

Gestion du risque environnemental

**"Application des outils hydrogéologiques
à la maîtrise des risques sur un site
contaminé par des solvants chlorés"**

2 études de cas



Plan

- Introduction générale
 - Contexte et historique des études
 - Evaluation Détaillée des Risques
- Cas d'étude n°1 & n°2
 - Investigations complémentaires
 - Focus sur modélisation
 - Solution de traitement
- Conclusion - discussion





Contexte des projets



Contexte

Sites

- Fabrication d'éléments métalliques (-> traitement de surface, dégraissage, découpage, etc...)

Localisation des sites

- Milieu résidentiel en périphérie du village & zone industrielle
- Nappe d'eau souterraine à faible profondeur

Enjeux

- Présence de pollution du sous-sol?
- Voisinage résidentiel



Historique des études et investigations

- 2001-2003 : Audits environnementaux et investigations sols et eaux
- 2004 : Evaluation simplifiée des risques (ESR)

Résultats:

- Sols :
 - Présence de solvants chlorés
- Eaux souterraines et de surface :
 - Présence de solvants chlorés
- Classement du site en classe 1
 - Site nécessitant un diagnostic approfondi et une EDR

→ Réalisation d'une EDR





Evaluation Détaillée des Risques



Principes de l'EDR

Principe de Précaution

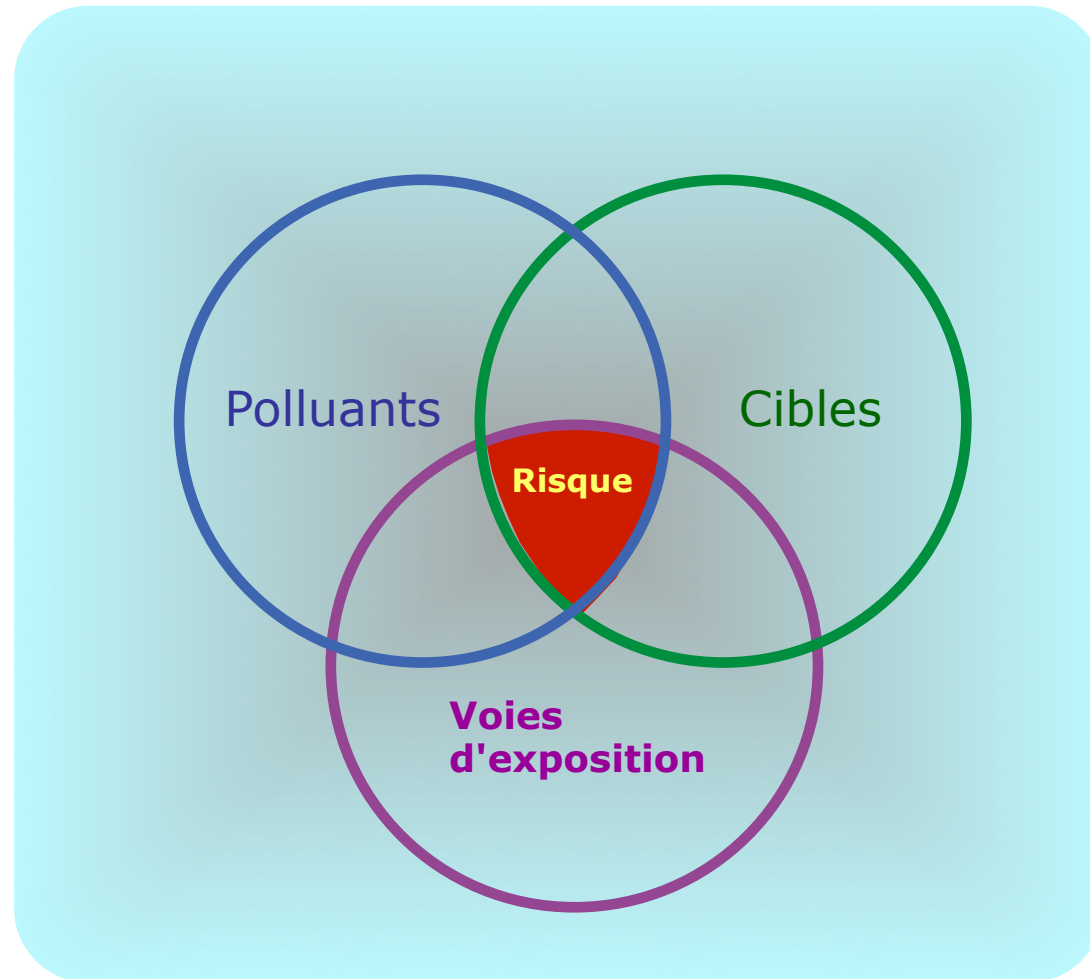
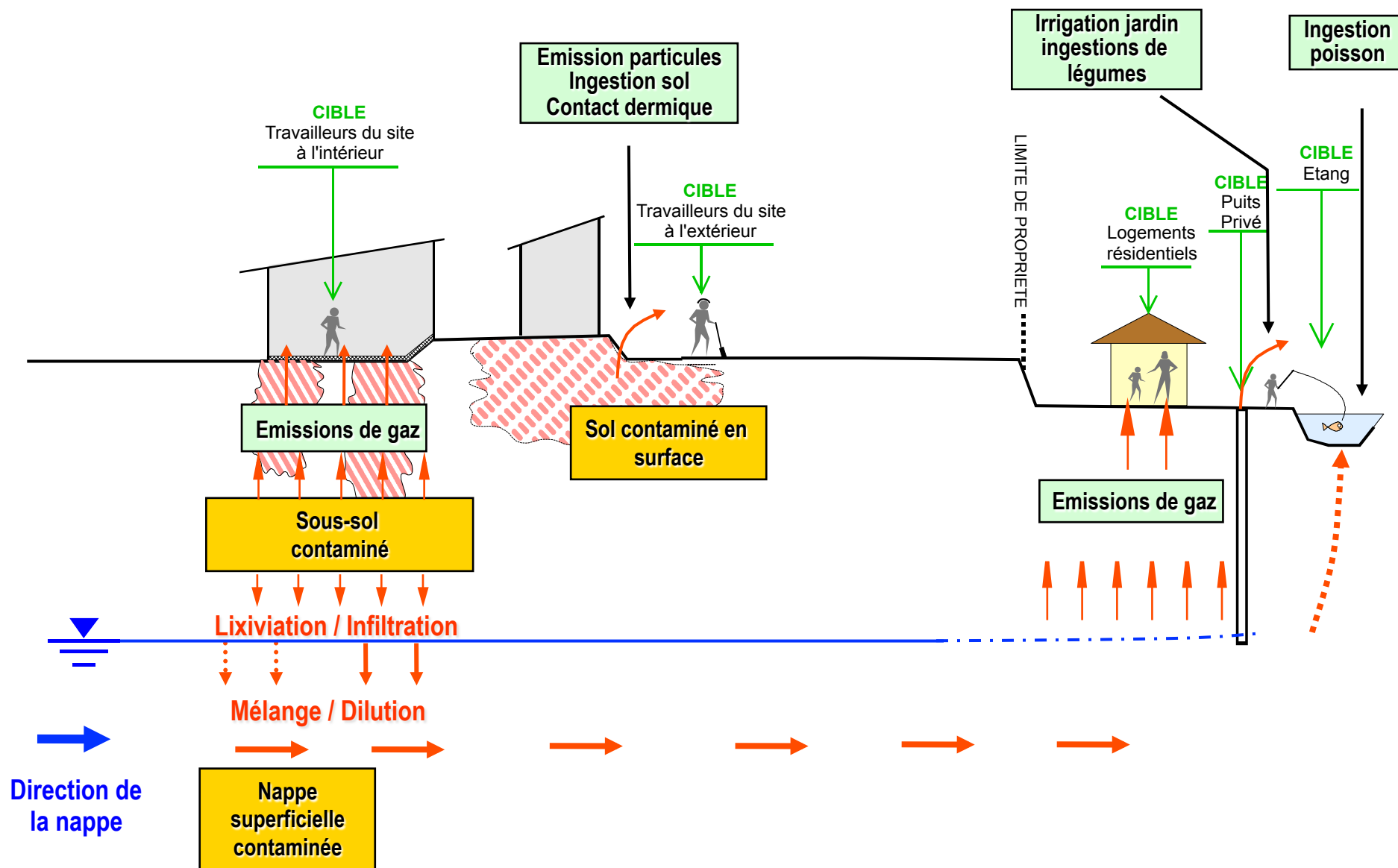


