

INTERSOL 2012

Réhabilitation d'une ancienne fabrique d'Engrais

Dépollution In Situ des eaux souterraines
Bioréduction des nitrates et des sulfates



SITA REMEDIATION
la Terre au sens propre 

Contexte & Acteurs

- ICPE : NITARD SAS, Montfavet (Avignon), P. Nitard
- Conseil Nitard : Cèdres, S. Bony
- DREAL 84 : J. Pochon, A. Barafort
- Tierce Expertise : BRGM
L. Rouvreau, S. Colombano, D. Hubé
- Entreprise : SITA REMEDIATION
PG : P Lambert, Ph Botella, J-Y Richard, B. Devic-Bassaget
Travaux : S. Deliot, E. Message, B Devic-Bassaget

1. Présentation du site

ETABLISSEMENTS NITARD SA, MONTFAVET (84)

- Ancienne usine d'engrais 1924 à 1993, puis stockage
- Cessation d'activité en 2007
- Démolition superstructure et dallages en 2008
- Apparition d'un panache de nitrates et sulfates



1. Présentation du site

Données hydrogéologique

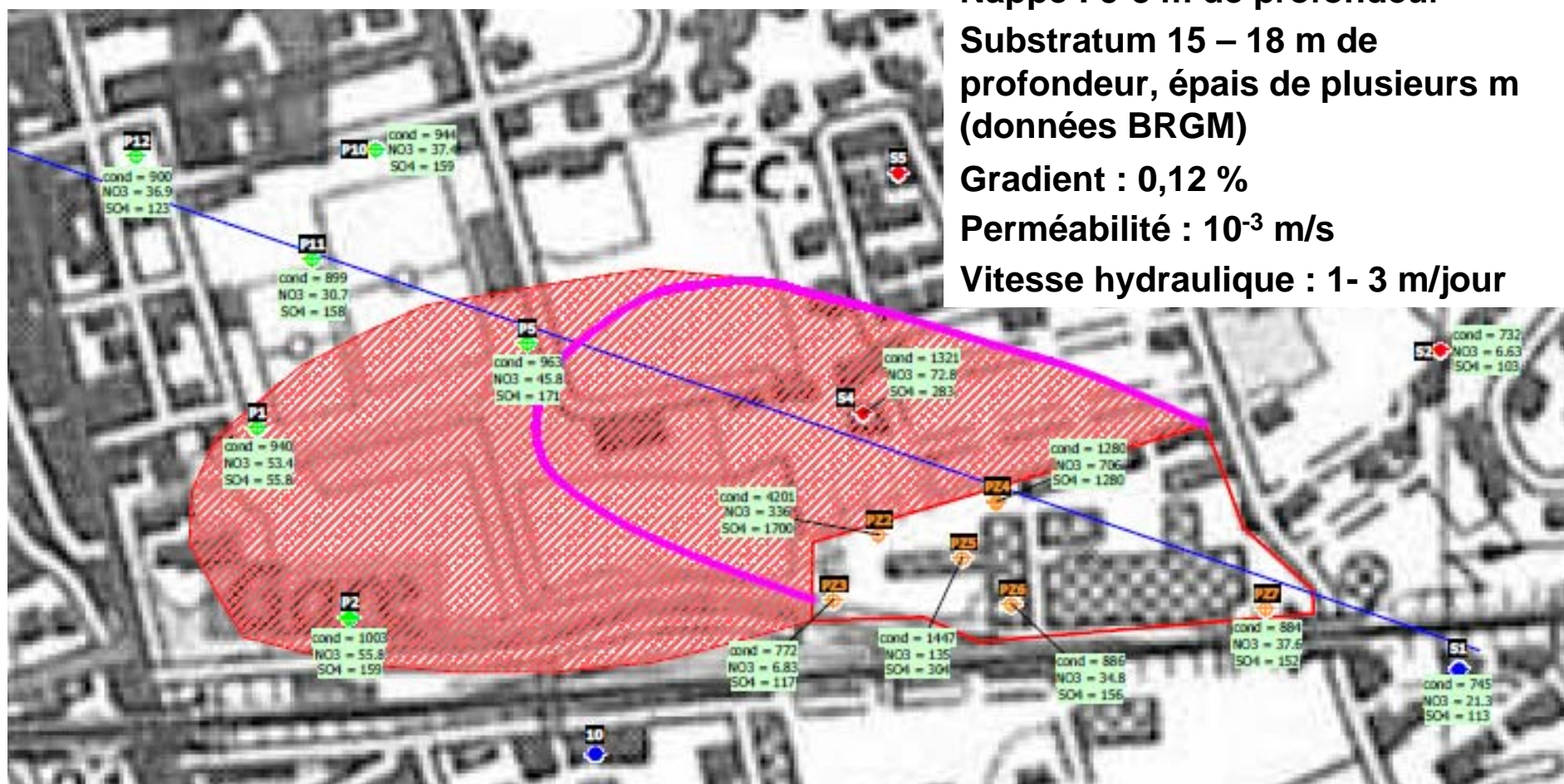
Nappe : 5-8 m de profondeur

Substratum 15 – 18 m de
profondeur, épais de plusieurs m
(données BRGM)

Gradient : 0,12 %

Perméabilité : 10^{-3} m/s

Vitesse hydraulique : 1- 3 m/jour



1. Présentation du site

Qualité des eaux souterraines

➤ éléments dans les eaux en teneurs non compatibles avec les critères de potabilité: Nitrates et Sulfates

Paramètre	Unité	Norme Française		OM S	PZ2		PZ3		PZ4		PZ5		PZ6		PZ7	
		eaux brutes	eau potable		févr-10	juin-10	févr-10	juin-10	févr-10	juin-10	févr-10	juin-10	févr-10	juin-10	févr-10	juin-10
Conductivité corrigée à 25°C	µS/cm		1 100		4 201	3 770	772	1 092	4 460	5 390	1 447	1 622	886	1 030	884	860
Nitrate	mg/l NO3	100	50	50	336	106	7	21	706	1 370	135	193	35	56	38	24
Sulfate	mg/SO4	250	250		1 700	1 730	117	389	1 280	980	304	324	156	206	152	147

➤ Conductivité = traceur des éléments dissous

1. Présentation du site

Qualité des sols

➤ Impacts dans les sols en teneurs non conformes à une classification de déchet inerte (critères ISDI)

➤ Évaluation des surfaces des zones polluées



Zone	Surface estimée
Zone 1	1 500 m ²
Zone 2	1 800 m ²
Ouest	600 m ²
Sondages isolés	400 m ²
Total	Environ 4 500 m ²

2. Plan de Gestion

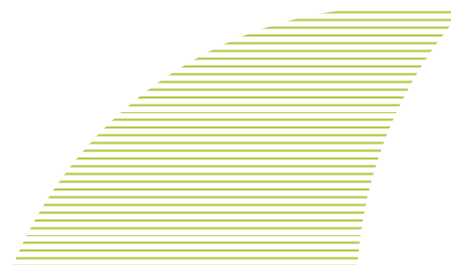
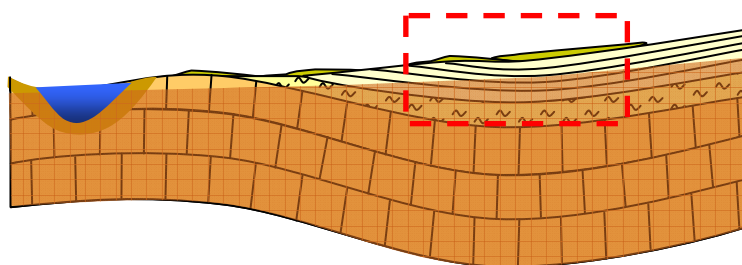
Modélisation

➔ Problématique

Nécessité d'un outil capable de rendre compte à la fois des écoulements souterrains et de la migration d'un contaminant

➤ Élaboration du modèle numérique

➤ Élaboration du modèle conceptuel à partir du contexte géologique et hydrogéologique



2. Plan de Gestion

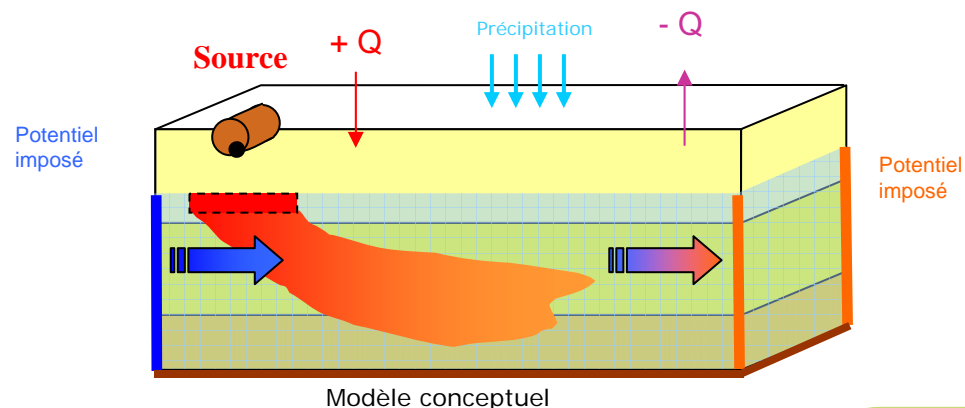
Modélisation

➔ Problématique

Nécessité d'un outil capable de rendre compte à la fois des écoulements souterrains et de la migration d'un contaminant

➤ Élaboration du modèle numérique

➤ Élaboration du modèle conceptuel à partir du contexte géologique et hydrogéologique

