



Elaboration et mise en oeuvre d'un plan de gestion sur un site industriel en activité

Journée Technique « Du plan de gestion à l'achèvement des travaux de dépollution »

***Organisée par le Brgm en concertation
avec le MEDDE***



CERTIFICATION DE SERVICE DES PRESTATAIRES
DANS LE DOMAINE DES SITES ET SOLS POLLUÉS



SITES ET SOLS POLLUÉS
NF X 31-429-2
ÉTUDES, ASSISTANCE
ET CONTRÔLE
www.lne.fr

SITES ET SOLS POLLUÉS
NF X 31-429-3
INGÉNIERIE DES TRAVAUX
DE RÉHABILITATION

SITES ET SOLS POLLUÉS
NF X 31-429-4
EXÉCUTION DES TRAVAUX
DE RÉHABILITATION



Contexte

> Le site

- ICPE, industrie du caoutchouc



SITA REMEDIATION
la terre au sens propre

L. POUILLOT - SITA REMEDIATION, J-P. MAILLOT – ANVIS France
S. COLOMBANO - BRGM



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Contexte

> Le site

- ICPE, industrie du caoutchouc
 - 500 employés
 - Usine 10 ha dont 8 ha bâtis
- Activités :
 - Production de caoutchouc
 - Pièces antivibratoires pour l'automobile
 - Ferroviaire et autres pièces pour l'industrie



SITA REMEDIATION
la terre au sens propre

L. POUILLOT - SITA REMEDIATION, J-P. MAILLOT – ANVIS France
S. COLOMBANO - BRGM



Géosciences pour une Terre durable

brgm

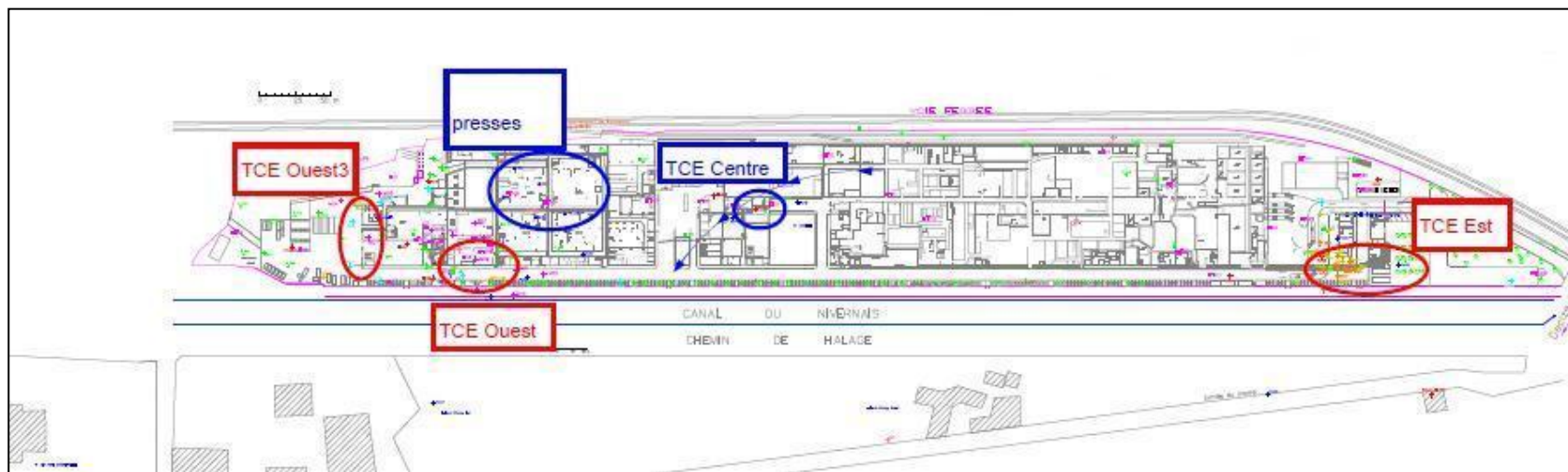


Contexte

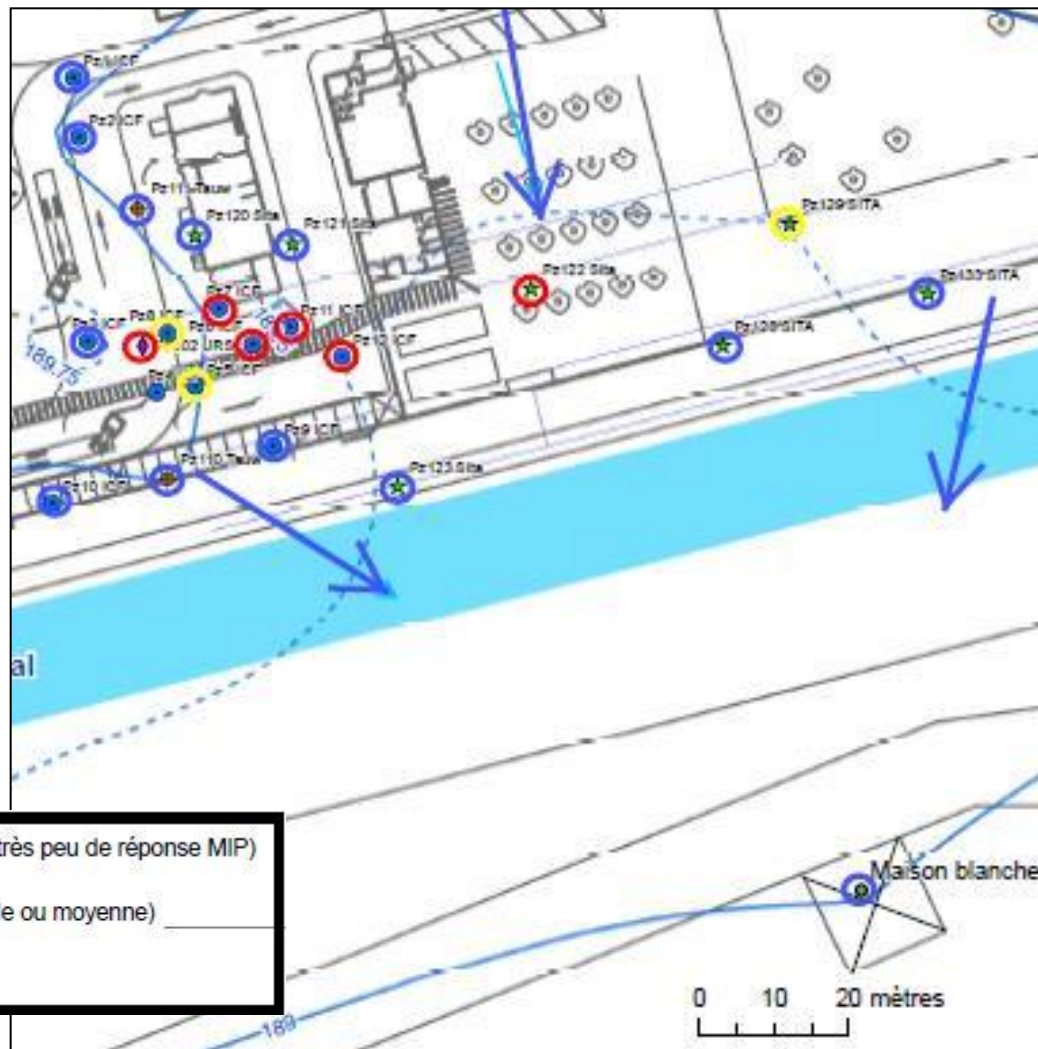
> La pollution

- études de pollution à partir de 1995, plusieurs phases avec BE différents
- Diagnostic complémentaire pour préciser données
- Investissement de l'industriel dans les études
 - Au total 57 piézos, 93 sondages, 40 MIP, 9 essais de nappe, 5 pilotes labo de faisabilité
 - Pour cerner et vérifier faisabilité des techniques de dépollution
 - Doit permettre un dimensionnement complet
- Schéma conceptuel : 5 zones identifiées (COHV, HC), avec pollution caractérisée