Schéma conceptuel



Évaluation détaillée des risques

- Fin 2004 : 1ere investigations de terrains sols et eaux
 - Définition des sources potentielles de contamination

→ Seuls les solvants chlorés
(PCE, TCE, DCE, CV)
se retrouvent
dans les eaux souterraines

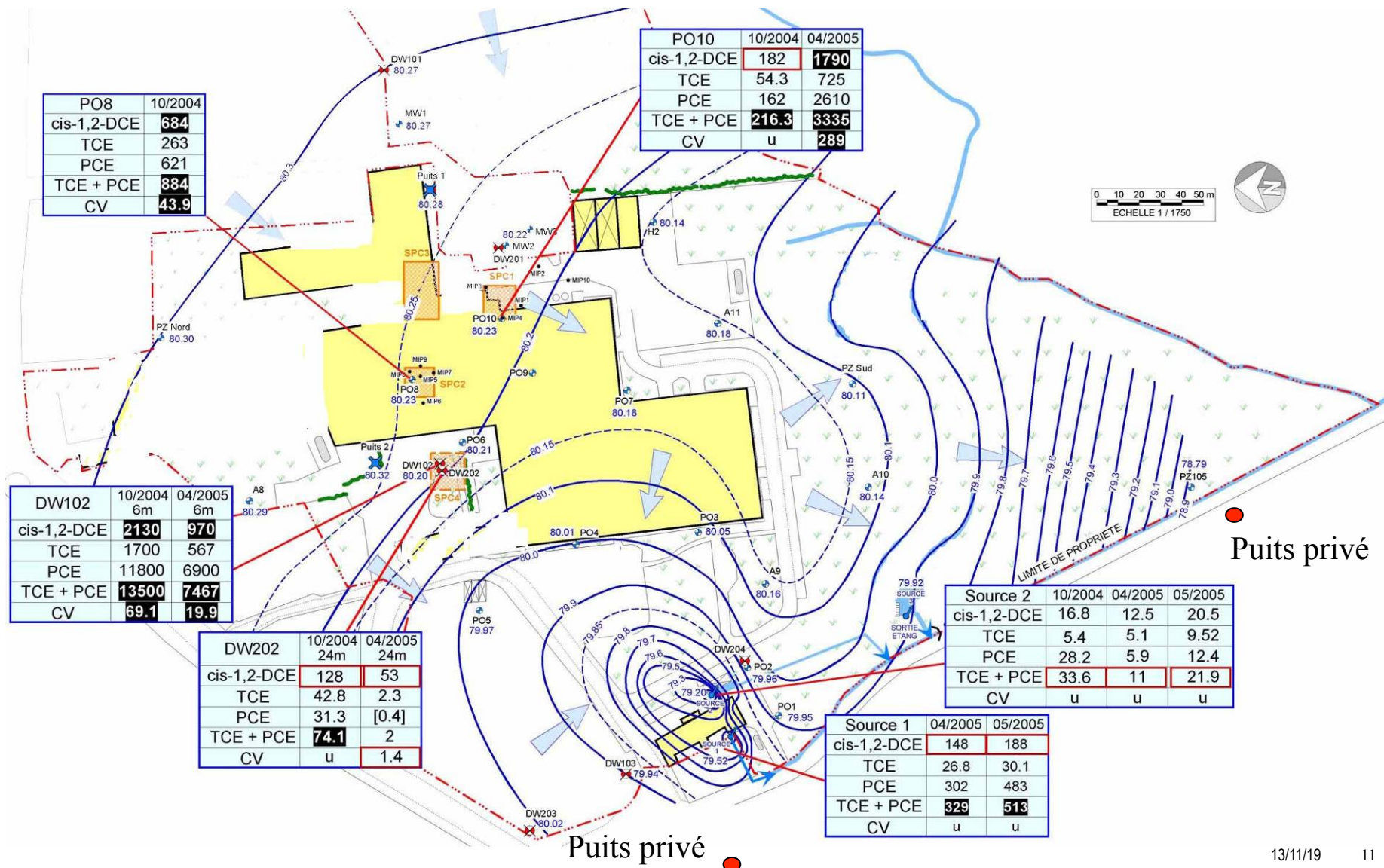
- Début 2005 : rapports préliminaires d'EDR
 - Risques sanitaires ne peuvent être écartés
- Mi-2005 : investigations complémentaires
 - Approche itérative d'amélioration en continu



Cas n°1 :

"La nature est bien faite..."

Résultats analytiques dans les eaux



Résultats intermédiaires

- Risques potentiels identifiés:
 - Inhalation des vapeurs par les employés à l'intérieur des bâtiments
 - Ingestion et contact cutané avec les sols contaminés à l'extérieur (travailleurs du BTP)
 - Ingestion de légumes autoproduits irrigués par l'eau de la nappe .
- Informations manquantes :
 - Les contaminants migrent-ils hors site?
 - Les sources captent-elles les eaux souterraines?

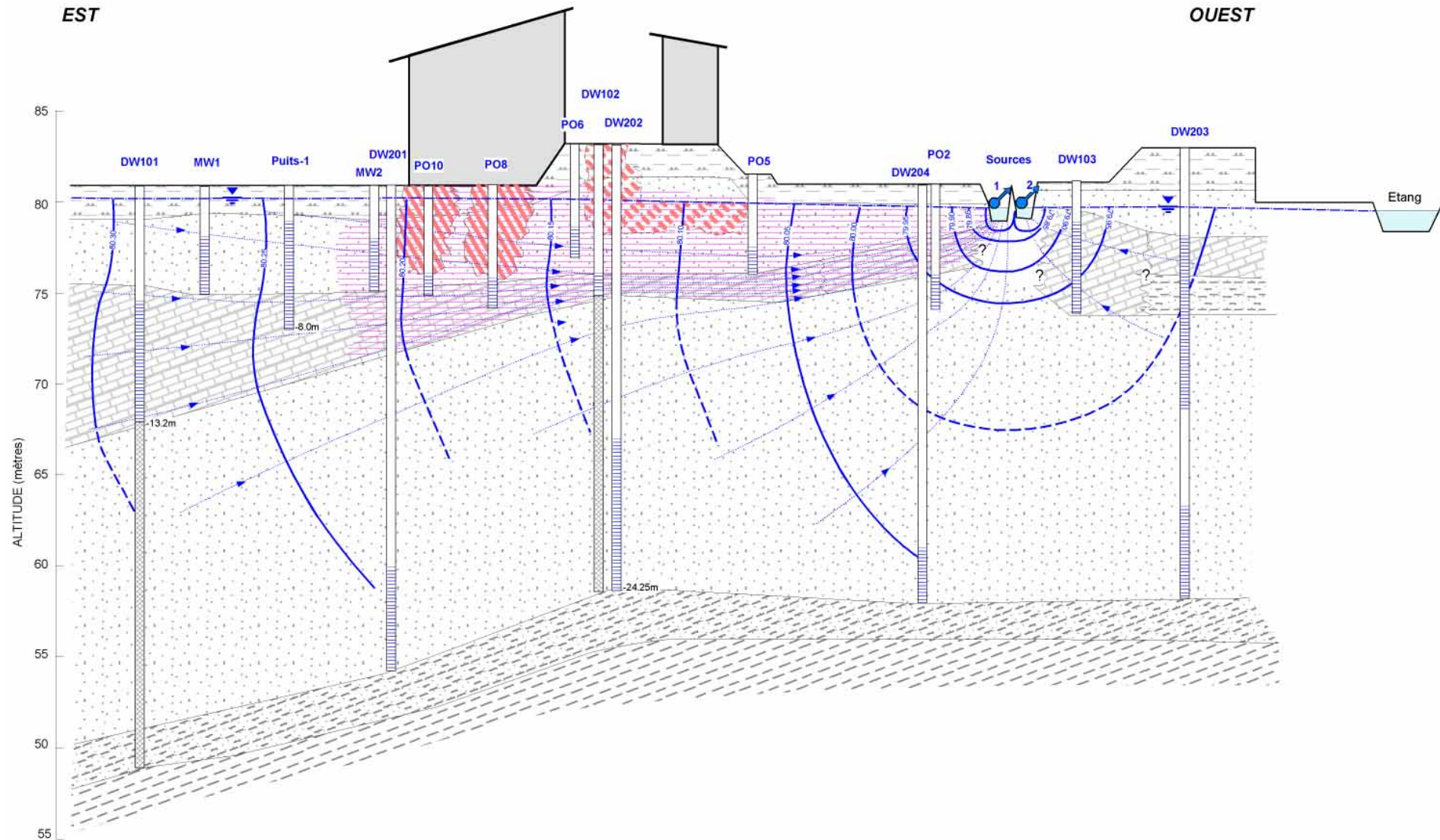


Actions engagées

- Installation de puits profonds :
 - Vérifier l'absence de contamination de la nappe profonde
 - Vérifier le confinement par les calcaires et l'absence de migration du panache en aval des sources
- Installation d'un puits à l'aval hydraulique (PZ105)
 - Vérifier l'absence de migration hors site du panache
- Installation de déversoirs sur les 3 sources
 - Mesurer le débit et échantillonner les eaux
- Installation de pressiomètres
 - Vérifier l'efficacité du confinement dans le temps
- Modélisation -> valider la fonction de drainage
- Echantillonnage d'air ambiant
- Mise à jour des calculs de risques



