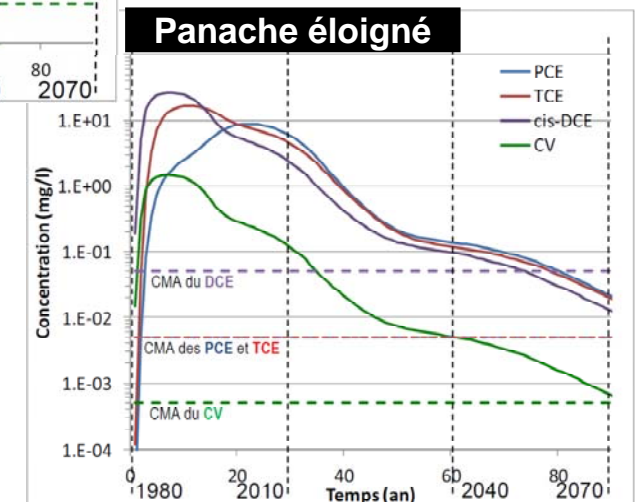
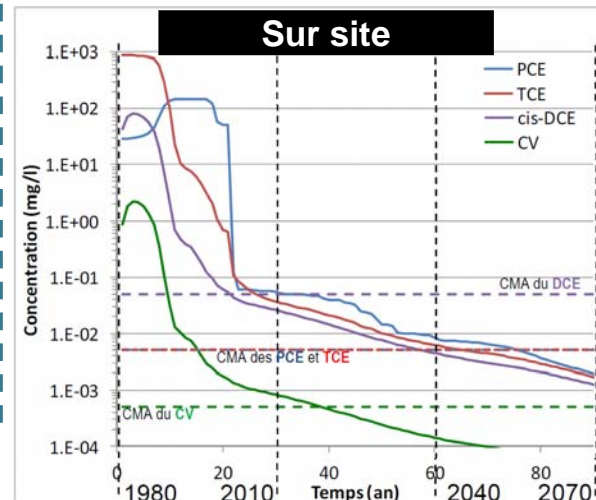
Simulations prospectives

> Saturations en NAPL dans la source



- Durée de vie de la source en ZS # 30 ans
- Durée de vie de la source en ZNS >> 90 ans

> Concentrations dans le panache



- Sur site =
nappe < CMA dans 10 ans pour CV
dans 45 ans pour PCE+TCE
- Panache éloigné (proche du cours d'eau)
nappe < CMA dans + de 60 ans
- Dynamique du panache TRES liée à celle de la source

Conclusions

- > Protocole ATTENA : démarche progressive, outils techniques de + en + détaillés permettant d'évaluer
 - les mécanismes de l'AN qualitativement et quantitativement, à l'instant t (étude)
 - le devenir de la pollution, dans le futur

- > Démonstration sur la Site 1bis (complexité de la stratification lithologique et des écoulements) menée à son terme avec des outils « accessibles » (sol, nappe, gaz du sol = solvants chlorés, accepteurs / donneurs d'électrons)
 - Quantification de la part relative de chaque mécanisme de l'AN
 - Détermination de la dynamique de la source et du panache dans le futur

- > L'AN seule ne permet pas de gérer le site. La gestion passe par
 - le bilan coût / avantage
 - le choix / dimensionnement des solutions. Données d'étude valorisées pour :
 - Source = volume (~5 000 m³) et masse des polluants (~18 tonnes)
 - Panache = mécanismes de biodégradation présents => biostimulation envisagée