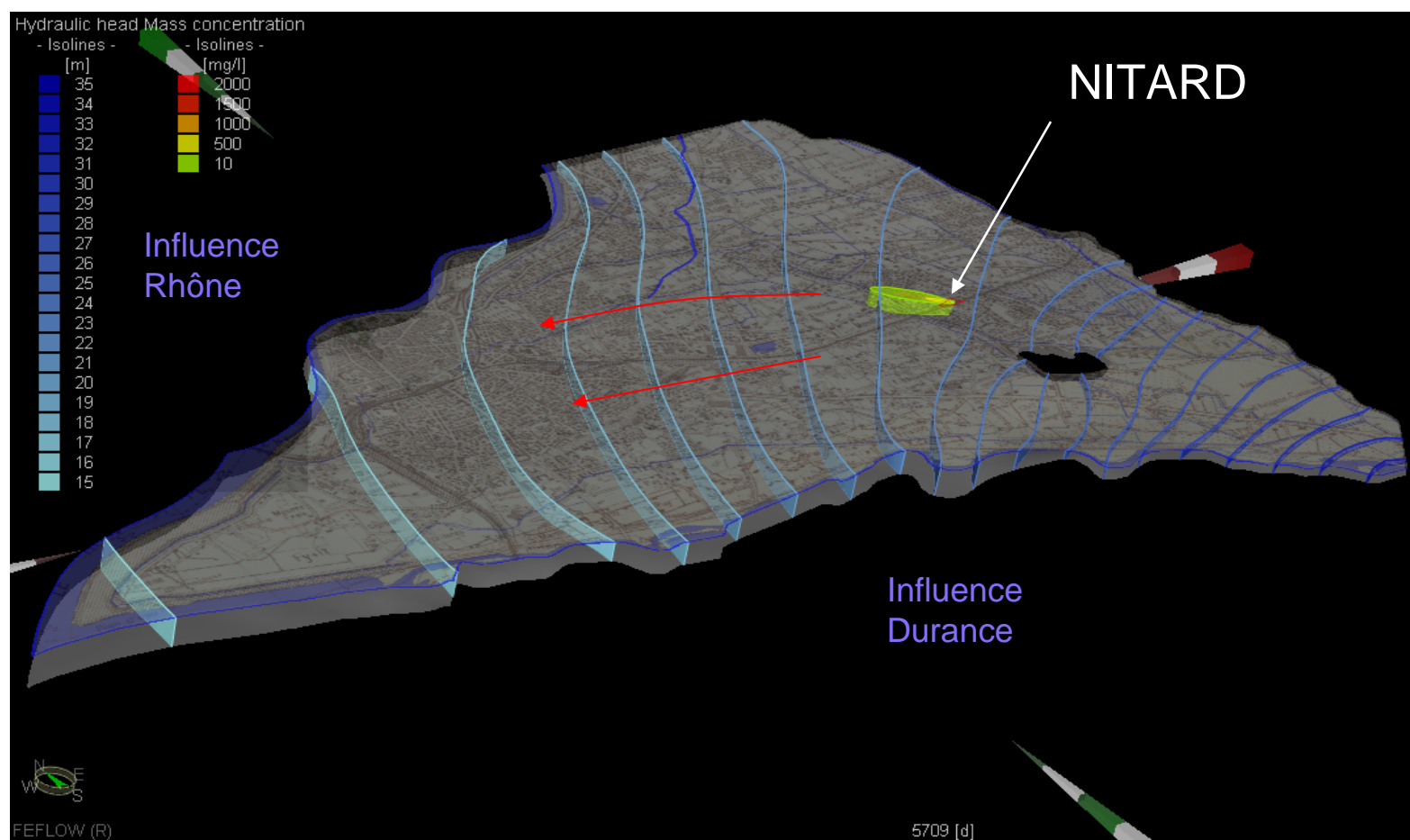


2. Plan de Gestion

Modélisation

➤ Élaboration du modèle numérique

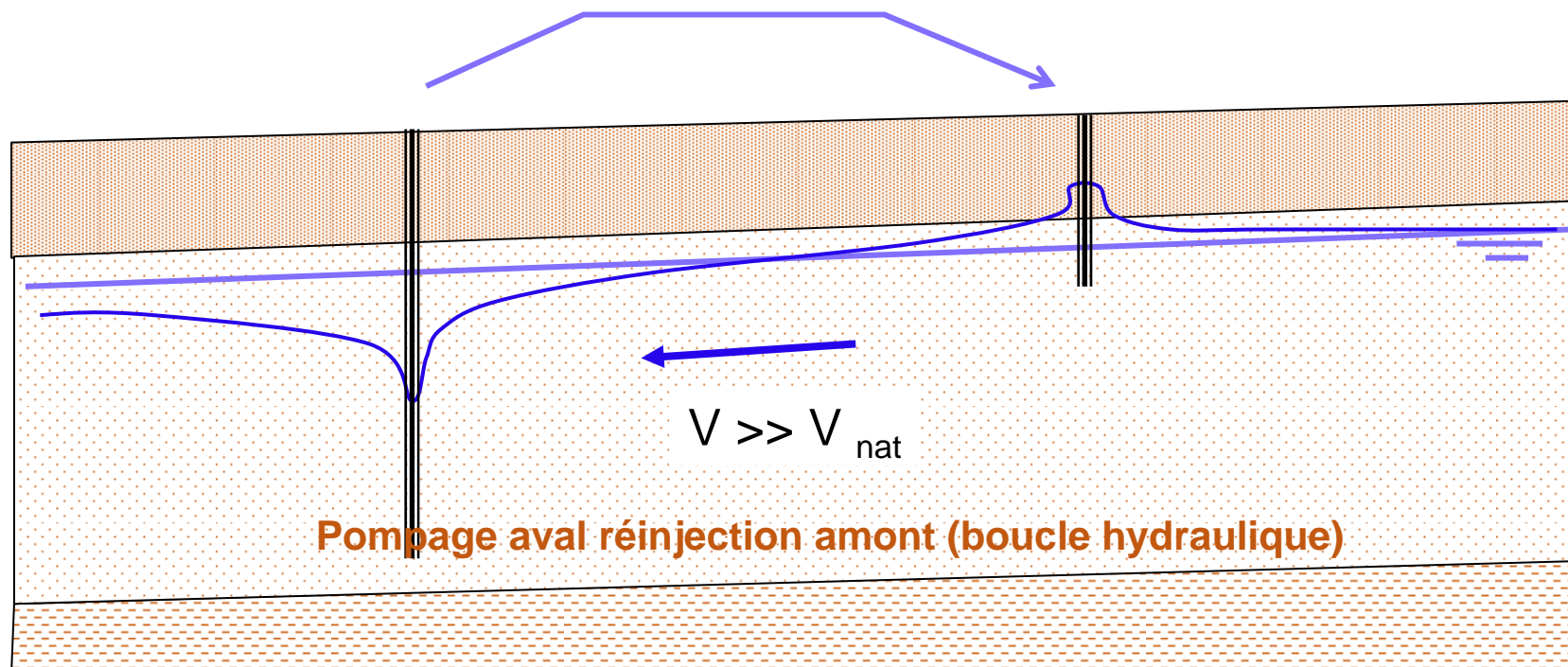
➤ Élaboration du modèle en 3D – régime transitoire



INTERSOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

2. Plan de Gestion

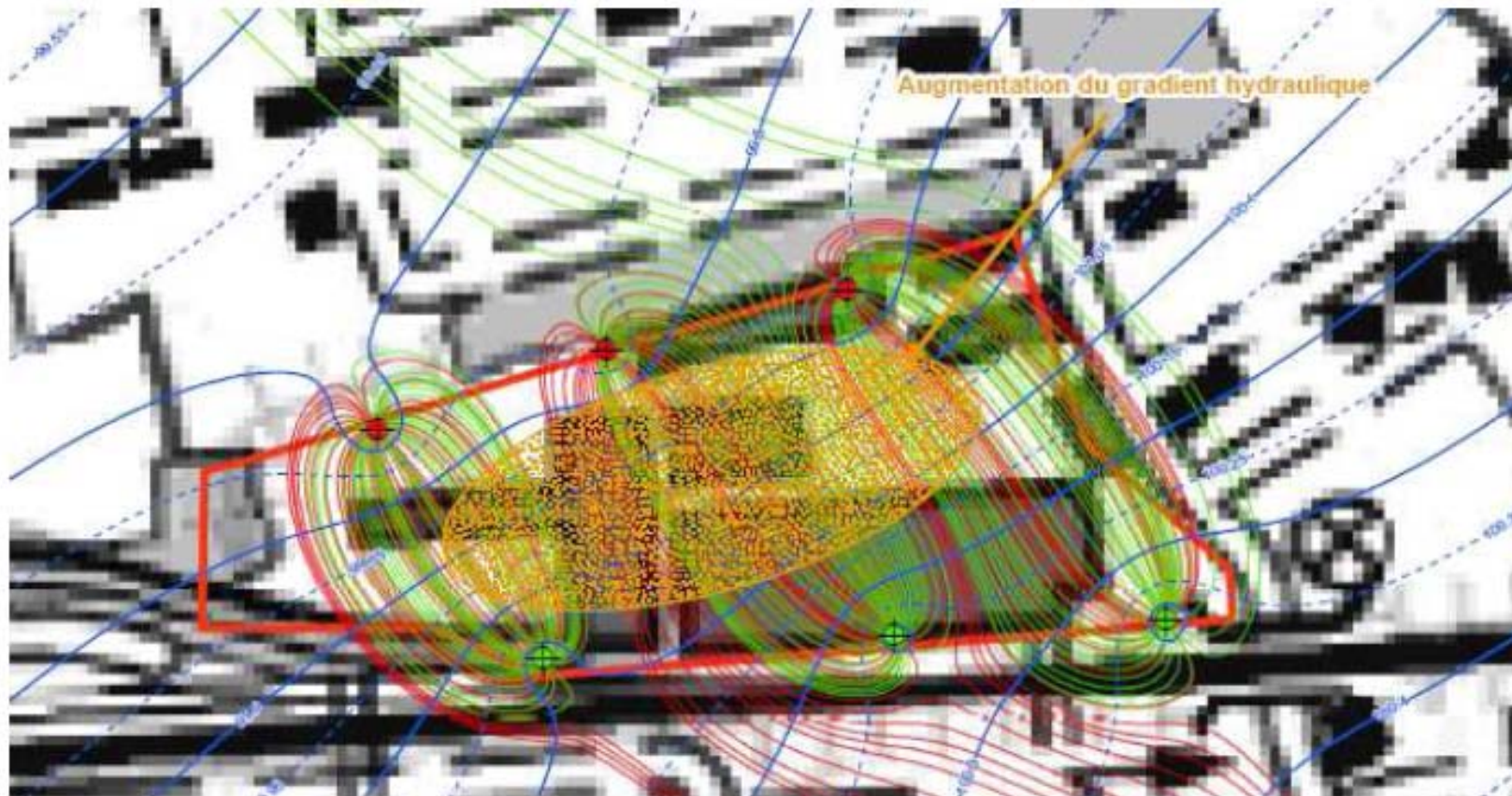
Études de faisabilité







Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Effet de confinement hydraulique (momentané du fait de l'augmentation des concentrations)	<ul style="list-style-type: none">- Lavage accéléré des zones source (augmentation de [C])<ul style="list-style-type: none">- Débit de fuite- Réinjection nécessite un traitement si rejets non-conformes en milieu naturel