Coupe locale : fonctionnement hydrogéologique



Modélisation hydrogéologique



Buts

- Outil de compréhension:
Validation du schéma conceptuel
- Outil de communication:
Représentation des zones de captures

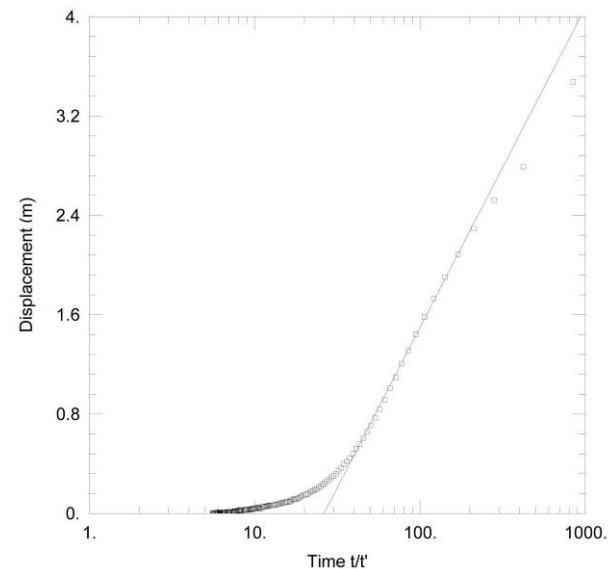
Méthodologie

- Extension domaine d'étude
- Caractéristiques physiques
- Conditions aux limites
- Calibration (mesures vs. calculs)
- Exploitation (particule tracking-trajectoire inverse)



Données récoltées

■ Mesures du débits des sources



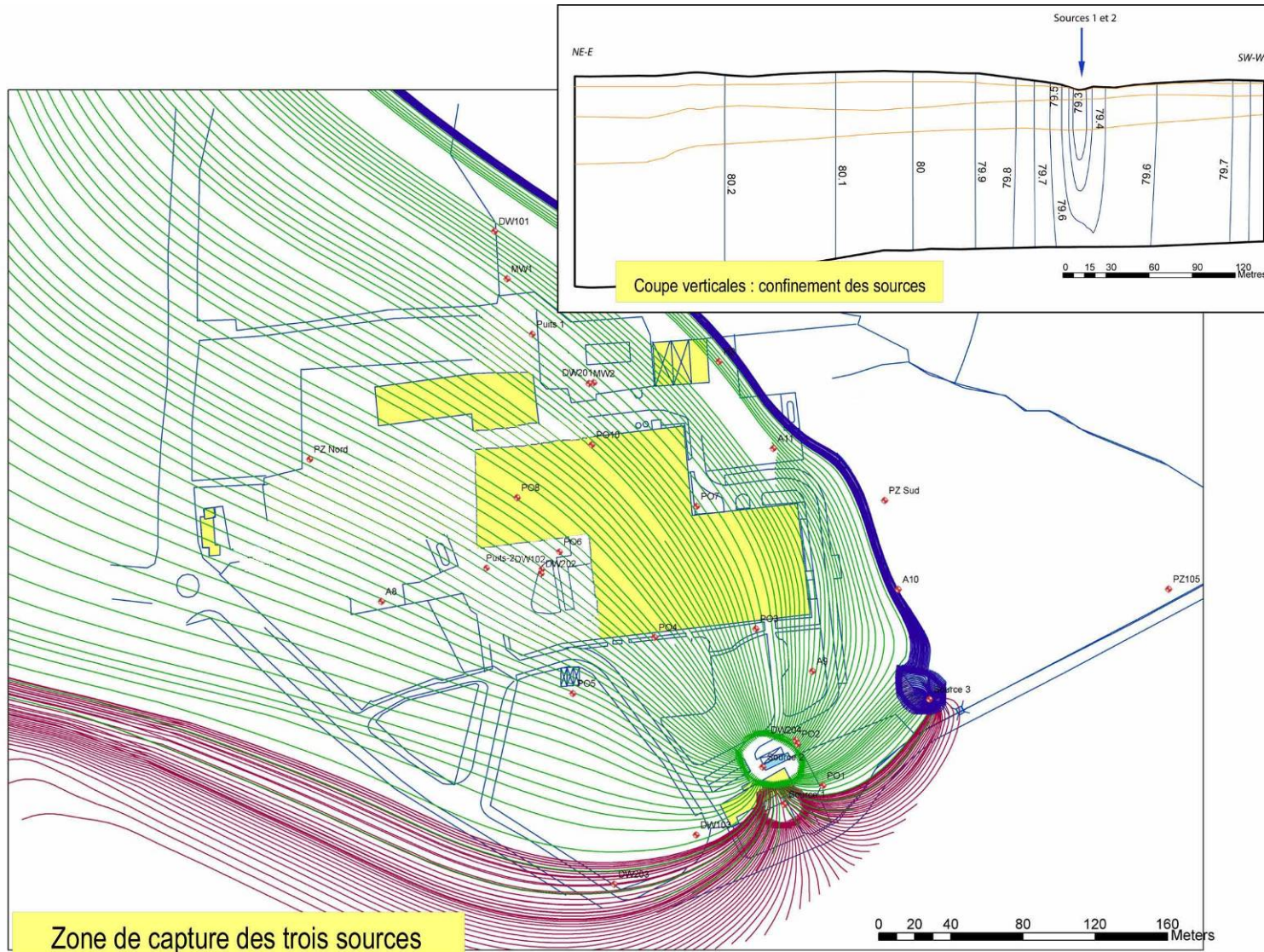
■ Essais de pompage



Calibration du modèle numérique



Résultats : zones de capture des sources



Evaluation du risque

- Employés sur site : exposition à l'air intérieur
 - les mesures prises à l'intérieur des bâtiments ont montré qu'il n'y a pas de valeurs en dessus des normes
- Résidents hors site
 - Concentrations mesurées au puits PZ105 quasi-nulles
 - La pollution n'a pas migré dans l'aquifère profond
 - La pollution reste confinée dans les calcaires
 - Les sources drainent l'essentiel des eaux souterraines

→ Pas de danger de migration par les eaux souterraines

→ Contamination des eaux de sources

Conclusion – Pas de risques inacceptables



Traitement du site ?



Sources: système naturel de dépollution

- Puits de confinement
Les sources sont les exutoires qui drainent les eaux contaminées
-> **processus séquestrant**
limite l'emprise spatiale du panache

- Stripping à l'air:
Phénomène naturel d'aération créer par les différents bassins en cascade+turbulence du ruisseau
-> **processus destructif**
volatilisation + destruction par photolyse



Techniques applicables

- Action au niveau de l'exutoire

- Atténuation naturelle contrôlée
- ANC + Traitement de l'eau à l'exutoire

Impacts quasi inexistant – efficacité prouvée

- Action au niveau des sources de contamination

- Accélération de la biodégradation
- Oxydation in-situ

Impacts négatif sur la qualité des eaux de sources (délimitation insuffisante des SPC, présence de sous-produits nocifs, traitement incomplet probable, coûts injustifiés,...)