Zones prises en compte dans le PG



Etat des lieux zone TCE Est

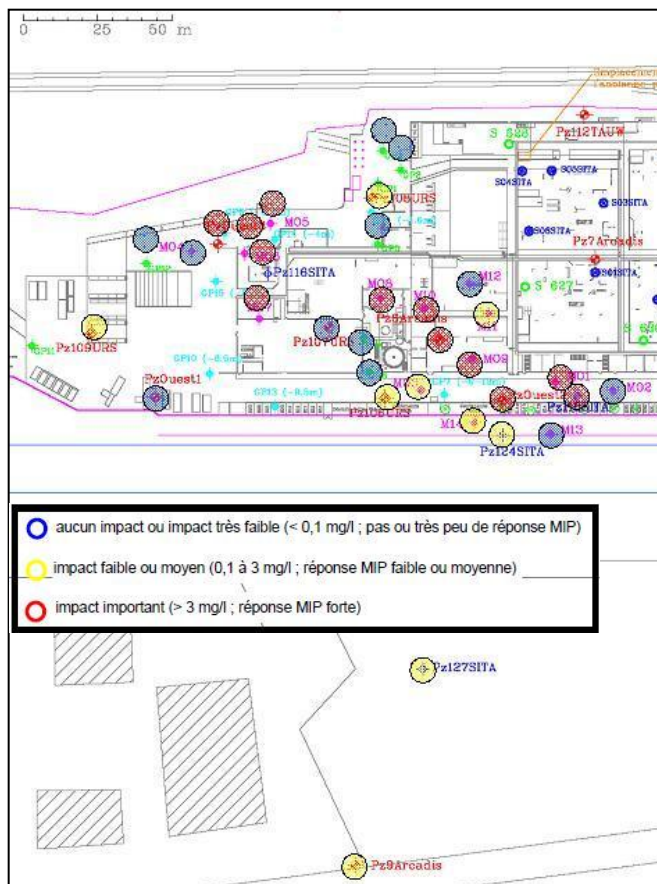


Ecoulement reconstitué par modélisation

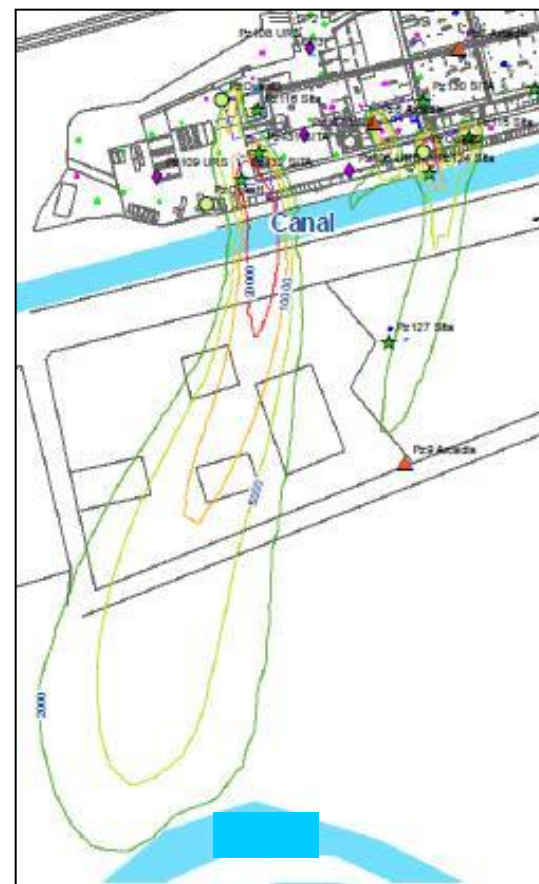
- aucun impact ou impact très faible (< 0,1 mg/l ; pas ou très peu de réponse MIP)
- impact faible ou moyen (0,1 à 3 mg/l ; réponse MIP faible ou moyenne)
- impact important (> 3 mg/l ; réponse MIP forte)

Etat des lieux partie ouest

Observé



Reconstitué par modélisation



Enjeux

> **Priorité : protection des riverains en aval**

- Puits à usages sensibles : boisson, arrosage, bétail

> **De façon pérenne : dépollution globale**

- Demande de dépollution par la DREAL
- Politique environnementale groupe : gestion du passif environnemental

> **Questionnements du maître d'ouvrage**

- Besoin de vision d'ensemble du problème
- Inquiétude sur coûts potentiellement très élevés
- Utilisation nappe en aval par puits privés
- Forte attente de l'administration (objectif « eau potable » évoqué)

La demande d'ANVIS

> Cahier des charges

- Proposer un plan de gestion
- Mettre en œuvre des travaux et autres mesures décidées
- Conseiller et accompagner ANVIS pour relations avec autres parties, communication

La demande d'ANVIS

> Points particuliers

- Contraintes d'un site en activité

La demande d'ANVIS

> Points particuliers

- Contraintes d'un site en activité



SITA REMEDIATION
la terre au sens propre

L. POUILLOT - SITA REMEDIATION, J-P. MAILLOT – ANVIS France
S. COLOMBANO - BRGM

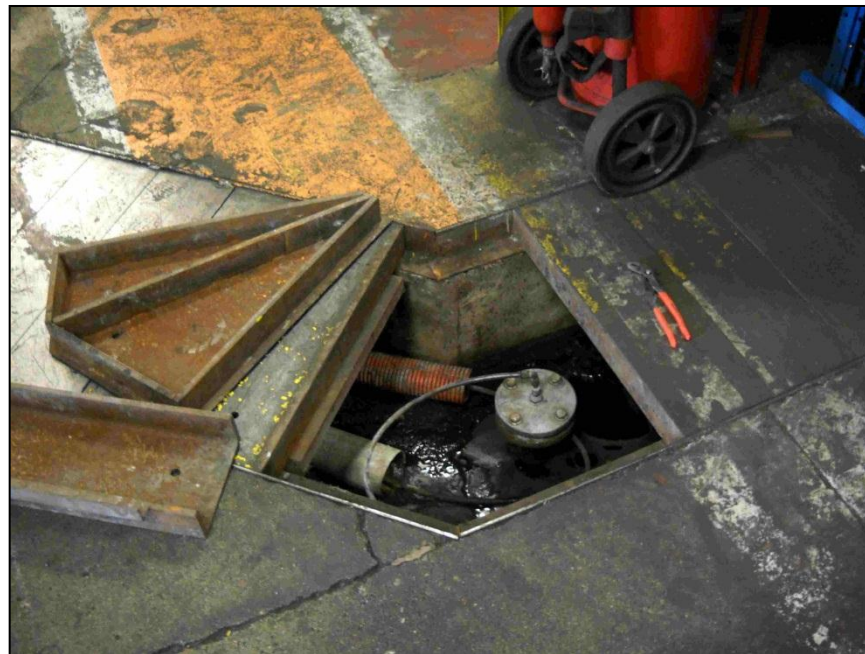
ciences pour une Terre durable



La demande d'ANVIS

> Points particuliers

- Contraintes d'un site en activité



SITA REMEDIATION
la terre au sens propre

L. POUILLOT - SITA REMEDIATION, J-P. MAILLOT – ANVIS France
S. COLOMBANO - BRGM

Géosciences pour une Terre durable
brgm

La demande d'ANVIS

> Cahier des charges

- Proposer un plan de gestion
- Mettre en œuvre des travaux et autres mesures décidées
- Conseiller et accompagner ANVIS pour relations avec autres parties, communication

> Points particuliers

- Contraintes d'un site en activité
- Précision demandée : PG = base pour contrat travaux
- Engagement financier du prestataire sur atteinte des objectifs
- Forte implication du MO, expérimenté en SSP, travail commun avec le prestataire

Autres parties prenantes : attentes spécifiques

> DREAL

- Exigence d'avancement et d'efficacité

> BRGM (Expertise pour les services de l'état)

- Validation technique

> Agence de l'eau (demande de subvention)

- Cadre du SDAGE : amélioration qualité des milieux
- informations financières et techniques pour subventions

> Mairie

- Communication active : réunion, visite de chantier, réponse aux questions, article dans bulletin municipal

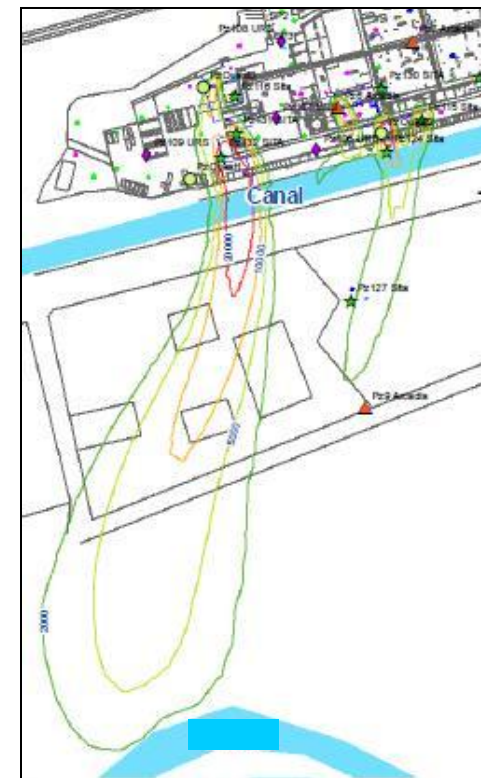
> Riverains

- Communication active : réunion, visite de chantier
- Sensibilisation sur l'usage de l'eau de nappe (raccordement AEP)
- Contacts pour servitudes

Les mesures prioritaires

> Couper le panache à l'ouest

- Données des diagnostics
 - Extension, concentrations
 - Essais de perméabilité
 - Test labo des risques de précipitation
 - Modélisation du transport de polluant
- Solution adoptée : barrière de pompage
 - traitement eau sur stripper + CA air + finition CA eau
 - Meilleure technique à coût économiquement acceptable
 - Mesure transitoire en attendant la dépollution