2. Plan de Gestion

Études de faisabilité



Types d'ouvrages

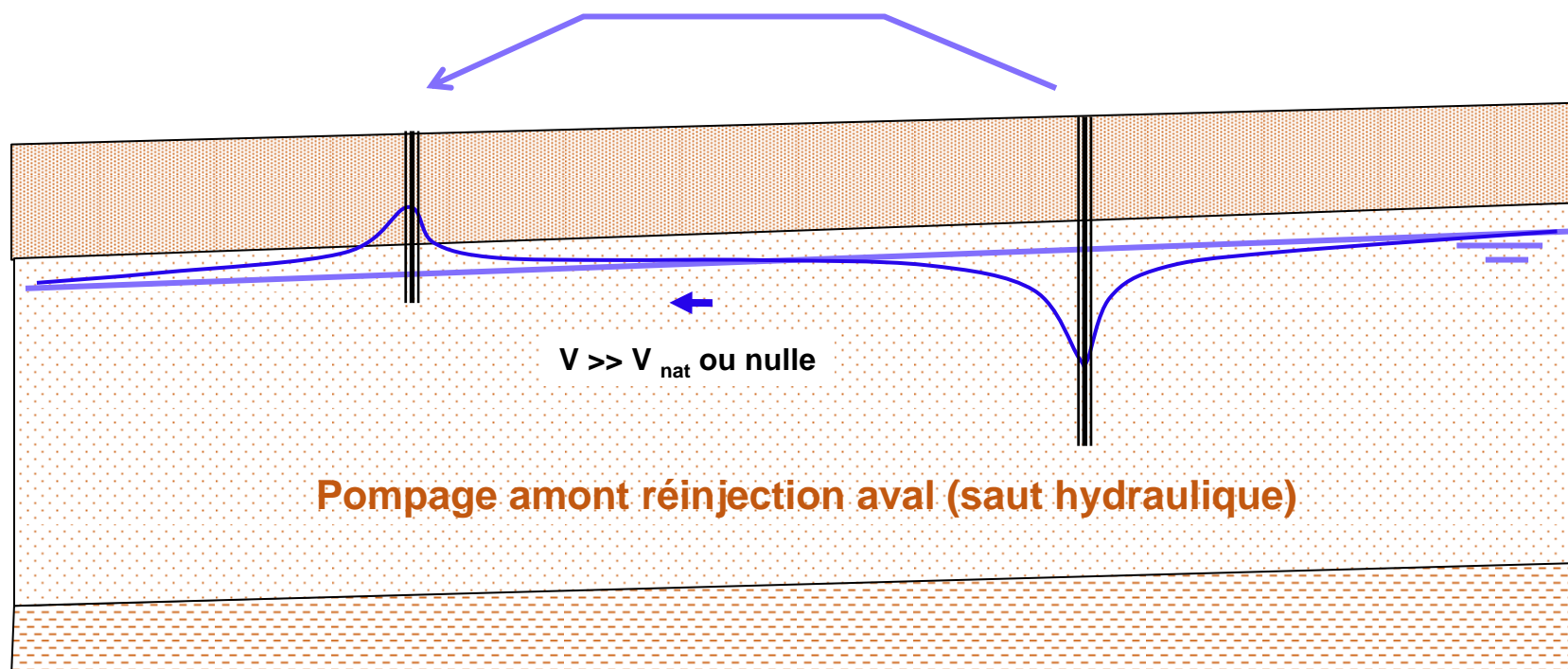
-  Injection
-  Pompage
-  Lignes d'écoulement
-  Lignes d'écoulement

Pompage aval réinjection amont



2. Plan de Gestion

Études de faisabilité

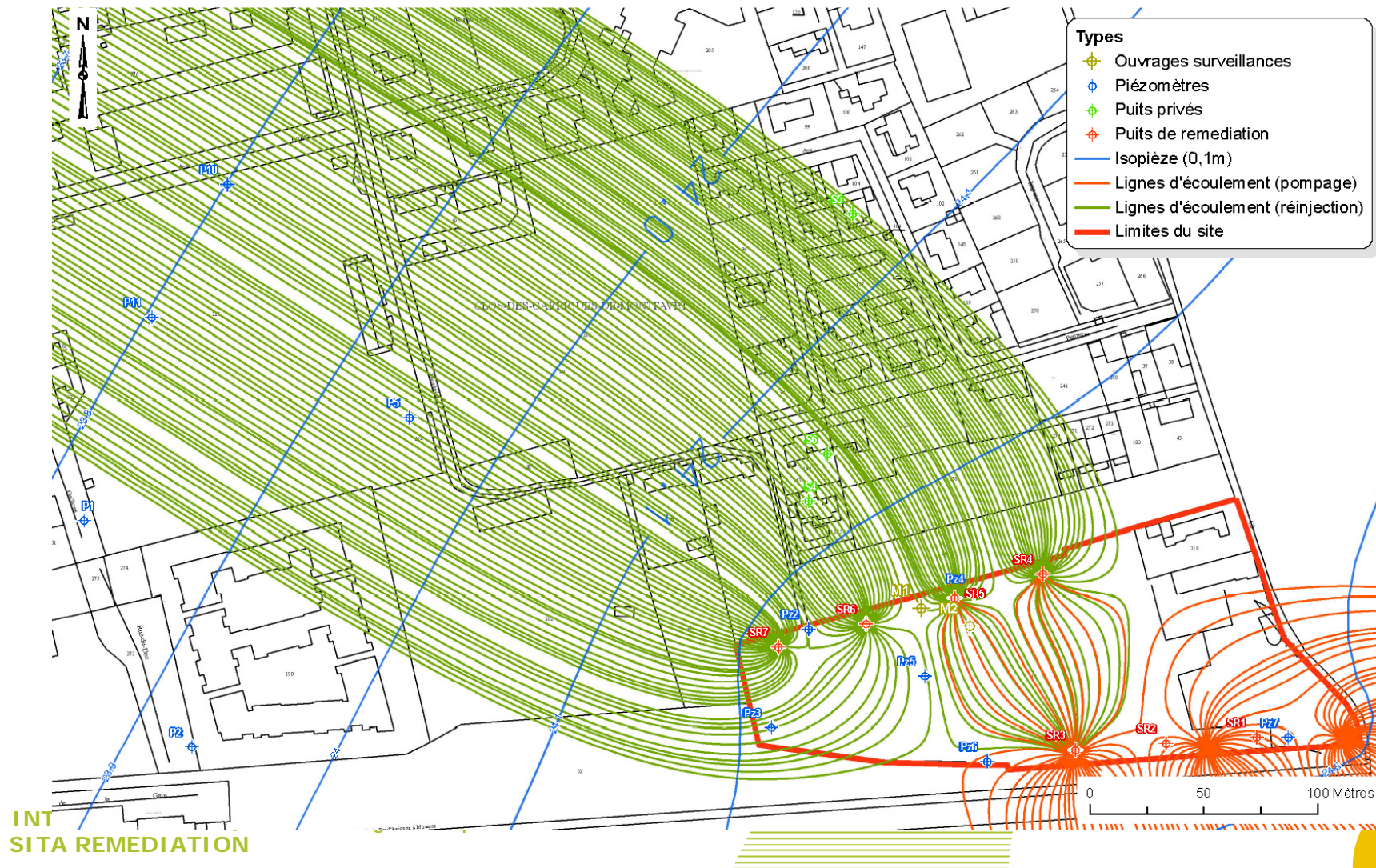


Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Effet de contournement hydraulique et de confinement de la zone centrale- Lavage aval avec des eaux propres	<ul style="list-style-type: none">- Coûts de fonctionnement- Pompage en zone propre- Adaptation des débits aux fluctuations niveaux nappe- Nécessite un capping- Peut nécessiter un fort débit

2. Plan de Gestion

Études de faisabilité

pompage amont réinjection aval

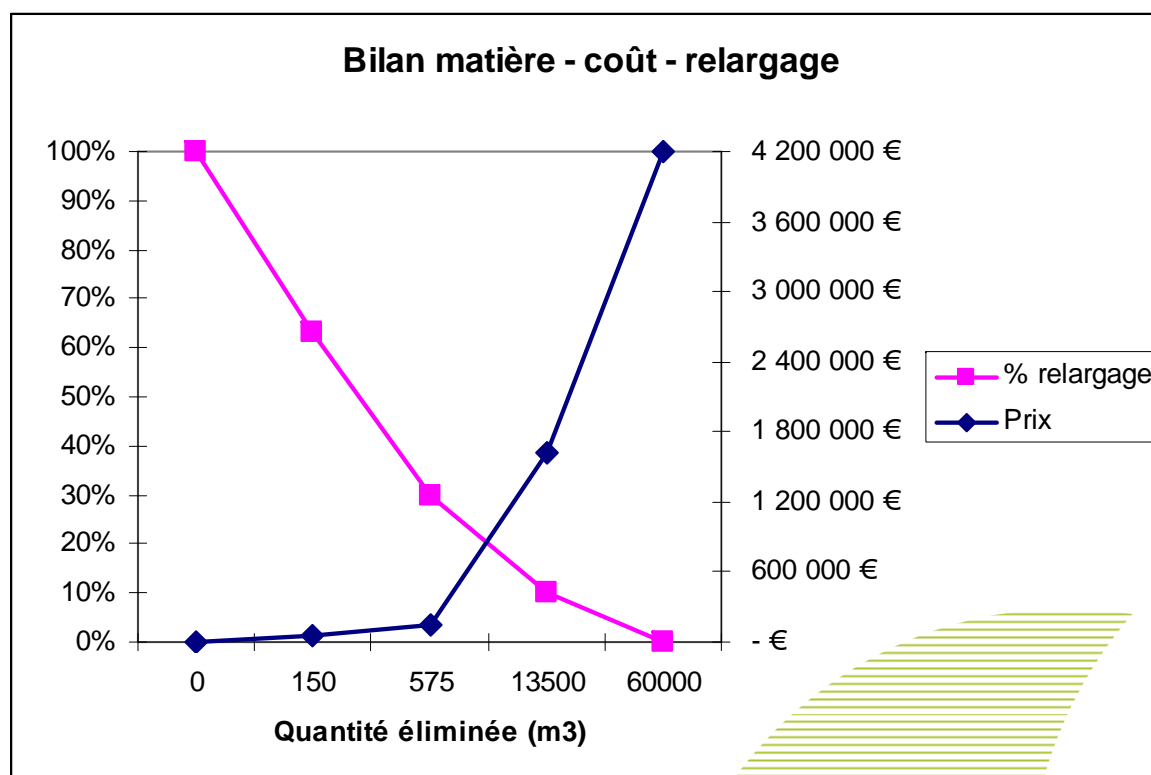


2. Plan de Gestion

Études de faisabilité

➤ Excavation et évacuation de terres polluées (source sol)