Conclusion de l'étude

L'Atténuation naturelle contrôlée peut être considérée comme satisfaisante :

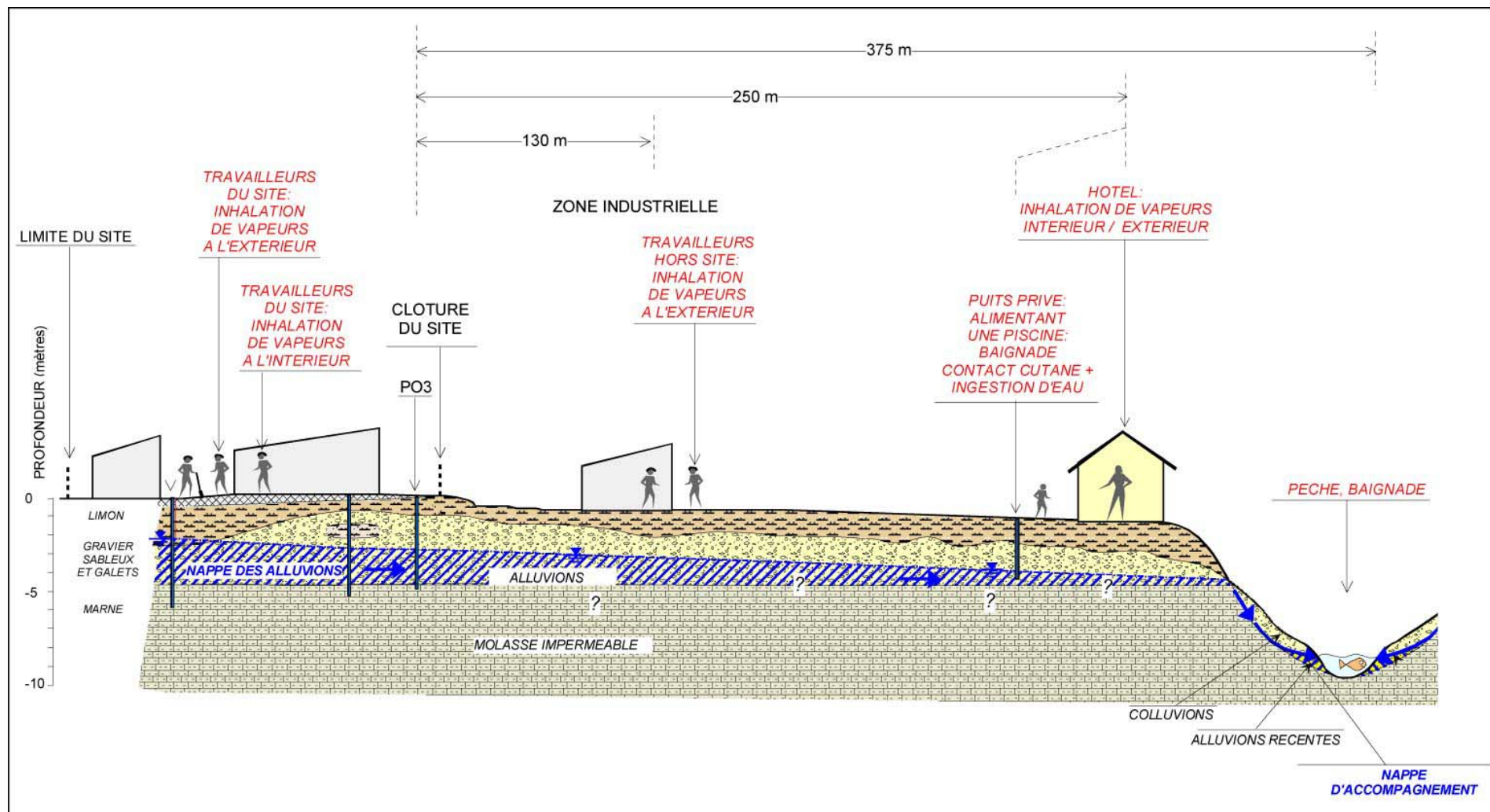
- Le site ne nécessite pas une réhabilitation rapide découlant de risques pour la santé ou pour l'environnement (restent à un niveau acceptable)
- En plus des phénomènes naturels d'atténuation dus à la nature des SC, des processus séquestrants (confinement) et destructifs (volatilisation+destruction abiotique) sont présents au niveau de l'exutoire des eaux contaminées.
- La contamination semble stabilisée et doit probablement être en phase de résorption.
- En accord avec la méthodologie française (si l'ANC est un moyen adapté pour remédier à un cas de pollution-> pas de raisons objectives de la rejeter)



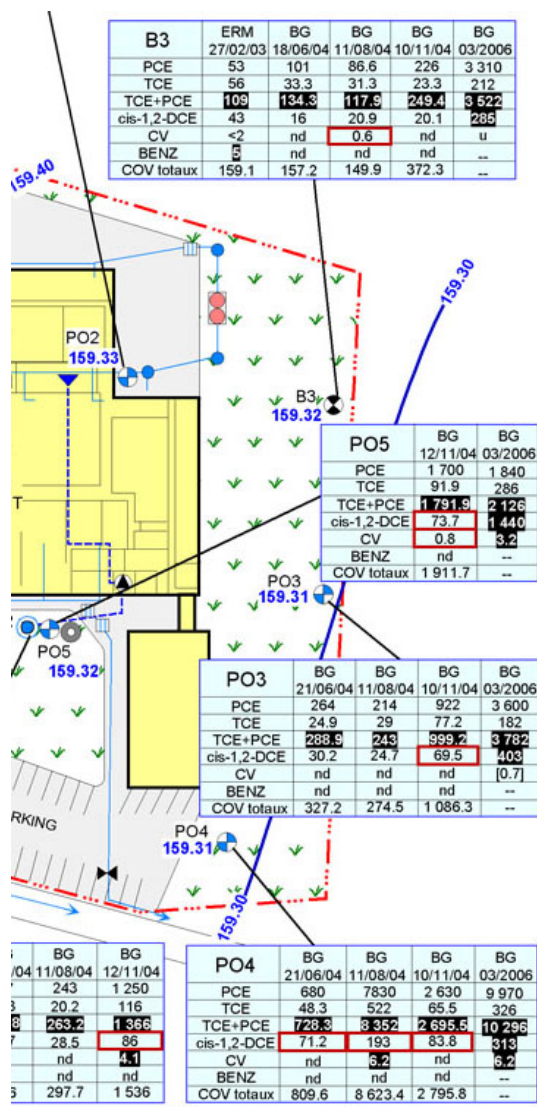
Cas n°2 :