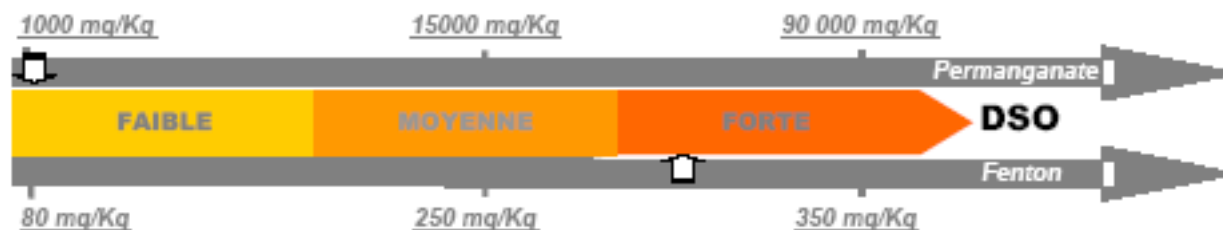


Dépollution pérenne : bilan coûts / avantages

> Comparaison selon critères pertinents

- Techniques
 - Faisabilité (pilotes labo), délai, bilan matière estimatif, robustesse, effets indésirables, contraintes terrain

Pilote
« oxydation »



Dépollution pérenne : bilan coûts / avantages

> Comparaison selon critères pertinents

- Techniques
 - Faisabilité (pilotes labo), délai, bilan matière estimatif, robustesse, effets indésirables, contraintes terrain

Pilote
« bionappe
anaérobie »

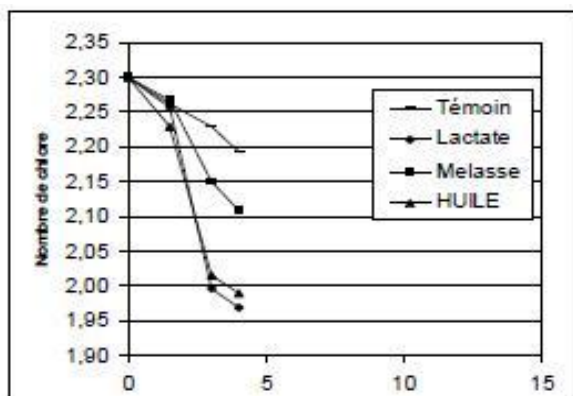


Figure 2 : Evolution du nombre de chlore au cours du temps

	Etat initial	Etat final			
	Moyenne	Témoin	Lactate	Mélasse	Huile
TCE	8 400	6 100	1 300	4 800	830
cisDCE	15 400	18 000	31 000	20 000	26 000
VC	370	86	620	560	580
Ethylène	non détecté	non détecté	détecté	détecté	détecté
TOTAL	24 170	24 186	32 920	25 360	27 410

Tableau 1 : Concentration initiale et finale en COHV pour les différents tests (µg/L)



SITA REMEDIATION
la terre au sens propre

L. POUILLOT - SITA REMEDIATION, J-P. MAILLOT – ANVIS France
S. COLOMBANO - BRGM

éosciences pour une Terre durable



Dépollution pérenne : bilan coûts / avantages

> Comparaison selon critères pertinents

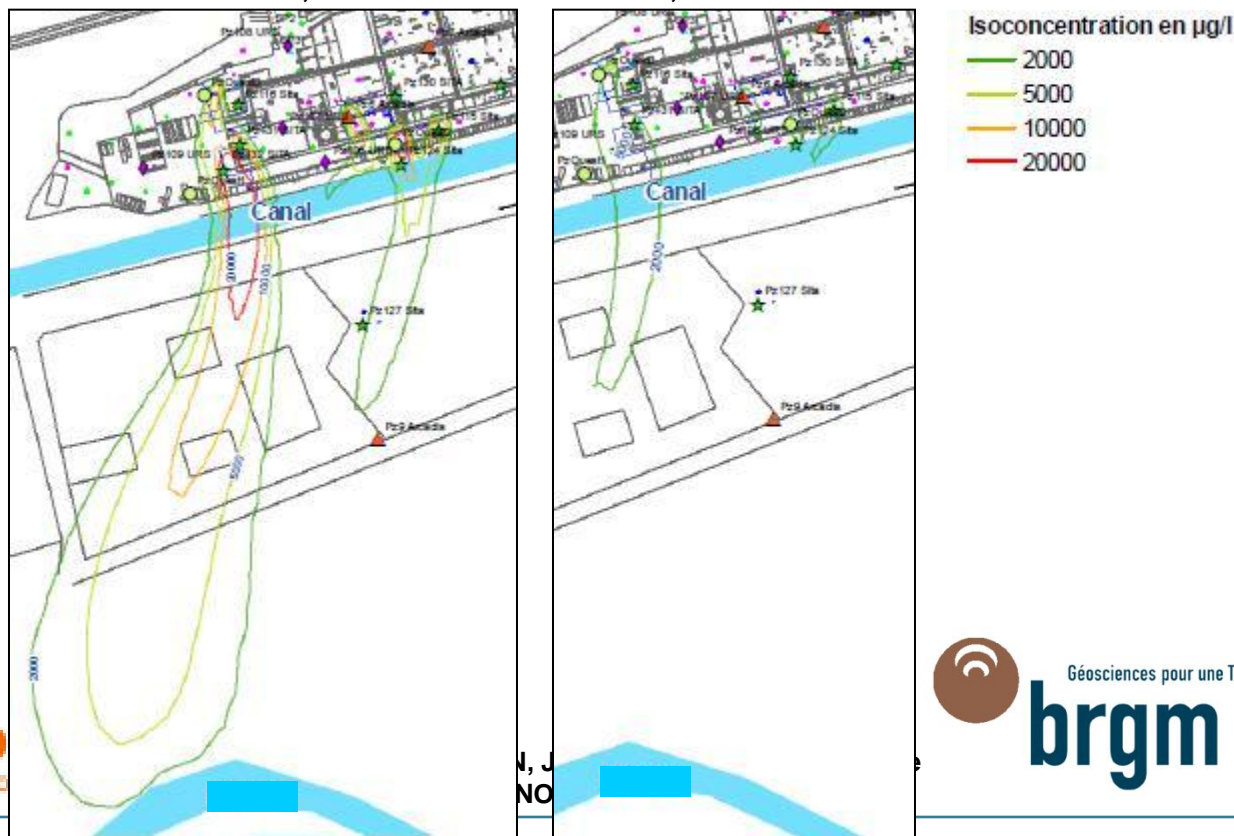
- Techniques
 - Faisabilité (pilotes labo), délai, bilan matière estimatif, robustesse, effets indésirables, contraintes terrain

	TCE Est	TCE Ouest2	TCE Ouest3	TCE Centre
Surface	1200 m ²	2400 m ²	2800 m ²	50 m ²
Type de matrice nappe considérée (paramètre utilisé pour l'estimation de la fraction organique, Kd)	Sable fin à moyen de dépôt fluvio-deltaïque	Sable fin à moyen de dépôt fluvio-deltaïque	Partie Nord : argiles marneuses Partie Sud : Sable fin à moyen de dépôt fluvio-deltaïque	Sable fin à moyen de dépôt fluvio-deltaïque
Porosité	10%	10%	5%	10%
Concentration moyenne en phase dissoute (somme des COHV) (mg/l)	20	63	36	1
Estimation de masse totale de contaminant avant traitement	de l'ordre de 1 tonne	de l'ordre de 2 à 3 tonnes	de l'ordre de 2 à 3 tonnes	de l'ordre de 1 kg
Abattement moyen prévu	0,88	0,92	à préciser à l'issue de la première année de traitement	0,8
Estimation de masse totale de contaminant après traitement	moins de 150 kg	de l'ordre de 150 à 250 kg		de l'ordre de 200 g
Masse de polluant détruite pendant le traitement	de l'ordre de 0,5 à 1 tonne	de l'ordre de 2 à 3 tonnes		de l'ordre de 800 g

Dépollution pérenne : bilan coûts / avantages

> Comparaison selon critères pertinents

- Techniques
 - Faisabilité (pilotes labo), délai, bilan matière estimatif, robustesse, effets indésirables, contraintes terrain



Dépollution pérenne : bilan coûts / avantages

> Comparaison selon critères pertinents

- Techniques
 - Faisabilité (pilotes labo), délai, bilan matière estimatif, robustesse, effets indésirables, contraintes terrain
- Économiques
 - Coûts directs, indirects prévisibles ou potentiels, possibilité d'étalement, risque de dérive, ...
- Environnementaux
 - Bilan matière
 - Déchets, dépense énergétique, influence sur la nappe (chasse de la pollution, résidus indirects)
- Sociopolitiques
 - Acceptabilité des techniques (ex : bionappe anaérobie peu connue), responsabilité ultérieure, perception par les riverains