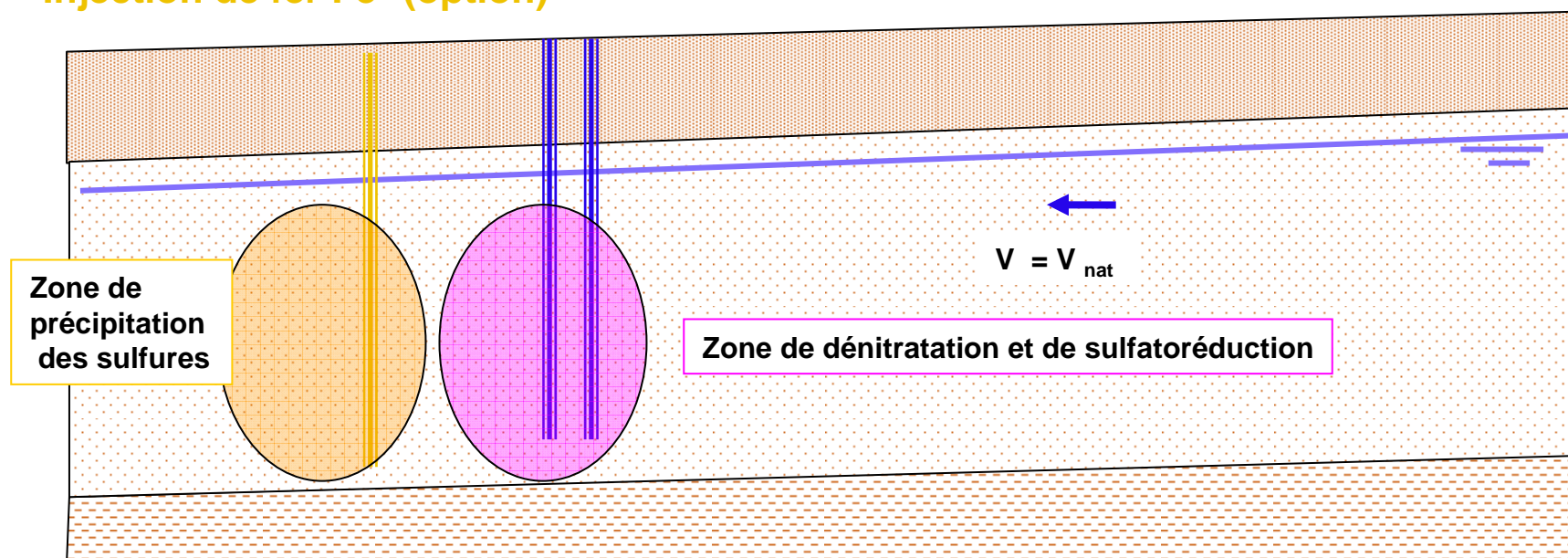
✓ approche quantitative de la gestion des impacts par Bilan Matière et CAPPING sur le relargage (modélisation)



2. Plan de Gestion

Études de faisabilité

Injection de fer Fe^0 (option) Injections source de carbone



Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Pas de modification de hydrodynamique locale- Coût modéré pour réinjections	<ul style="list-style-type: none">- Nécessite un pilote sur site et une modélisation fine- Nécessite un capping

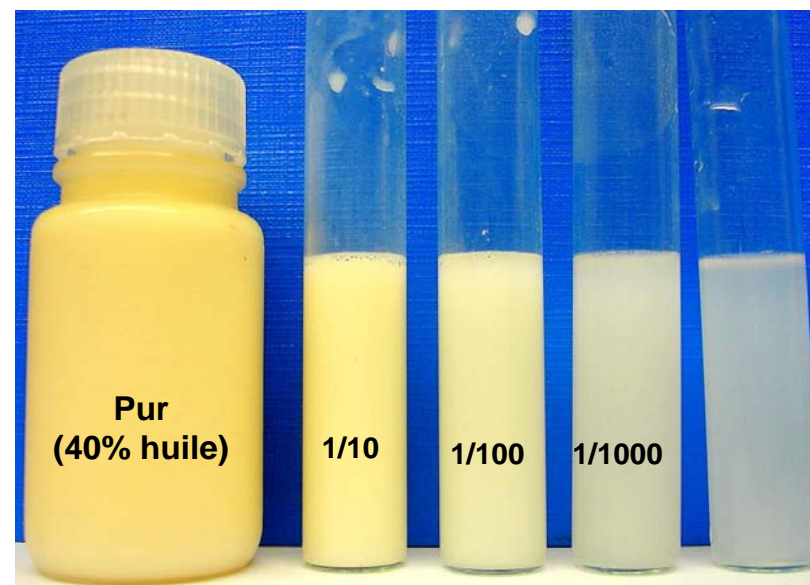
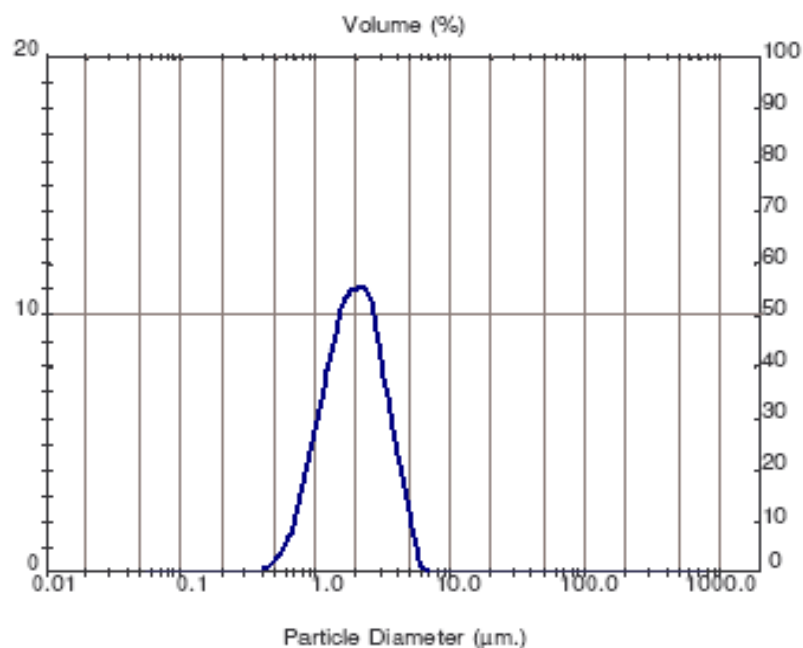
2. Plan de Gestion

Pilote laboratoire

→ Injection d'une source carbonée (procédé Bionappe ®)

Formulation de l'huile en MICRO-EMULSION

- Mêmes avantages que l'huile « pure »
- Facile à injecter
- Soluble dans l'eau
- Faible coût

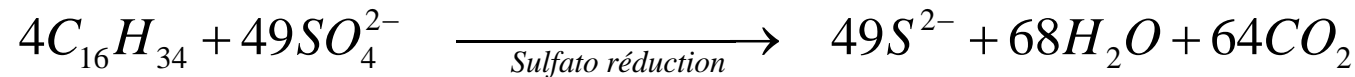
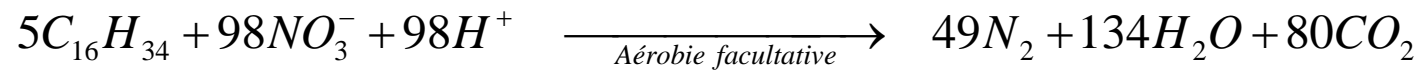


2. Plan de Gestion

Pilote laboratoire

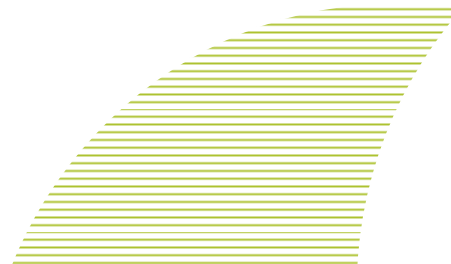
→ Développement d'une activité bactérienne naturelle pour dégrader une source carbonée introduite dans le sol (en ZS)

Exemples avec divers hydrocarbures :



→ Gestion des sulfures par inclusion de fer zérovalent en aval de la barrière biologique (option)

Si le sol présente naturellement un défaut de fer, les inclusions de fer en s'oxydant libèrent une proportion de fer(II) qui réagit avec les sulfures en un précipité stable de sulfure de fer :



2. Plan de Gestion

Pilote laboratoire

→ Essais de biostimulation en réacteurs anaérobies

- Eau provenant de PZ2 et PZ4
- Biostimulation par différentes sources de carbone (mélasse, lactate, microémulsion)
+ témoin sans carbone
- Ajout de résazurine (indicateur coloré du Rédox), purge à l'azote et incubation
- Suivi : NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , redox, pH