*"Principe de précaution et
mesures conservatoires"*

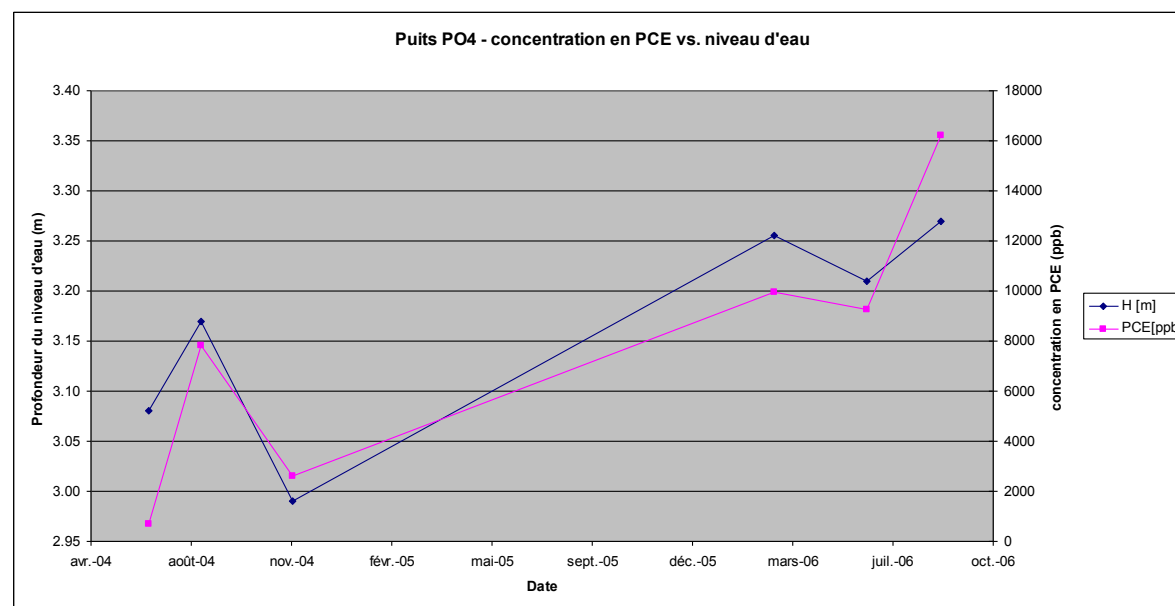
Schéma conceptuel



Résultats du suivi



- Augmentation significative des concentrations en sortie de site



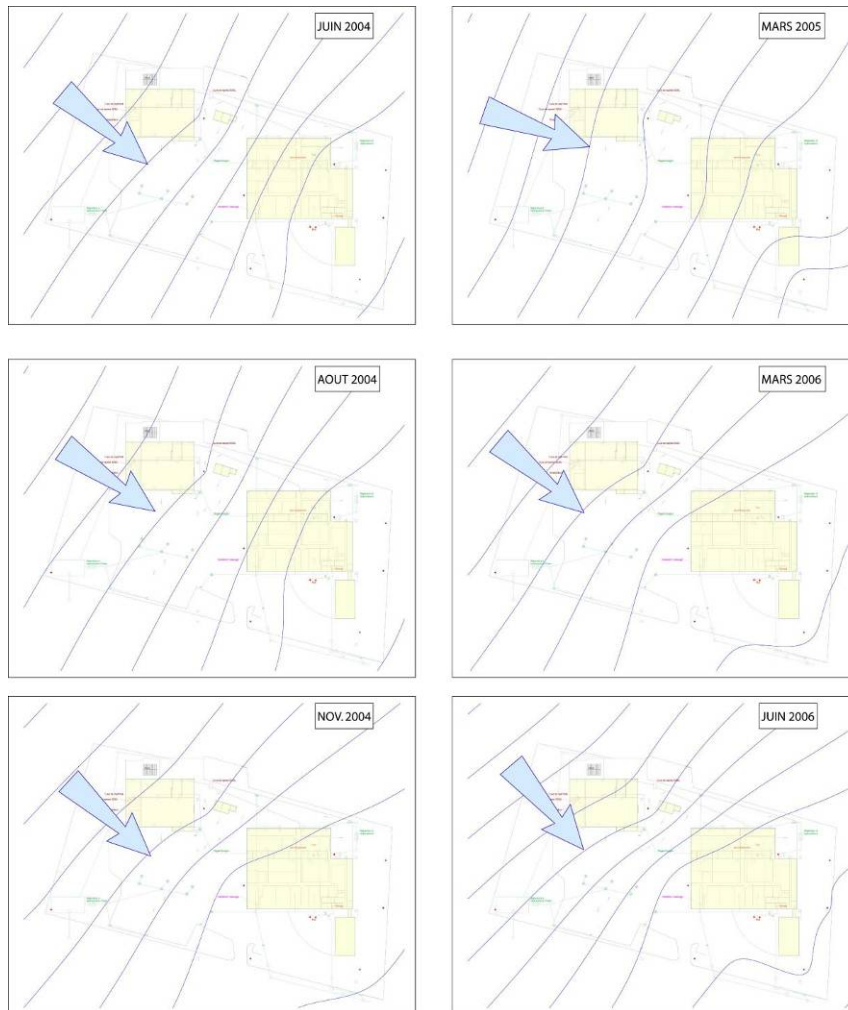
- Corrélation entre le niveau de la nappe et les concentrations mesurées

Actions immédiatement engagées

- Remise à jour des calculs de risques de l'EDR
 - sur la base des concentrations mesurées en sortie de site
- Seconde campagne de terrain effectuée début juin 2006
 - échantillonnage des eaux souterraines pour confirmer les valeurs obtenues en mai 2006
 - Nouvelle campagne de nivellement des puits afin de confirmer les sens d'écoulement de la nappe
 - Essais hydrauliques permettant d'obtenir les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe (Slug-Test)
- Programmation d'une campagne d'échantillonnage d'air ambiant à l'intérieur des bâtiments de l'usine
 - contrôle des concentrations dans l'air à l'intérieur des bâtiments pour fin juin 2006

Données récoltées

■ Directions d'écoulement



■ Carte du substratum

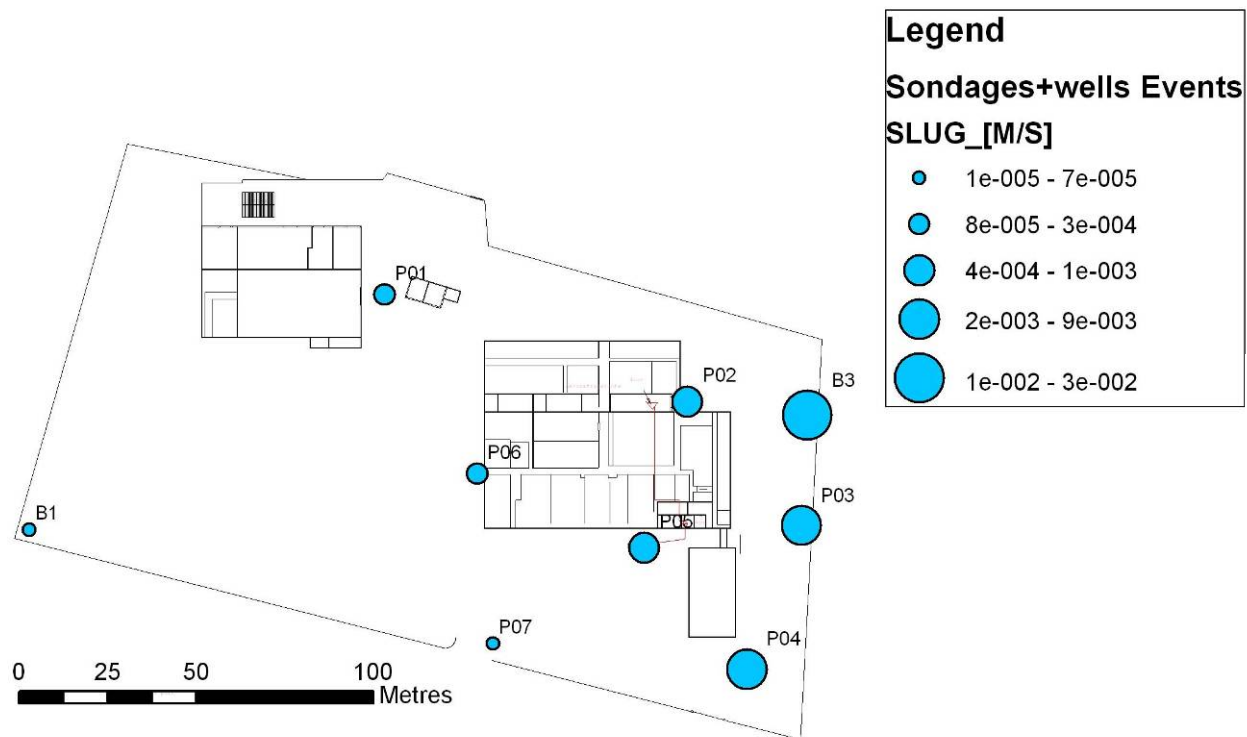


- Aucun chenal alluvial susceptible d'affecter les directions d'écoulement

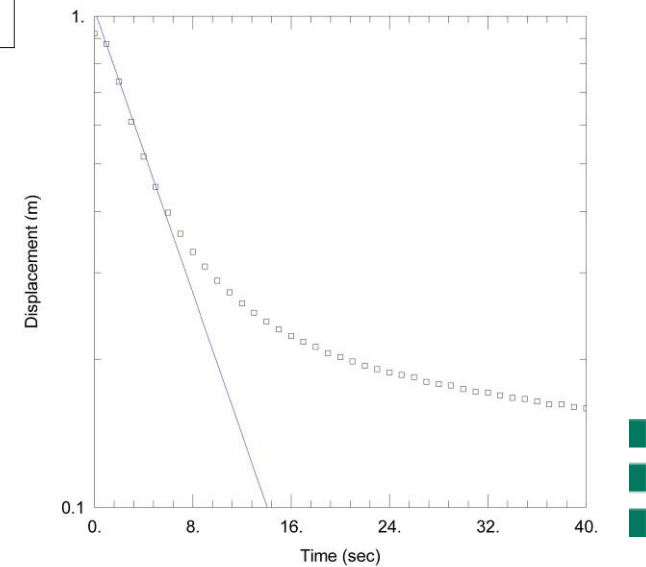


Données récoltées

■ Slug-Test 2D plan



■ Bouwer&Rice



Mise en sécurité du site

- Mesures conservatoires
 - Confinement des eaux souterraines par pompage
 - Traitement de l'eau pompée avant rejet
- Dimensionnement du système de confinement
 - Valider le système (réutilisation de puits d'observation)
 - Débits de pompage permettant la capture des eaux souterraines
 - Flux de contaminants à traiter
 - Dimensionnement du système de traitement des eaux pompées (charbon actif)