> Critères en fonction du contexte



L. POUILLOT - SITA REMEDIATION, J-P. MAILLOT – ANVIS France
S. COLOMBANO - BRGM



Bilan coûts / avantages : ex. zone TCE Ouest2

Mesure de gestion proposée = action à mener	Zone TCE Ouest2 : Maîtrise des sources : nappe impactée par des COHV			
	Traitement actif de la nappe et confinement temporaire			
	OU	OU	OU	
	Traitement biologique anaérobie	Oxydation in-situ	Pompage et traitement sur site	Sparging
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - faisabilité labo démontrée - traitement des polluants directement dans la nappe sans avoir à les extraire - ne génère aucun déchet indirect - peu de dépense énergétique - coût relativement faible - possibilité d'étalement des coûts de dépollution - abattement attendu > 80 % hors produit pur 	<ul style="list-style-type: none"> - faisabilité labo démontrée - traitement des polluants directement dans la nappe sans avoir à les extraire - ne génère aucun déchet indirect - peu de dépense énergétique - rapidité - abattement attendu > 80 % 	<ul style="list-style-type: none"> - Confine de fait la pollution sur site - Technique avec beaucoup de retour d'expériences 	<ul style="list-style-type: none"> - Important retour d'expérience, - Mise en œuvre plus facile que le pompage - abattement attendu > 80 %
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - Masse de polluants difficilement estimables : durée difficilement contrôlable - Délais de traitement globalement plus long qu'un traitement par oxydation - Risque de présence de phase pure - Surveillance étroite des sous-produits de dégradation 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût élevé - Masse de polluants difficilement estimables : durée difficilement contrôlable, risque de dérive financière important - Risque de chasse de la pollution si flux mal maîtrisés - Couplage indispensable à une barrière hydraulique et par conséquent augmentation des coûts 	<ul style="list-style-type: none"> - Doit être maintenu jusqu'à épuisement de la source (plusieurs dizaines d'années, ce qui induit un coût élevé) - Déchets de traitement (charbon actif) - Forte dépense énergétique - Essai labo de colmatage : résultats défavorables pour un pompage traitement - Très long pour obtenir un abattement significatif 	<ul style="list-style-type: none"> - Récupération des polluants volatilisés de la nappe : accumulation possible de gaz sous niveaux peu perméables superficiels - difficulté technique liée à l'hétérogénéité du sous-sol
Points complémentaires à examiner	/	/	/	/
Coûts - budget estimatif	- 400 à 500K€HT pour traitement anaérobie - durée 5 ans	- 600 à 700 K€ pour l'oxydation - durée 3 ans	- installation : 100 K€ - fonctionnement 1000 K€ sur 10 ans	- installation : 100 K€ - fonctionnement 400 K€ sur 5 ans

Bilan coûts / avantages : définition des objectifs

> Les seuils de dépollution

- techniquement atteignables
- bilan matière optimisé en chaque zone → coût acceptable

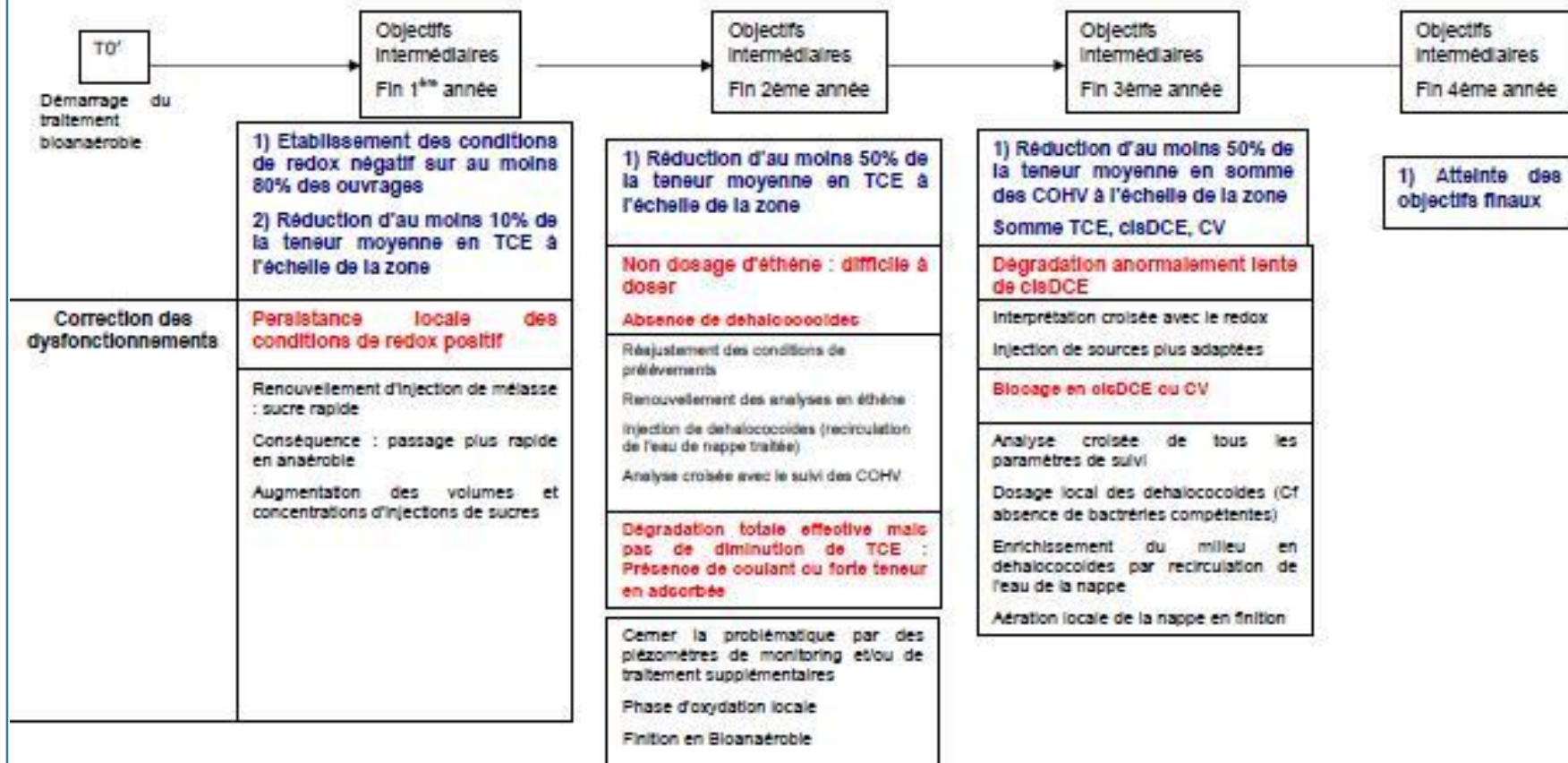
> Validation des seuils par ARR

> Objectifs intermédiaires

- quantitatifs ou qualitatifs
- Identification des dysfonctionnements possibles et des corrections envisageables

Du Plan de Gestion à l'Achèvement des Travaux de Dépollution

Objectifs intermédiaires et corrections de dysfonctionnements éventuels



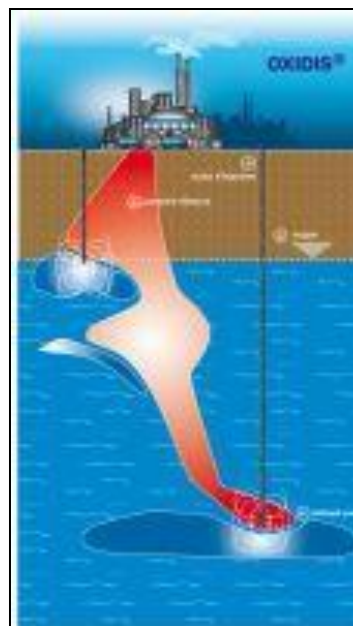
Le plan de gestion retenu

> Zones prioritaires

- TCE Ouest2 (TCE dans nappe)
 - oxydis[®] puis bionappe[®] anaérobie (+ confinement hydraulique pendant durée traitement)

Oxydation : action chimique

Injection de réactifs → oxydation des polluants

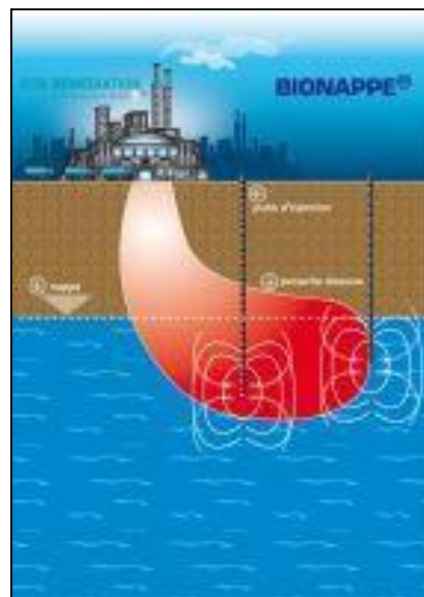


Le plan de gestion retenu

> Zones prioritaires

- TCE Ouest2 (TCE dans nappe)
 - oxydis[®] puis bionappe[®] anaérobie (+ confinement hydraulique pendant durée traitement)