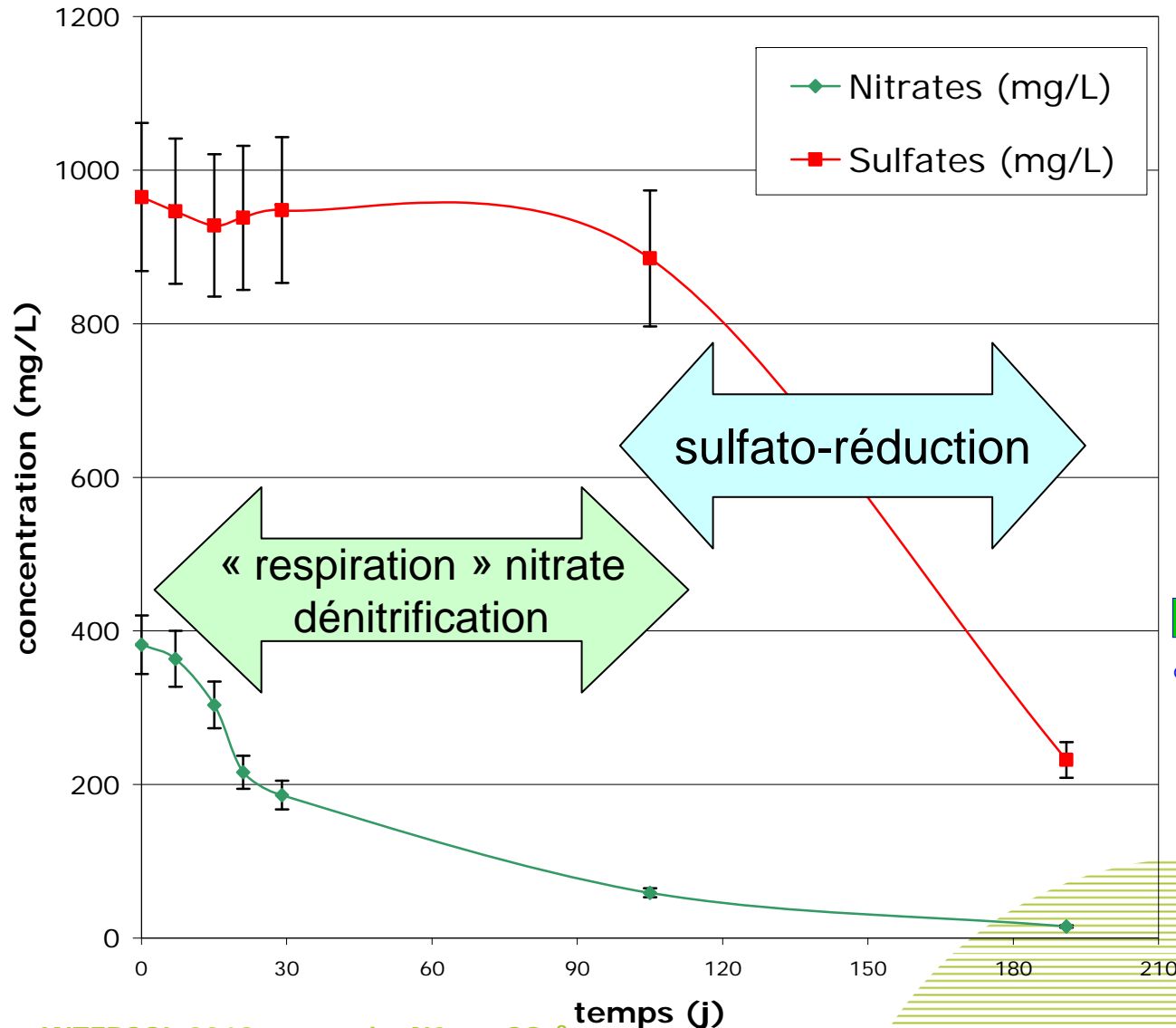


Visualisation de la baisse du potentiel REDOX grâce à la résazurine

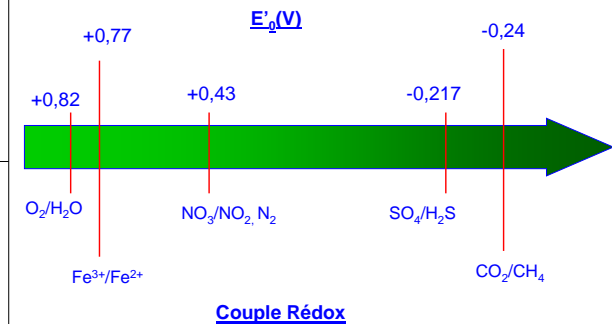


2. Plan de Gestion

Pilote laboratoire



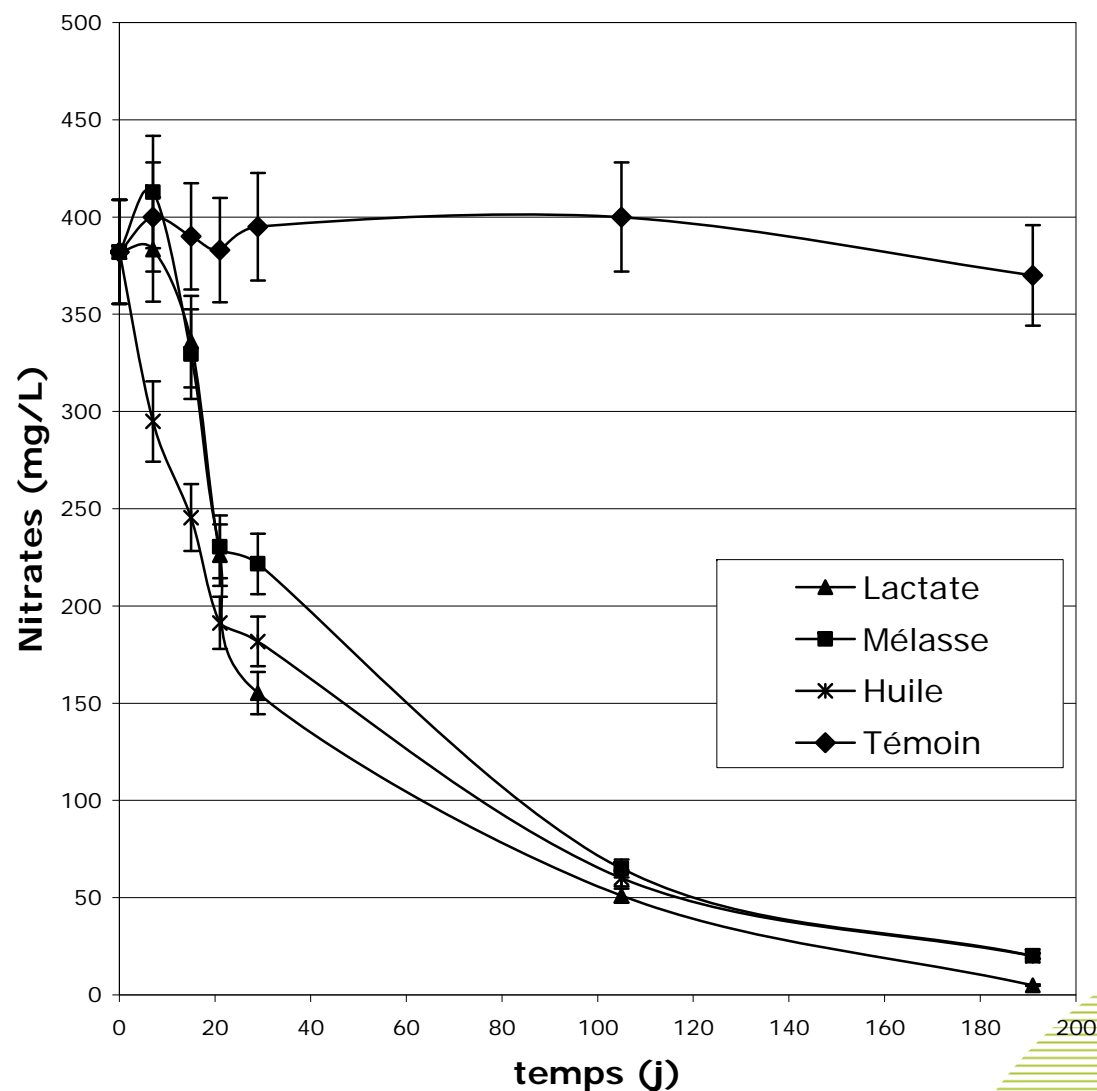
- Consommation rapide de l'oxygène (7j)
- Consommation des nitrates au cours des 4 premiers mois
- Démarrage de la sulfatoréduction au cours du 4^{ème} mois
- >> Traitement séquentiel conforme à la littérature



Huile >> mélasse >> lactate

2. Plan de Gestion

Pilote laboratoire



Choix du réactif :

- **Mélasse** : très soluble
- **Lactate** : très soluble, efficace mais coût élevé
- **Émulsion huile** : Reste plus long terme en micro gouttelettes dans la porosité du sol dans la zone du réacteur biologique. Économie

Calage de la taille de l'émulsion à la perméabilité du sol

2. Plan de Gestion

Objectifs de traitement

→ Contexte réglementaire : ICPE changement usage : gestion de la source

→ **Rendre conforme l'eau souterraine aux critères de potabilité**

➤ Objectifs sur les eaux souterraines :

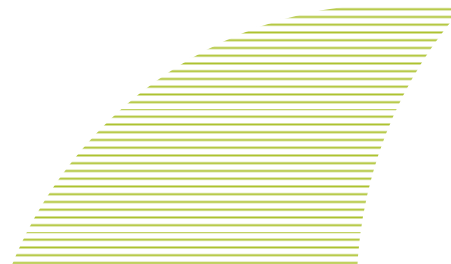
✓ **Sulfates < 250 mg/l** pour 284 mg/l en aval hors site (puits particulier), et 1280 mg/l en limite aval du site (fév 2010)

✓ **Nitrates < 50 mg/l** pour 73 mg/l en aval hors site, et 706 mg/l en limite intérieure aval du site (fév 2010)

➤ Objectifs sur les sols sur site :

✓ **Sulfates < 15 000 mg/kg-MS**

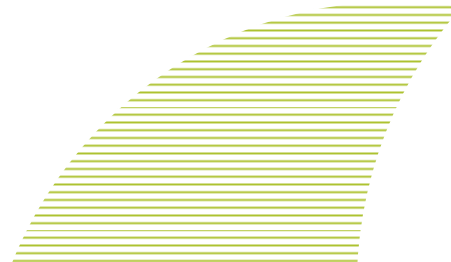
✓ **Nitrates < 1 100 mg/kg-MS**



2. Plan de Gestion

Solutions retenues

- Retrait de trois spots de terres polluées
- Traitement /confinement des eaux souterraines
 - ✓ Pompage amont – réinjection aval
- Capping
- Traitement de la zone source par mise en place d'une barrière biologique
 - ➔ Restitution de la qualité des eaux :
 - ✓ 2 ans
 - ✓ Bilan quadriennal



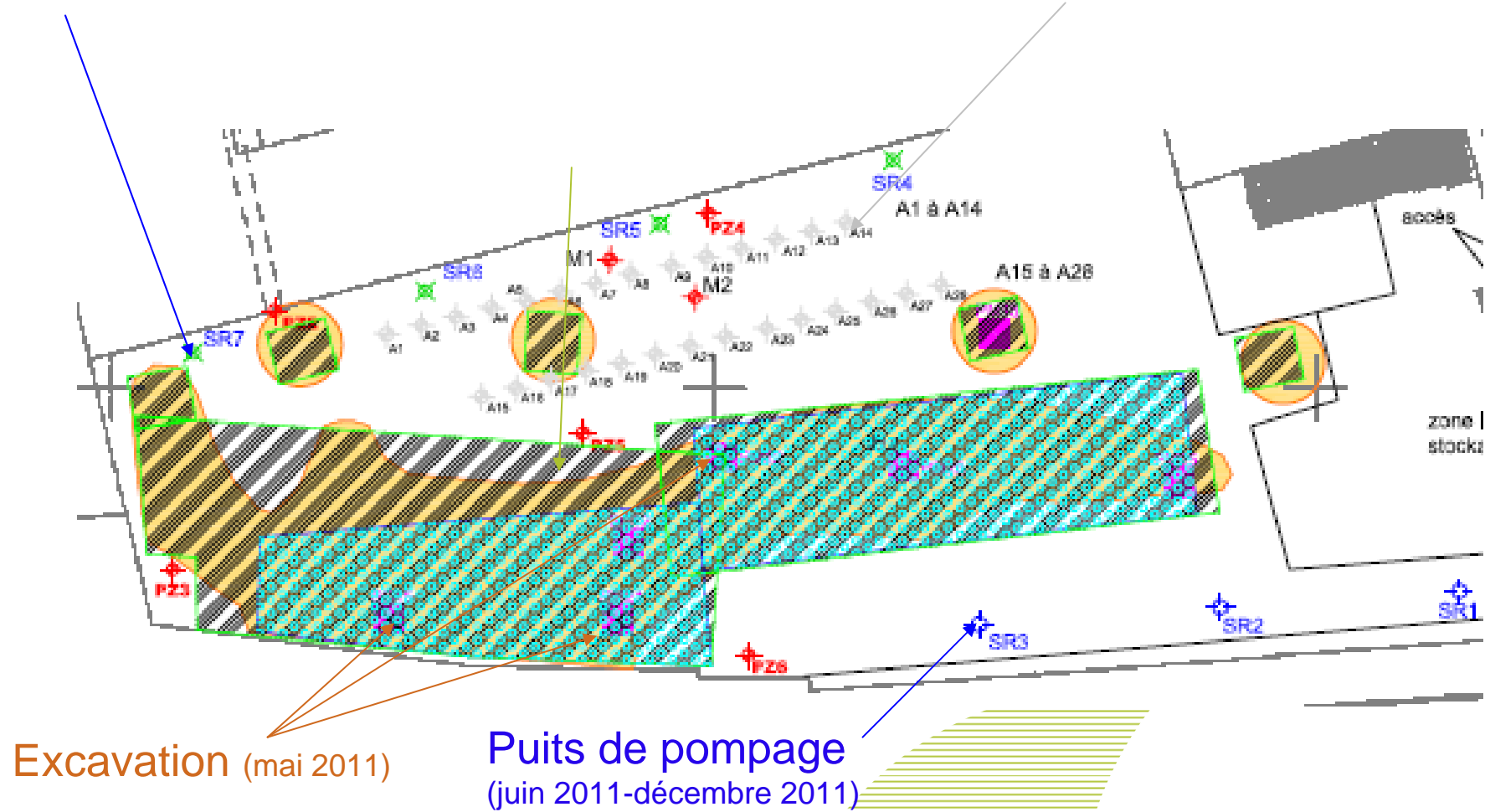
3. TRAVAUX

Synthèse des opérations

Puits de réinjection
(juin 2011-décembre 2011)