Dimensionnement du système par modélisation numérique

Modélisation hydrogéologique



Buts

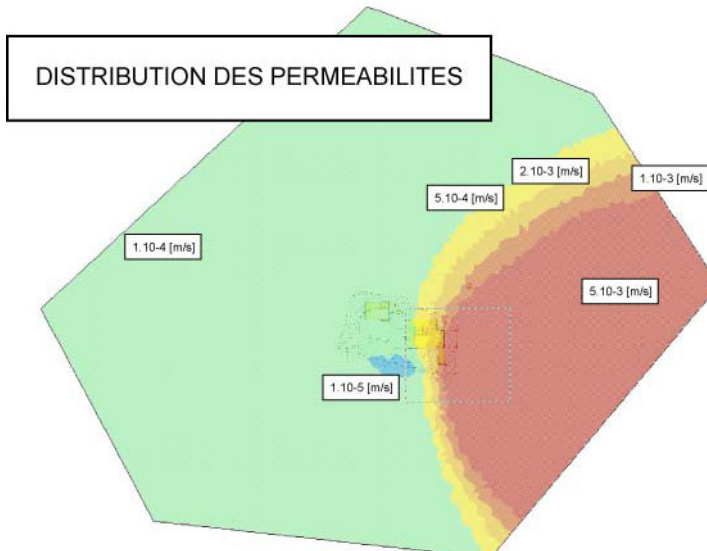
- Outil de compréhension:
Validation (réutilisation des puits existants)
- Outil de communication:
Représentation des zones de captures
- +
- Outil de dimensionnement:
Optimisation des débits de pompage

Méthodologie

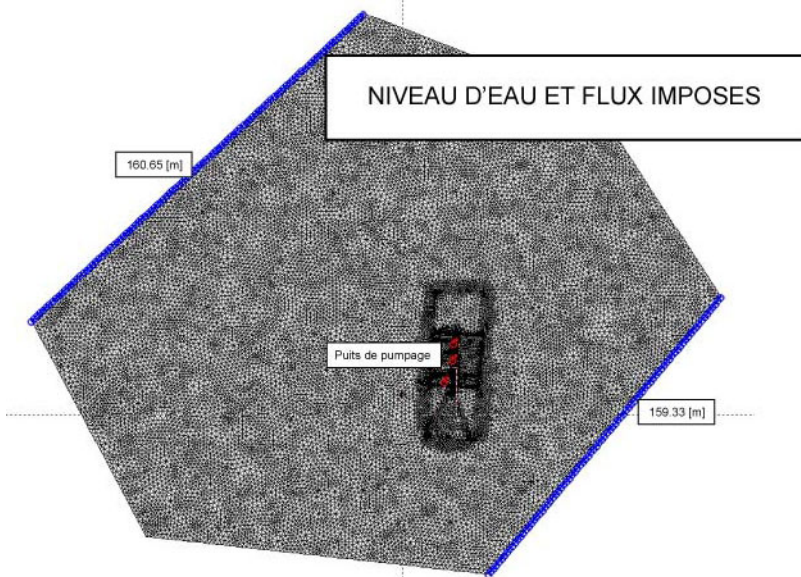
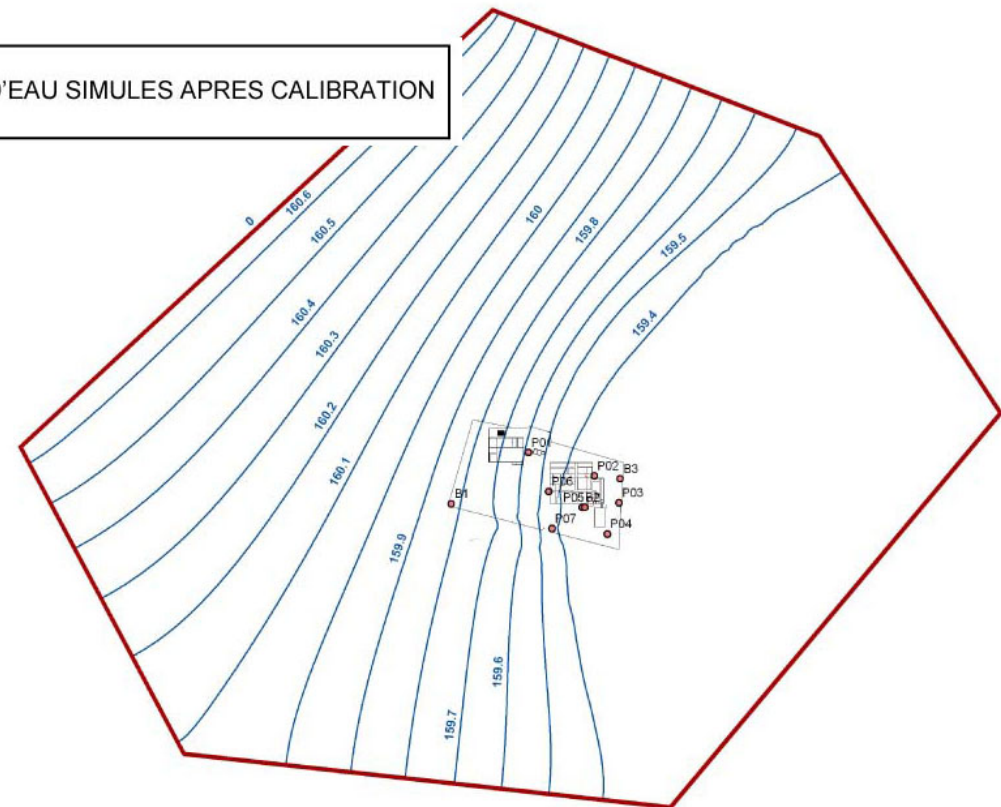
- Construction modèle numérique
- Calibration (mesures vs. calculs)
- Exploitation (débit pompage VS zones de capture)