Bionappe anaérobie : action biologique
Injection de réactifs → milieu anaérobie
PCE → TCE → Cis 1,2 DCE → CV → Ethènes



Le plan de gestion retenu

> Zones prioritaires

- TCE Ouest2 (TCE dans nappe)
 - oxydis[®] puis bionappe[®] anaérobie (+ confinement hydraulique pendant durée traitement)
- TCE Est (TCE dans nappe)
 - bionappe[®] anaérobie (+ option confinement biologique pendant durée traitement) + ventilation d'un bâtiment
- TCE Ouest3 (TCE dans nappe)
 - réserve sur possibilités techniques : essai oxydis[®] pendant 1 an (+ confinement hydraulique)

> Mesures générales

- Surveillance (nappe, air intérieur, eau du robinet)
- Servitudes (principalement usages de la nappe hors site)

Le plan de gestion retenu

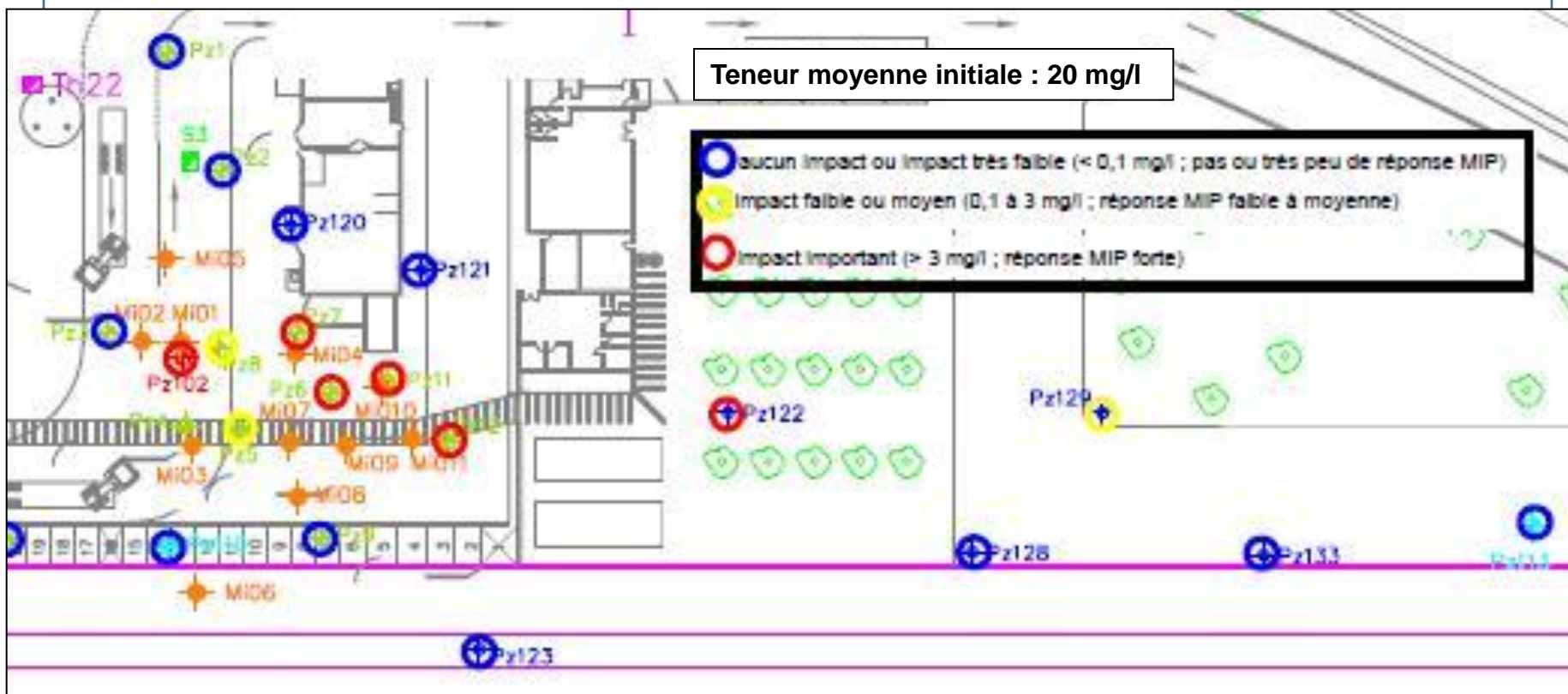
> Zones de moindre importance surveillées

- Non prioritaires car :
 - Pas/peu d'impact nappe
 - Peu concentrées
- Presses (HC dans les sols, pas d'impact nappe, inaccessible actuellement)
 - À excaver quand l'atelier sera libéré
- TCE Centre (TCE dans nappe, teneurs modérées, peu étendue, pas d'impact hors site)
 - A traiter par oxydation

La mise en œuvre du PG : exemple zone TCE Est

> Le traitement dimensionné

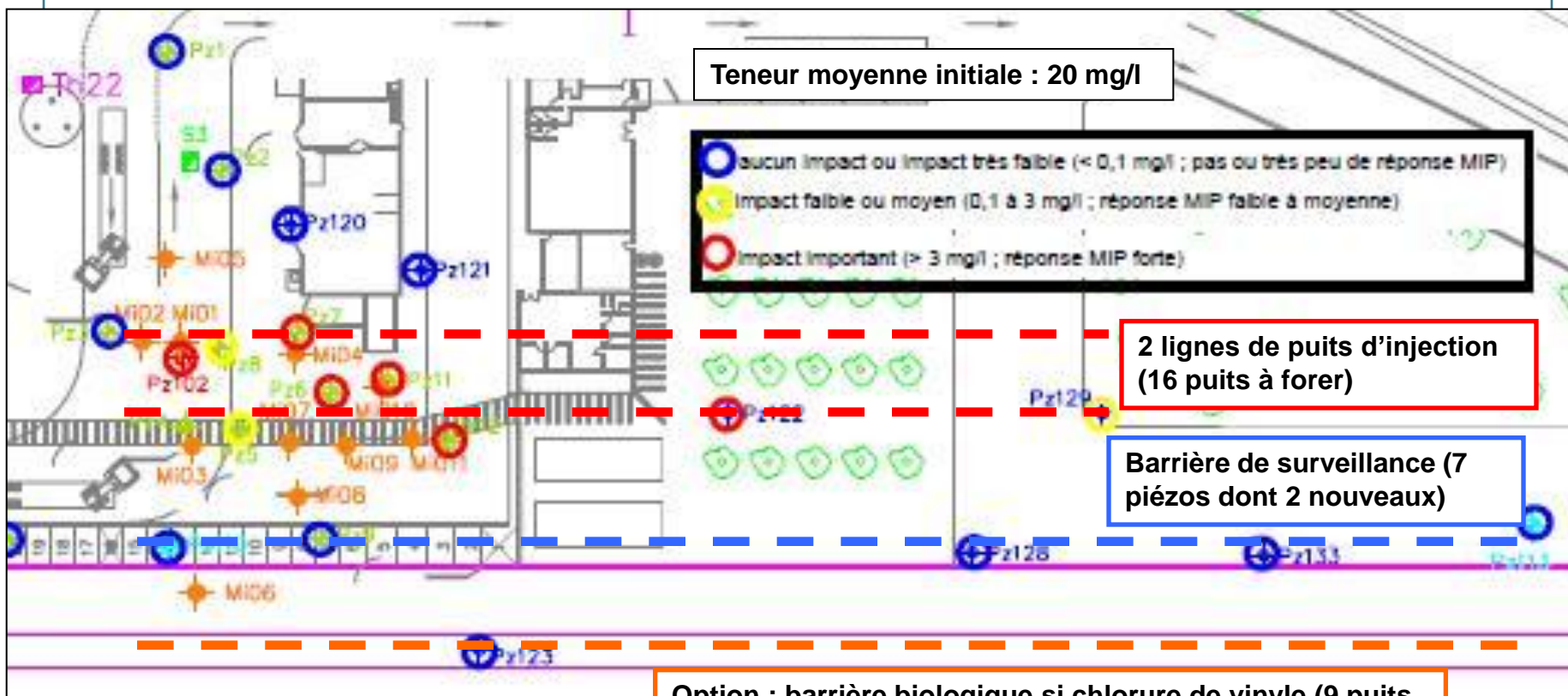
- Objectif : abattement 80 % des COHV (initialement 20 mg/l)