Zone de Capping
(novembre 2011)

Aiguilles de traitement
(décembre 2011)

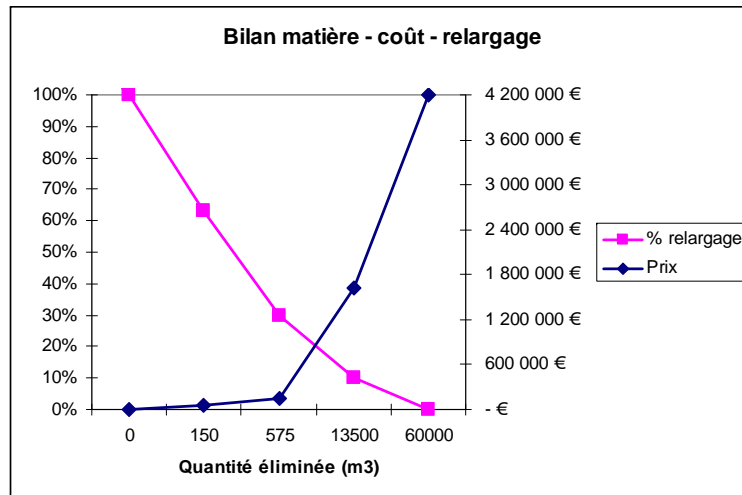


INTERPOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

3. TRAVAUX

1. Retrait de trois spots de terres polluées

➤ Excavation et évacuation de terres polluées



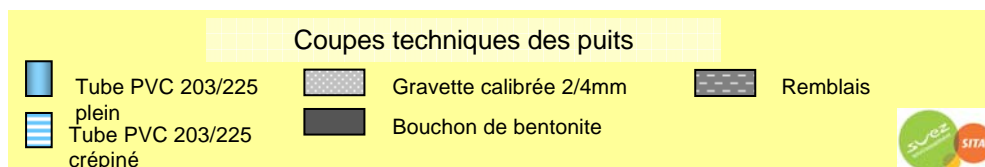
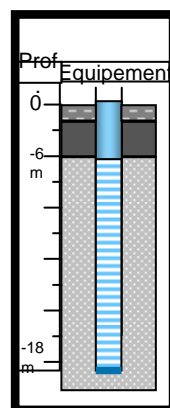
3. TRAVAUX

2. Pompage Amont – Réinjection Aval

➤ Mise en place de 3 puits de pompage en amont (15m³/h)

✓ Limiter la progression du panache

✓ Confiner les eaux centrales



3. TRAVAUX

2. Pompage Amont – Réinjection Aval

- Mise en place de 4 puits de réinjection en aval reliés par 400 ml de canalisation



- Volume pompé: 61 666 m³ (6 mois)



3. TRAVAUX

3 Capping

➤ **CAPPING:** mise en place de 4500 m² de complexe géotextile-géofilm PE armé-géotextile

✓ Éviter tout nouvel apport de polluants par lessivage météorique des terres.



3. TRAVAUX

4.4 Capping

➤ terrassement superficiel de l'ordre de 4600 m². mise en forme d'une pente.



➤ recouvrements joints à l'aide d'un cordon de bentonite puis compressé.



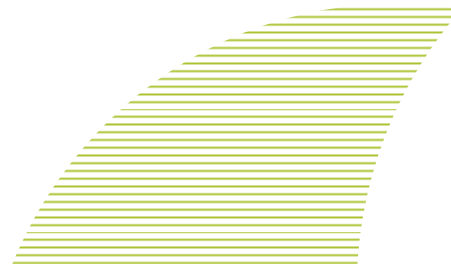
➤ recouvrement de l'ensemble des zones de Capping par 0,2 à 0,5 m de terres propres.



3. TRAVAUX

4 Traitement de la zone source par mise en place d'une barrière biologique

- Mise en place de 28 aiguilles d'injection sur deux lignes à 12 m de profondeur.



3. TRAVAUX

4 Traitement de la zone source par mise en place d'une barrière biologique

- Déploiement d'un dispositif d'injection amovible permettant l'injection dans 3 aiguilles simultanément.



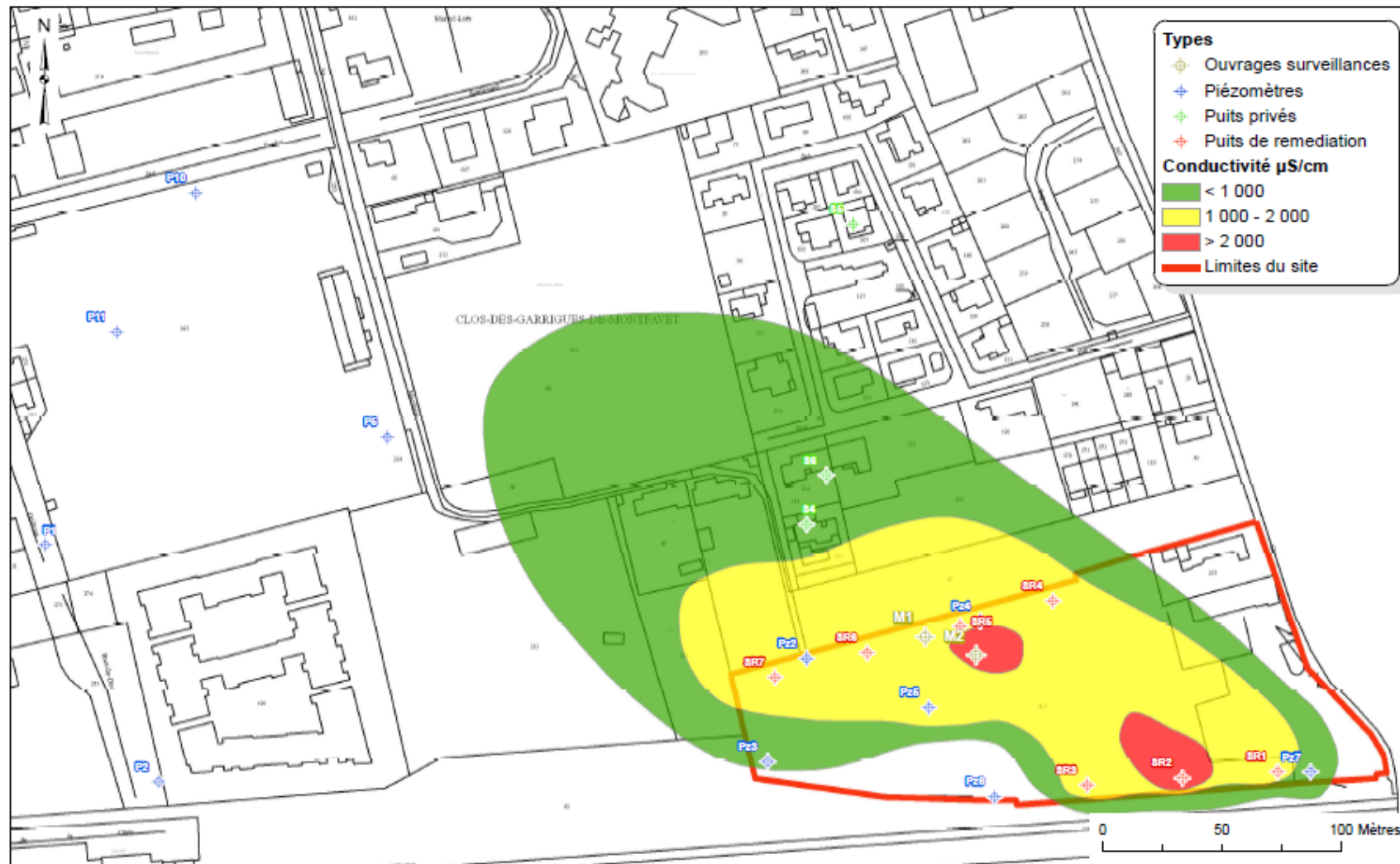
- Injection d'une solution d'huile en microémulsion (Biocatalyser[®]O) à 2% .