Construction du modèle numérique

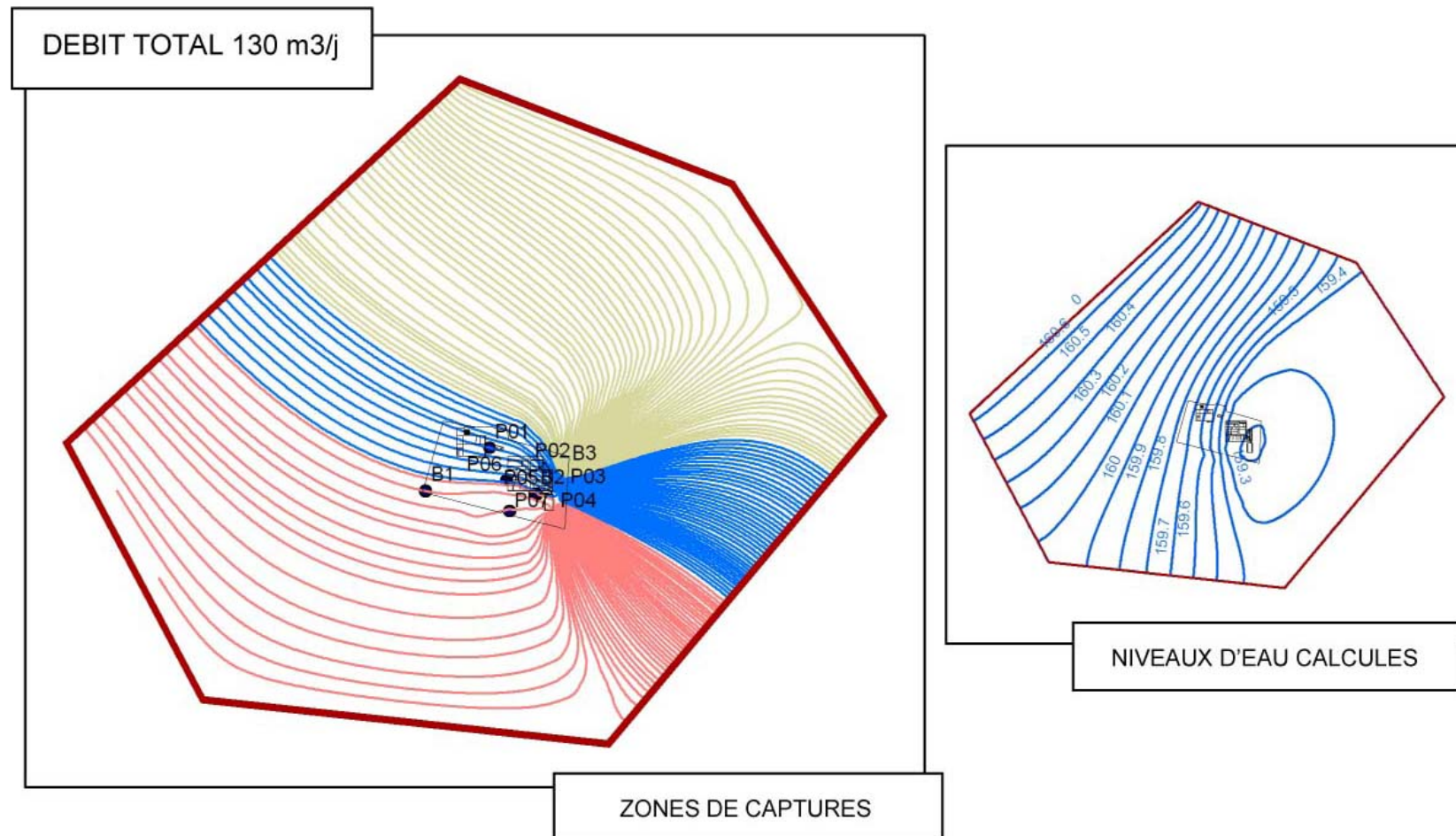


NIVEAUX D'EAU SIMULES APRES CALIBRATION



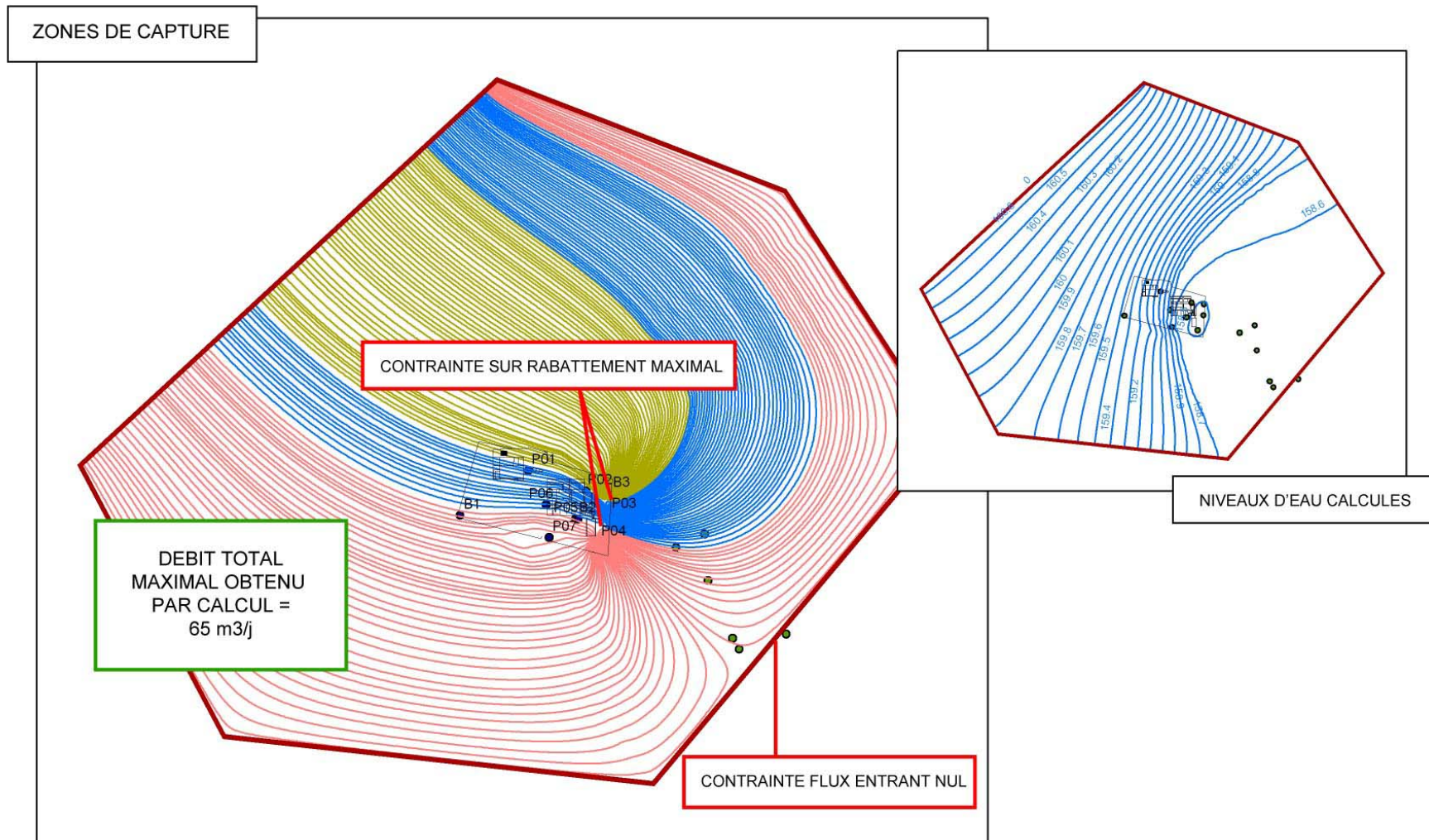
Optimisation des débits de pompage

- Débits de pompages infinis?