La mise en œuvre du PG : exemple zone TCE Est

> Le traitement dimensionné

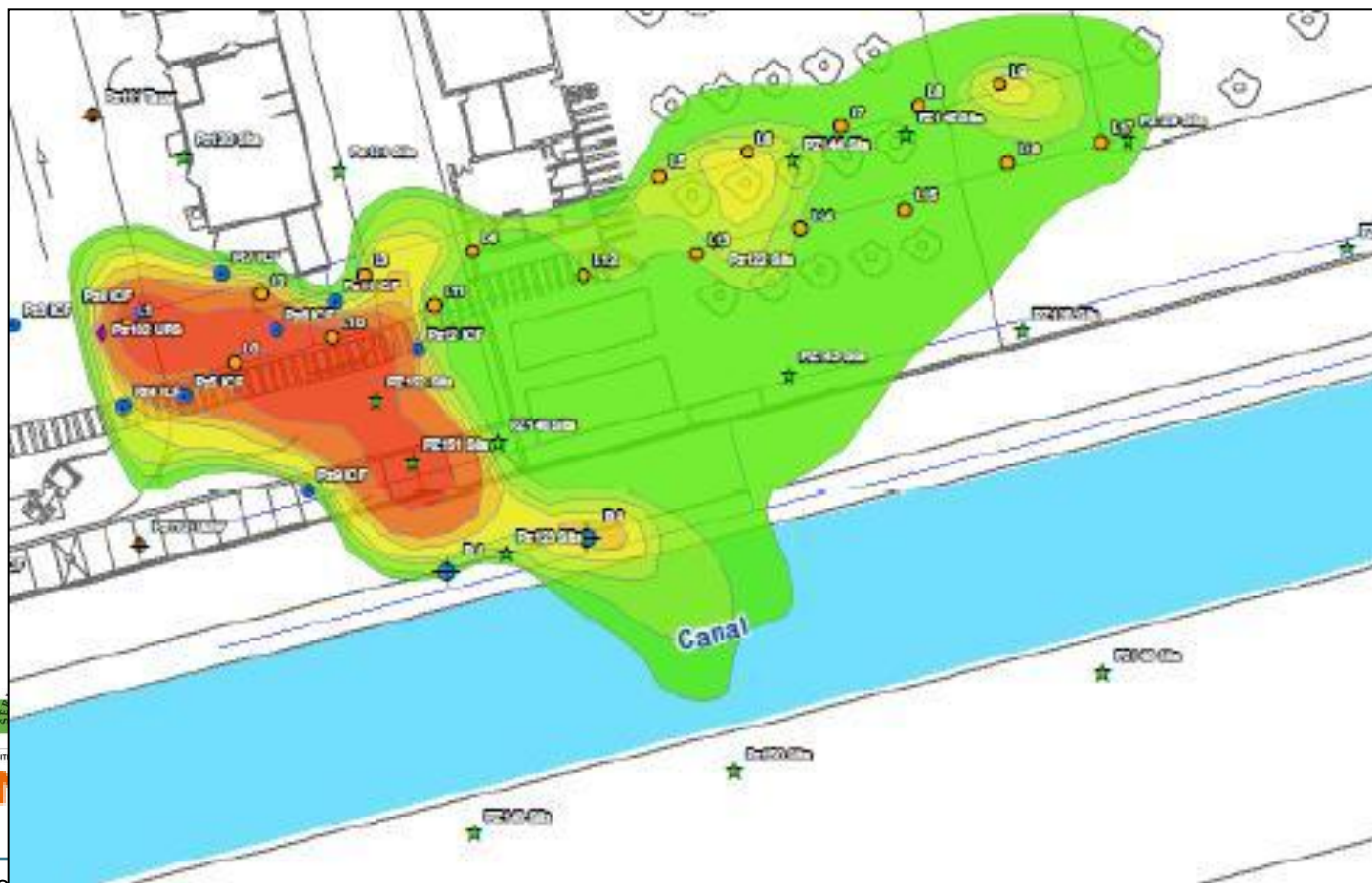
— Objectif : abattement 80 % des COHV (initialement 20 mg/l)



La mise en œuvre du PG : exemple zone TCE Est

> Adaptations en début de traitement

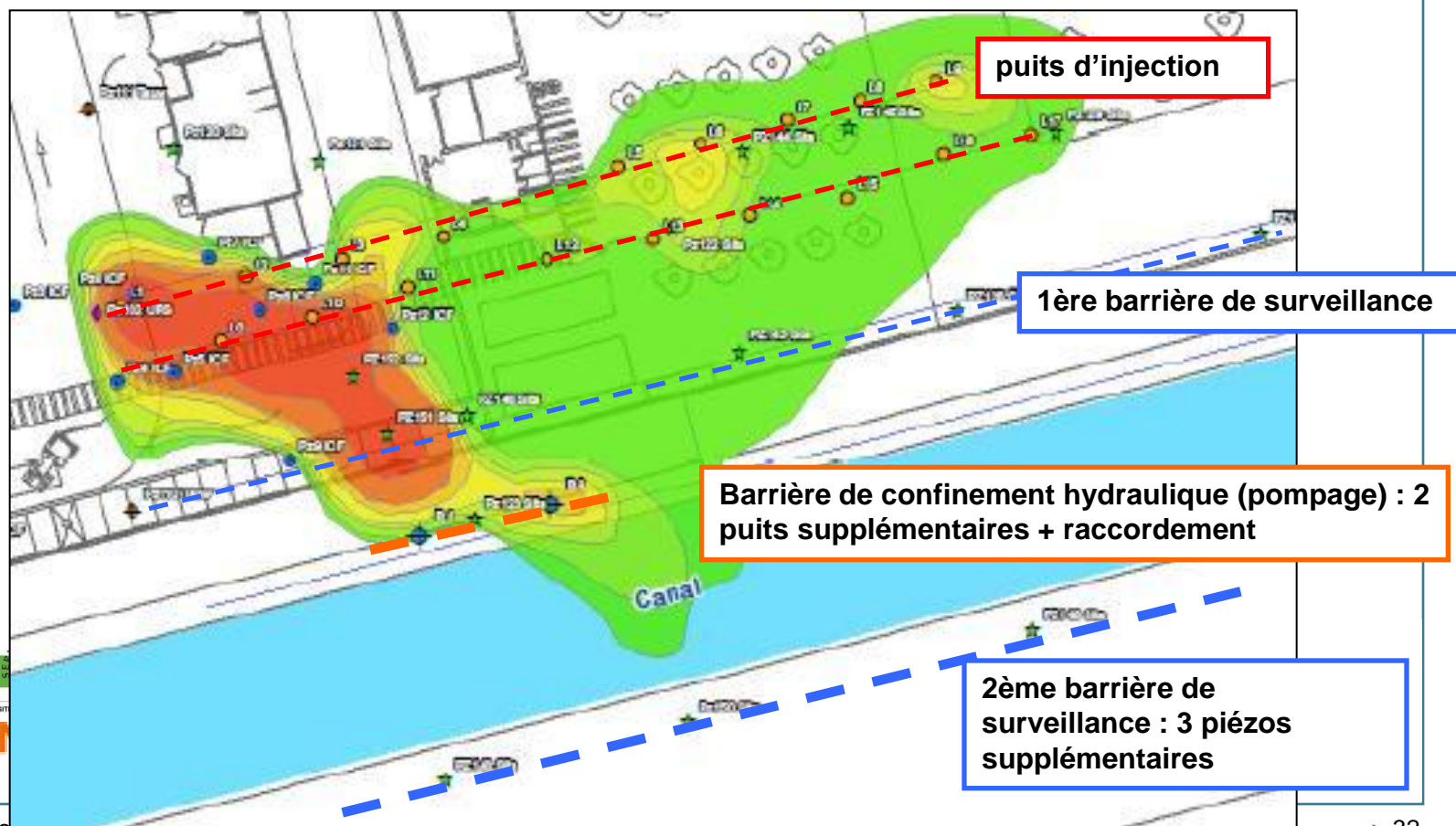
- Constat après installation : panache hors site
 - ➔ Confinement par pompage
 - ➔ Création d'une 2^{ème} barrière de surveillance



La mise en œuvre du PG : exemple zone TCE Est

> Adaptations en début de traitement

- Constat après installation : panache hors site
 - ➔ Confinement par pompage
 - ➔ Création d'une 2^{ème} barrière de surveillance