✓ Volume injecté = 137,7 m³



4. Résultats

Cartographies des Conductivités

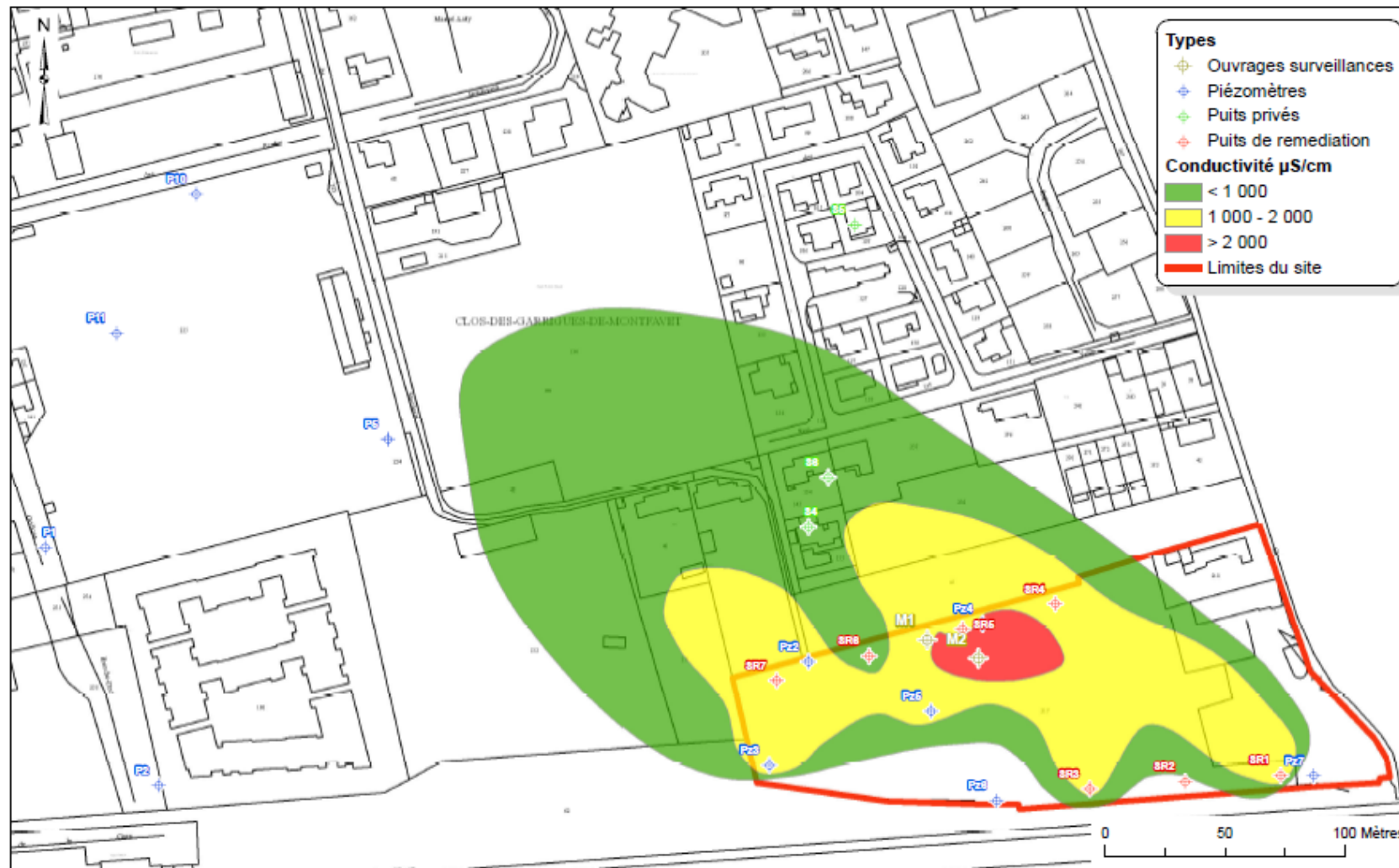


Juin 2010

INTERSOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

4. Résultats

Cartographies des Conductivités

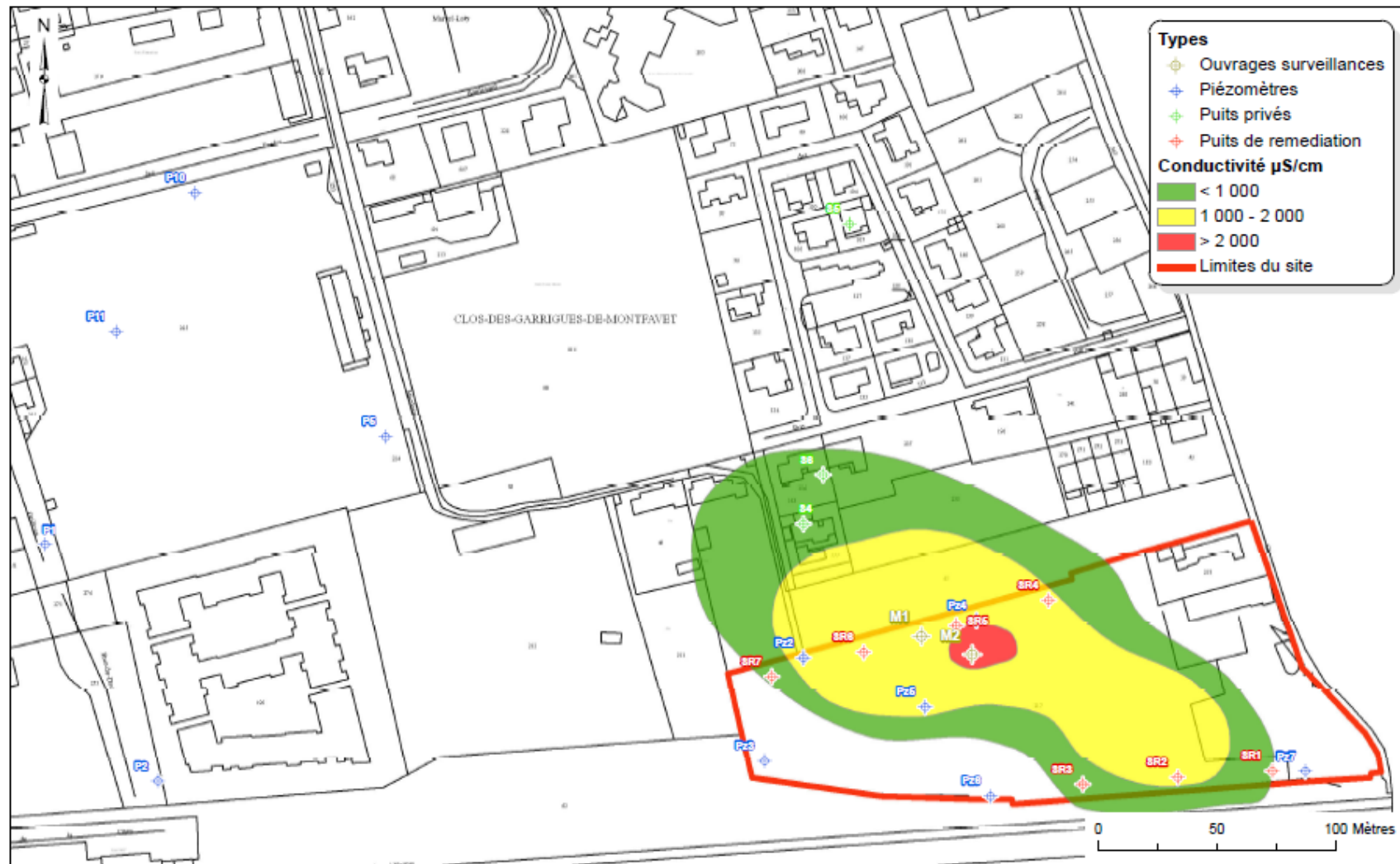


Juin 2011

INTERSOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

4. Résultats

Cartographies des Conductivités



Déc 2011 (Mesure urgences)

INTERSOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

4. Résultats

Cartographies des Conductivités

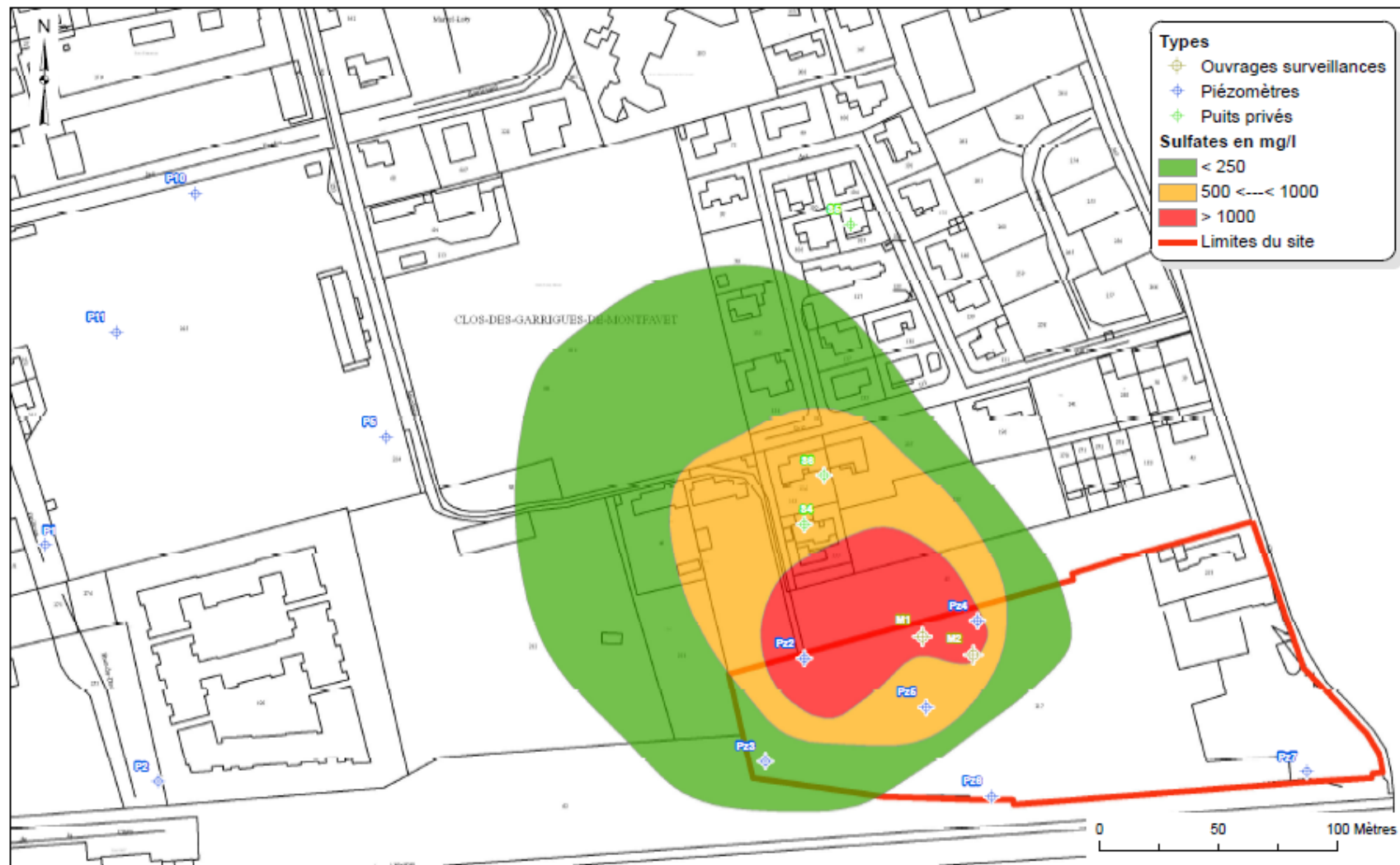


Mars 2012 (3 mois après Bio)

INTERSOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

4. Résultats

Cartographies des Sulfates



Juin 2010

INTERSOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

4. Résultats

Cartographies des Sulfates



Déc 2011 (Mesure urgences)

INTERSOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

4. Résultats

Cartographies des Sulfates

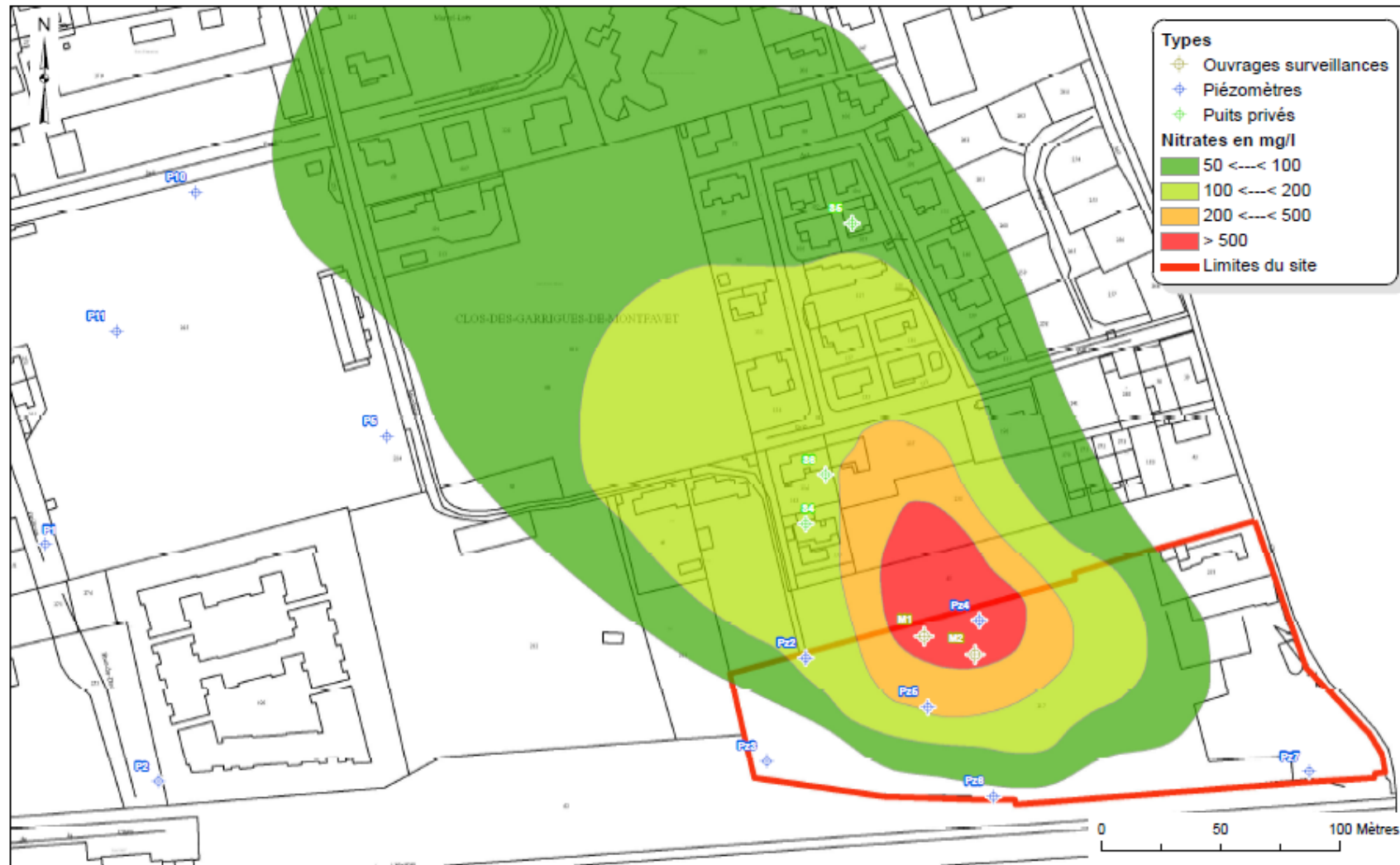


Mars 2012 (3 mois après Bio)

INTERSOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

4. Résultats

Cartographies des Nitrates

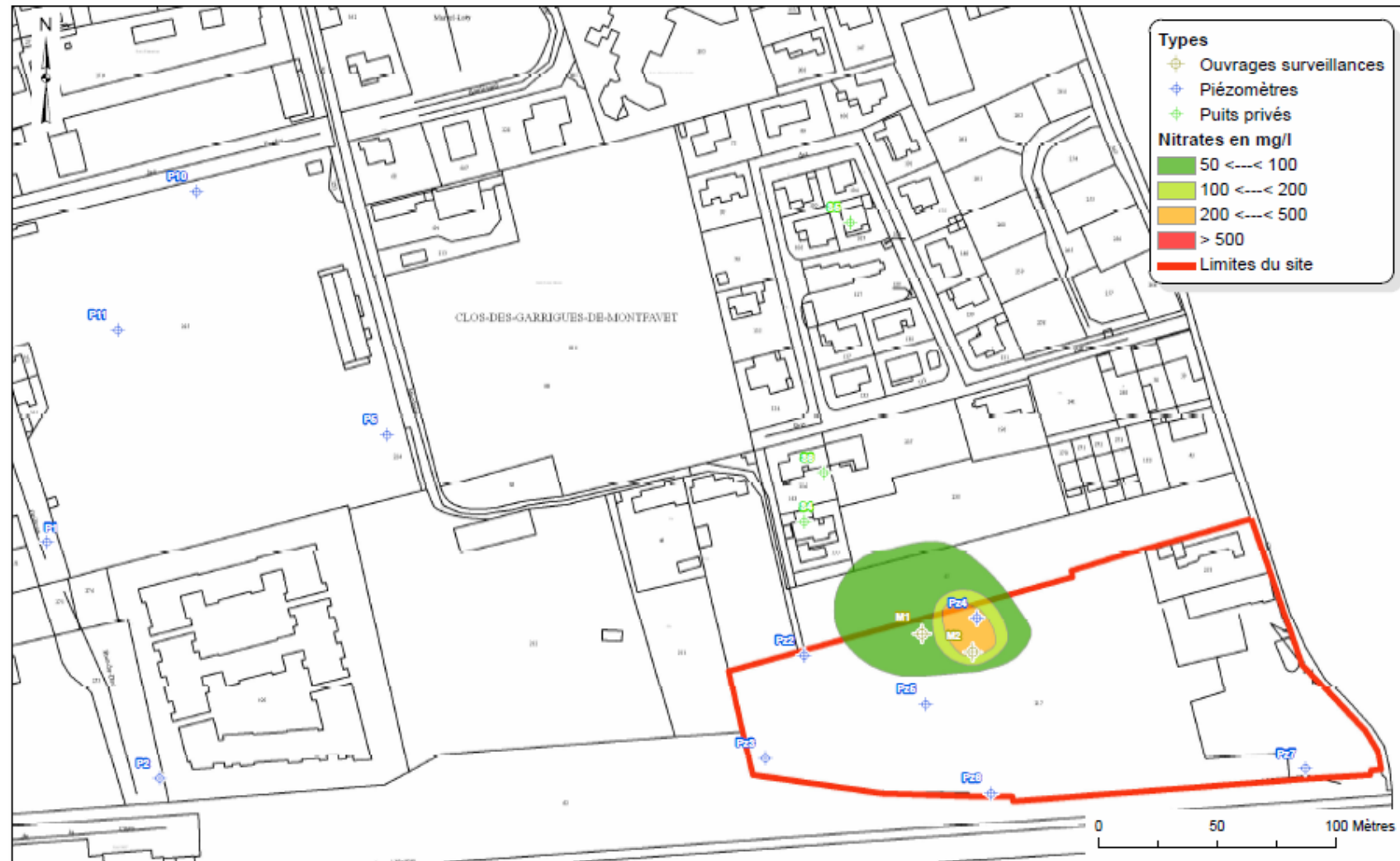


Juin 2010

INTERSOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

4. Résultats

Cartographies des Nitrates

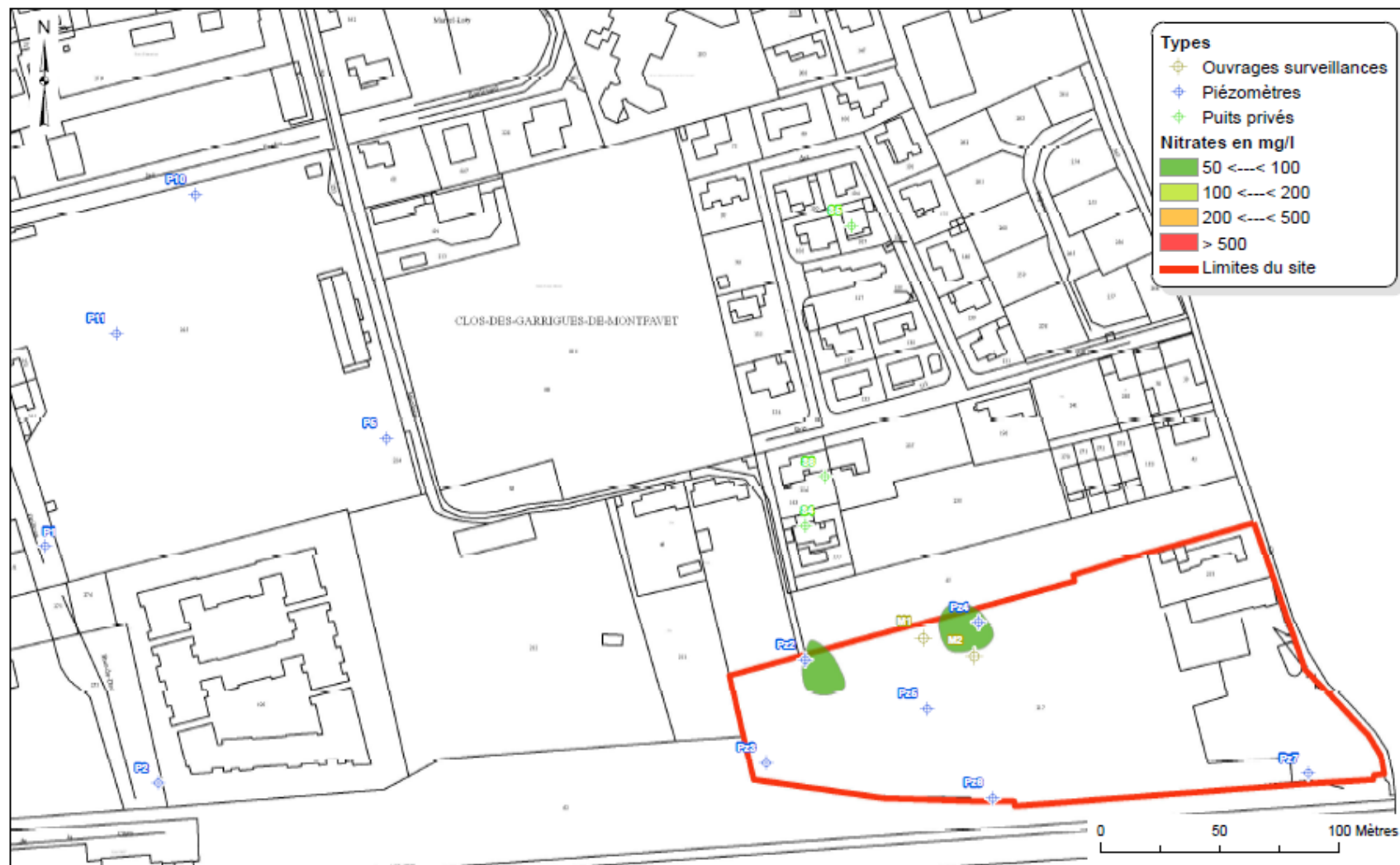


Déc 2011 (Mesure urgences)

INTERSOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

4. Résultats

Cartographies des Nitrates



Mars 2012 (3 mois après Bio)

INTERSOL 2012 – panache $\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ –
SITA REMEDIATION

Merci de votre attention
www.sitaremediation.fr