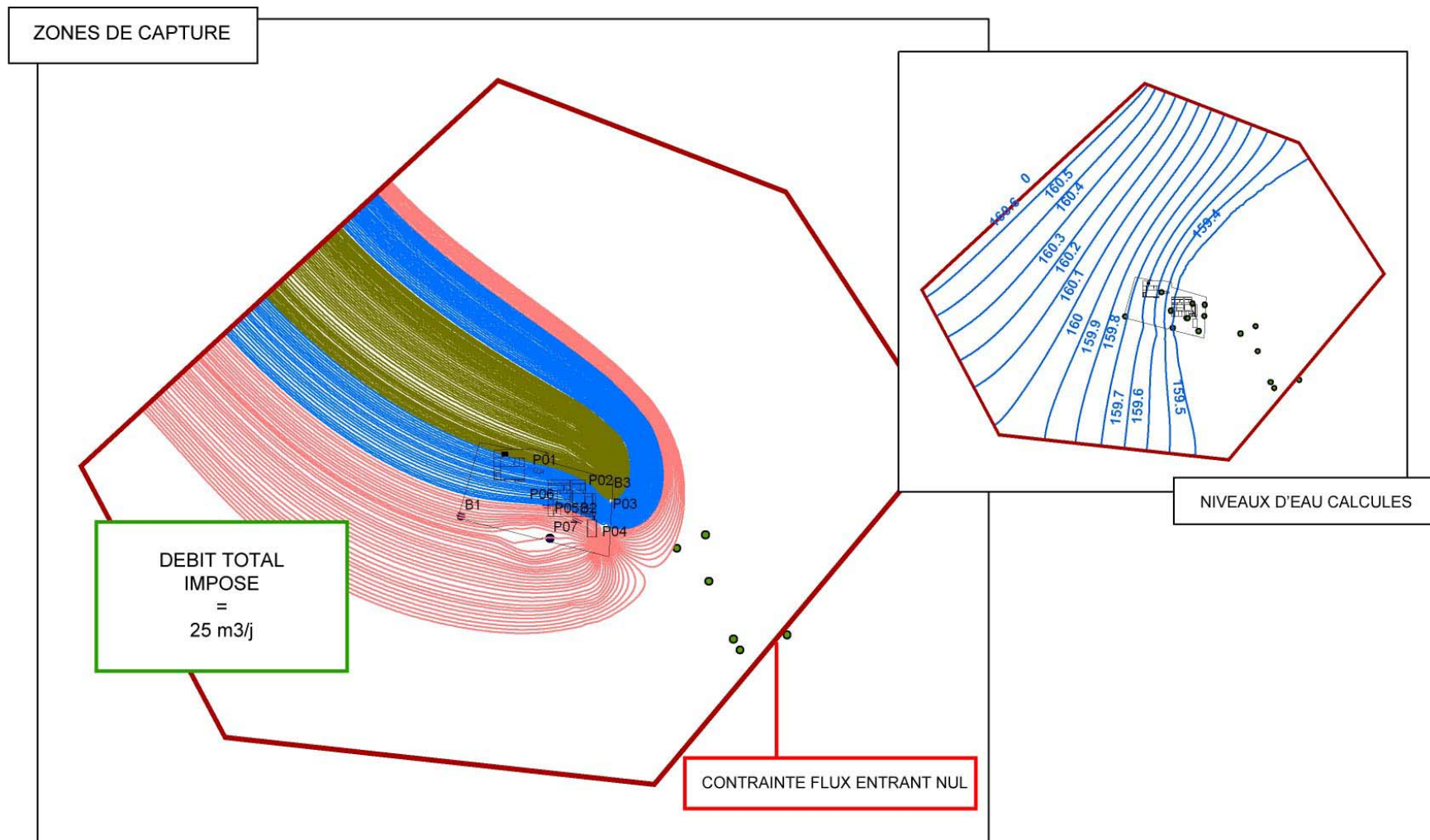
Optimisation des débits de pompage

■ Contraintes



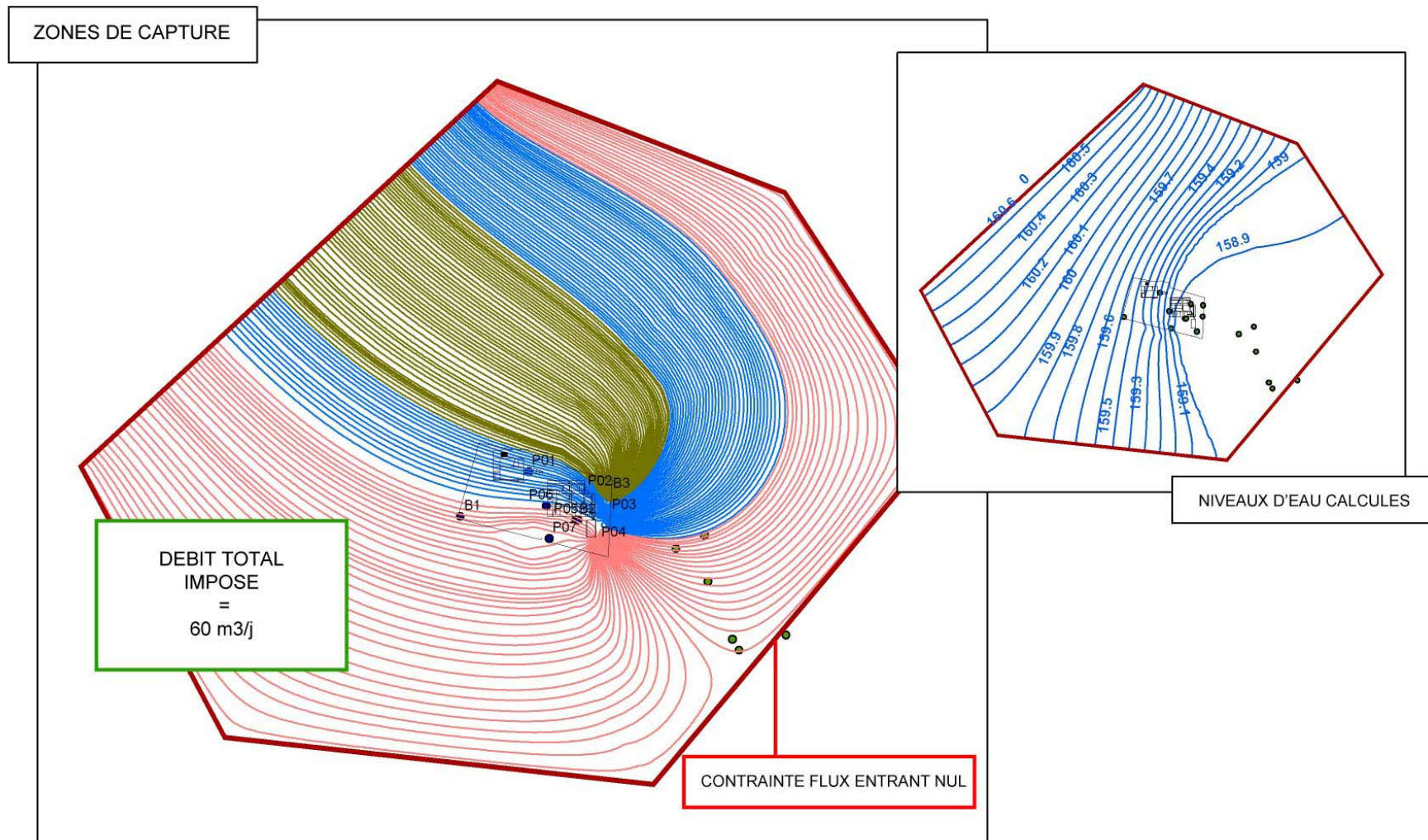
Optimisation des débits de pompage

■ Pompage minimal



Optimisation des débits de pompage

■ Pompage maximal



Système de traitement final

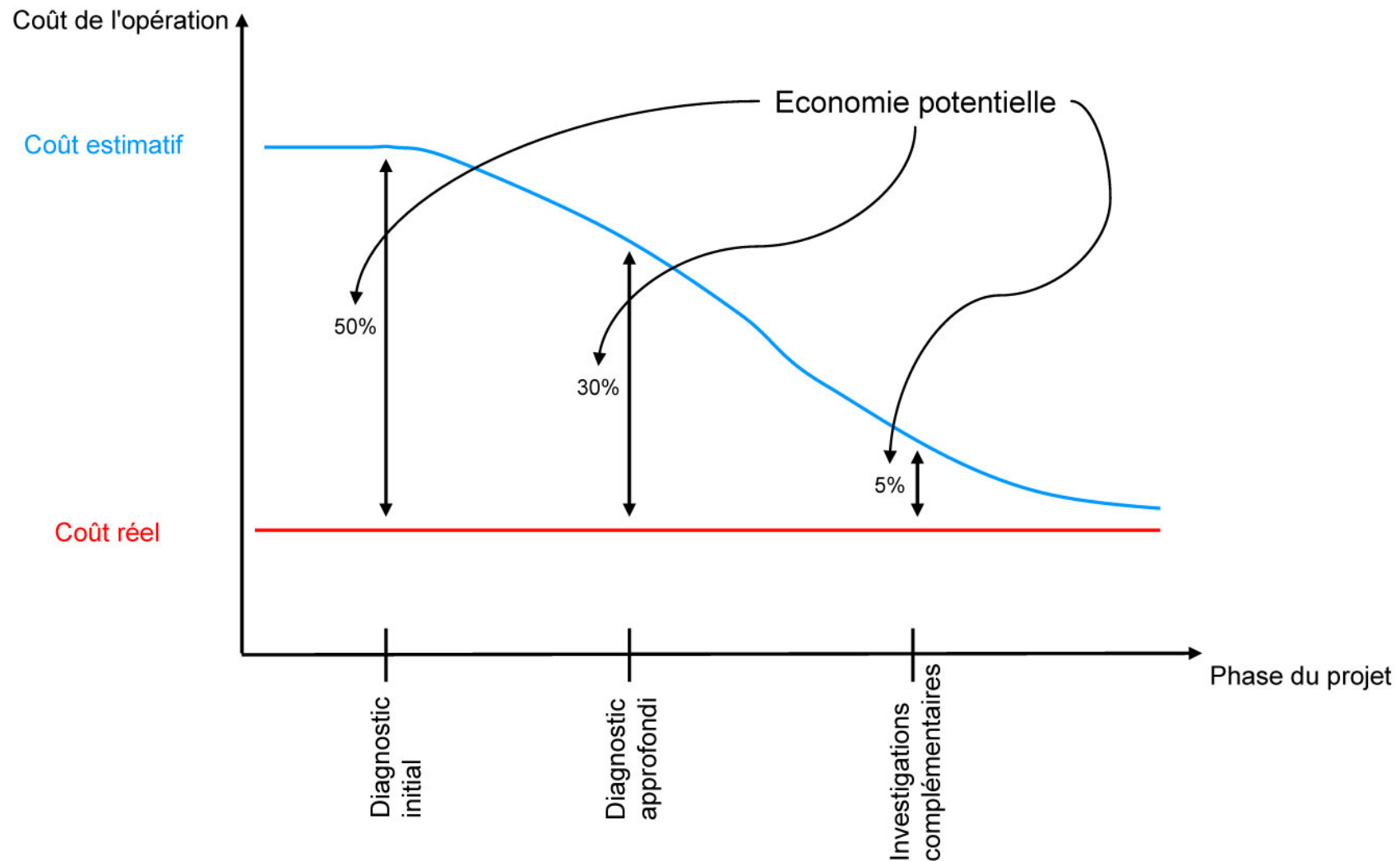


CONCLUSIONS



Approche itérative

Amélioration en continue



Questions - Discussion