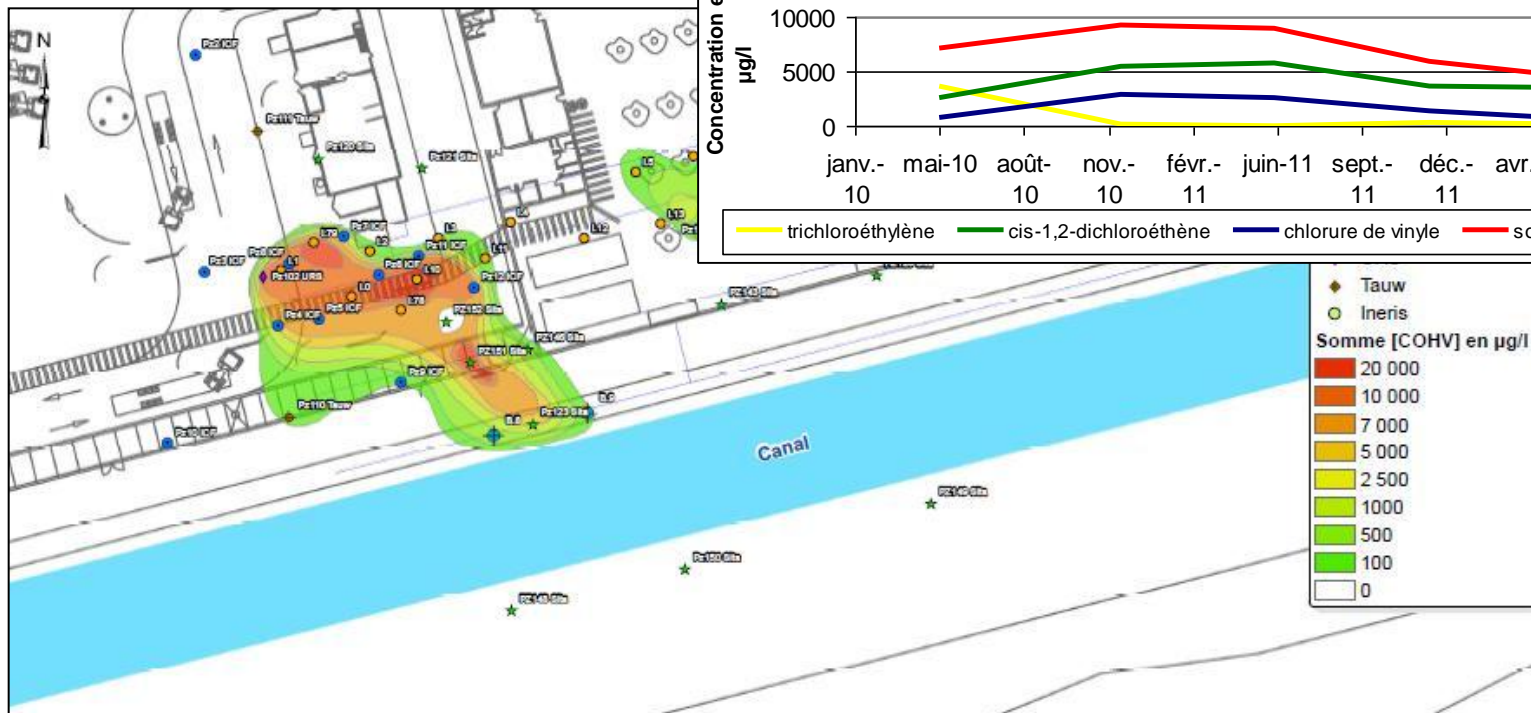
Suivi de traitement : exemple zone TCE Est

➤ Etat juin 2012



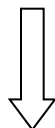
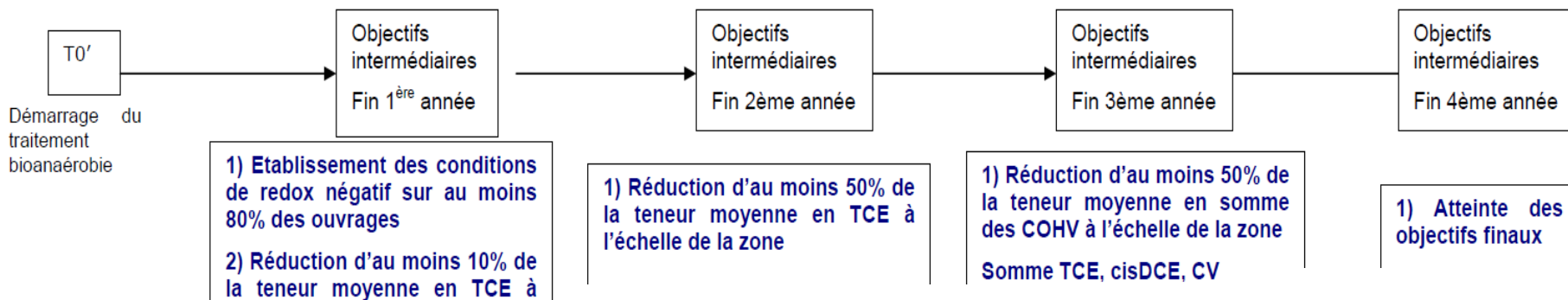
Suivi de traitement : exemple zone TCE Est

> Etat juin 2012



Rédox négatif sur 100% des ouvrages
Abattement du TCE (98%) et COHV (39%)
Abattement des COHV en zone source (33%) et panache (98%)

Suivi de traitement : exemple zone TCE Est



Objectif : réduction d'au moins 50% de la teneur moyenne en TCE

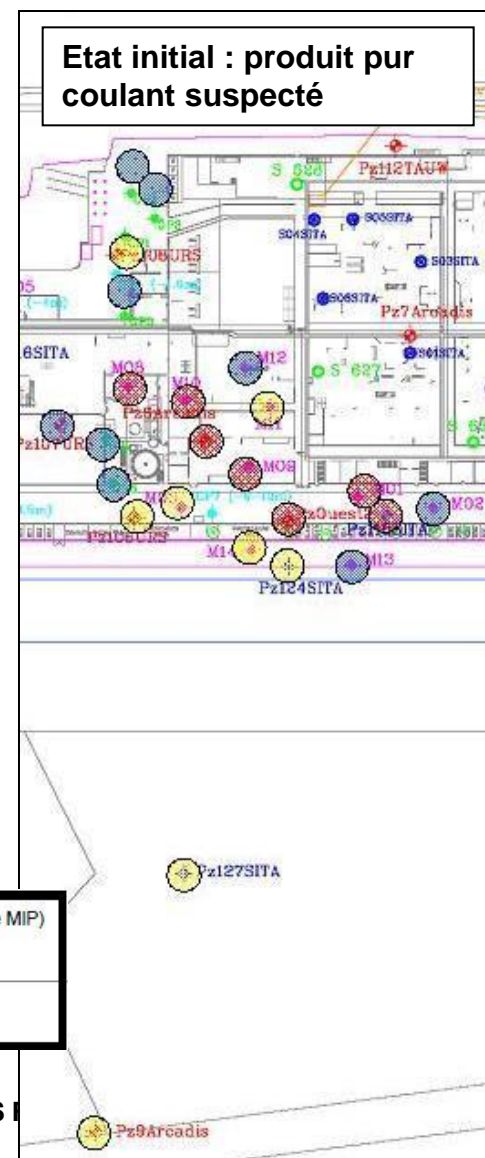
Etat CONFORME à l'objectif intermédiaire

Abattement TCE	déc.-10	juin-11	déc.-11	juin-12
Piézomètre de traitement	95%	98%	92%	98%
Piézomètre de suivi	89%	36%	52%	41%
Total zone	94%	81%	81%	82%

La mise en œuvre du PG : exemple zone TCE Ouest2

> Le traitement dimensionné

- Objectif sur somme des COHV :
 - < 5 mg/l sur 80 % des ouvrages
 - < 10 mg/l sur 100 % des ouvrages



La mise en œuvre du PG : exemple zone TCE Ouest2

> Le traitement dimensionné

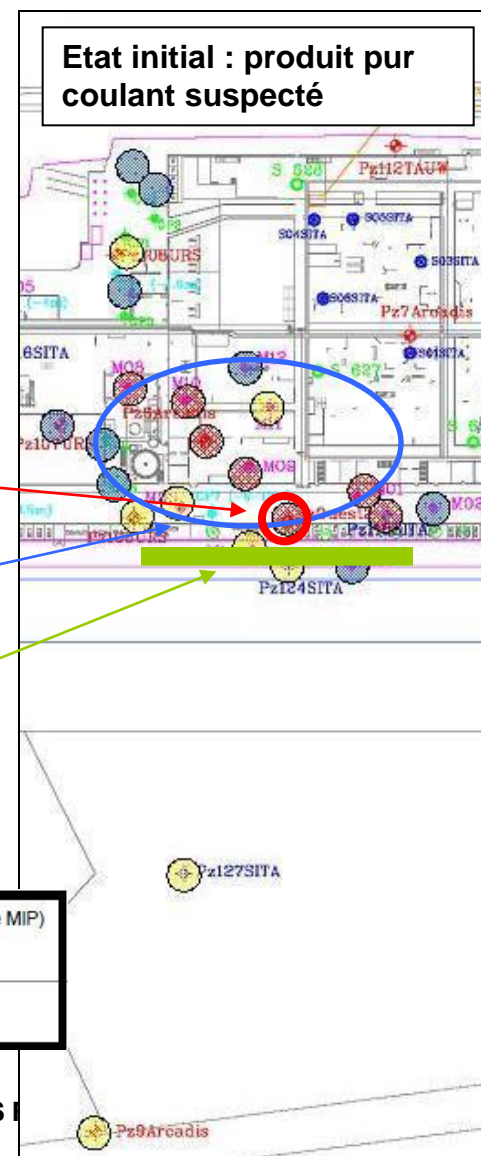
- Objectif sur somme des COHV :
 - < 5 mg/l sur 80 % des ouvrages
 - < 10 mg/l sur 100 % des ouvrages

1ère phase : oxydation ponctuelle dans zone de produit pur suspecté (PZ OUEST2, 200 à 300 mg/l en TCE)

2ème phase : traitement biologique anaérobie sur l'ensemble de la zone

Confinement hydraulique pendant le traitement

- aucun impact ou impact très faible (< 0,1 mg/l ; pas ou très peu de réponse MIP)
- impact faible ou moyen (0,1 à 3 mg/l ; réponse MIP faible ou moyenne)
- impact important (> 3 mg/l ; réponse MIP forte)



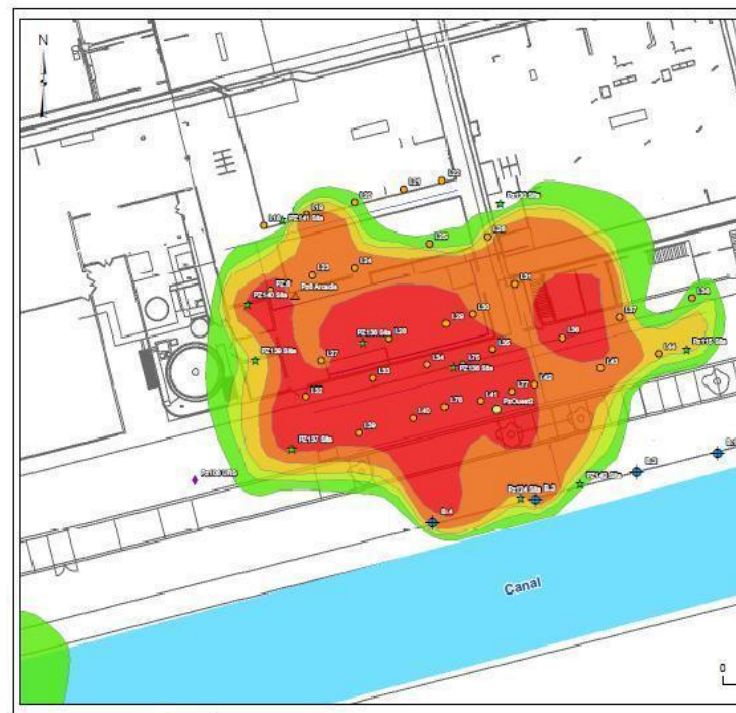
Mise en oeuvre : zone TCE Ouest2

> Etat initial juin 2010

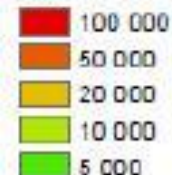
- Plus de produit pur que prévu → BCA oxydation devenu défavorable

> Adaptation de la première phase de traitement

- Passage en pompage + traitement de l'eau
- Adjonction d'un réacteur photochimique H₂O₂/UV adapté aux fortes teneurs



Somme des COHV



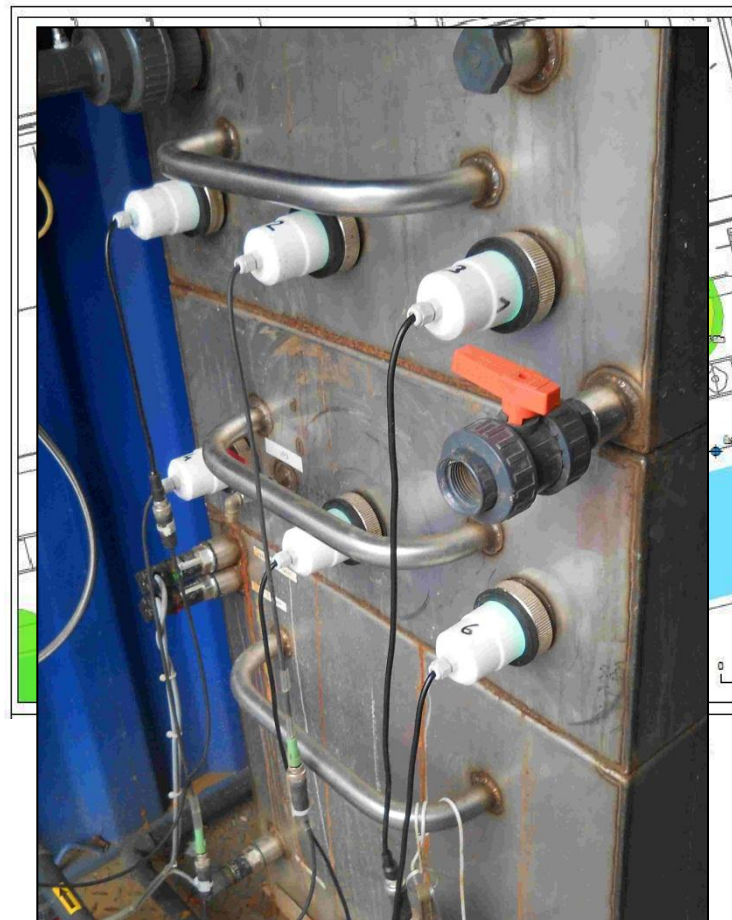
Mise en oeuvre : zone TCE Ouest2

> Etat initial juin 2010

- Plus de produit pur que prévu → BCA oxydation devenu défavorable

> Adaptation de la première phase de traitement

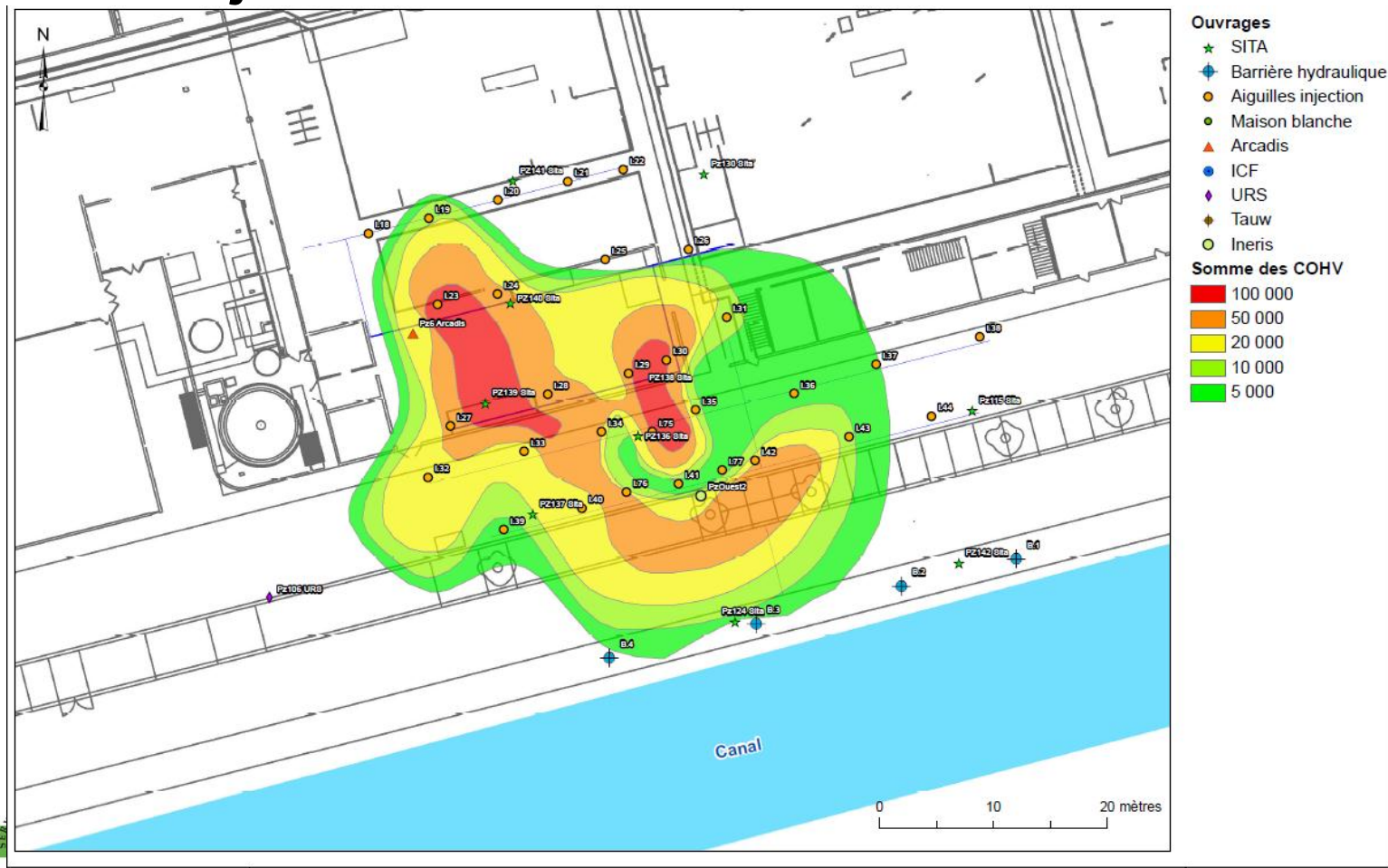
- Passage en pompage + traitement de l'eau
- Adjonction d'un réacteur photochimique H₂O₂/UV adapté aux fortes teneurs



5 COO

Suivi de traitement : zone TCE Ouest2

> Etat juin 2012

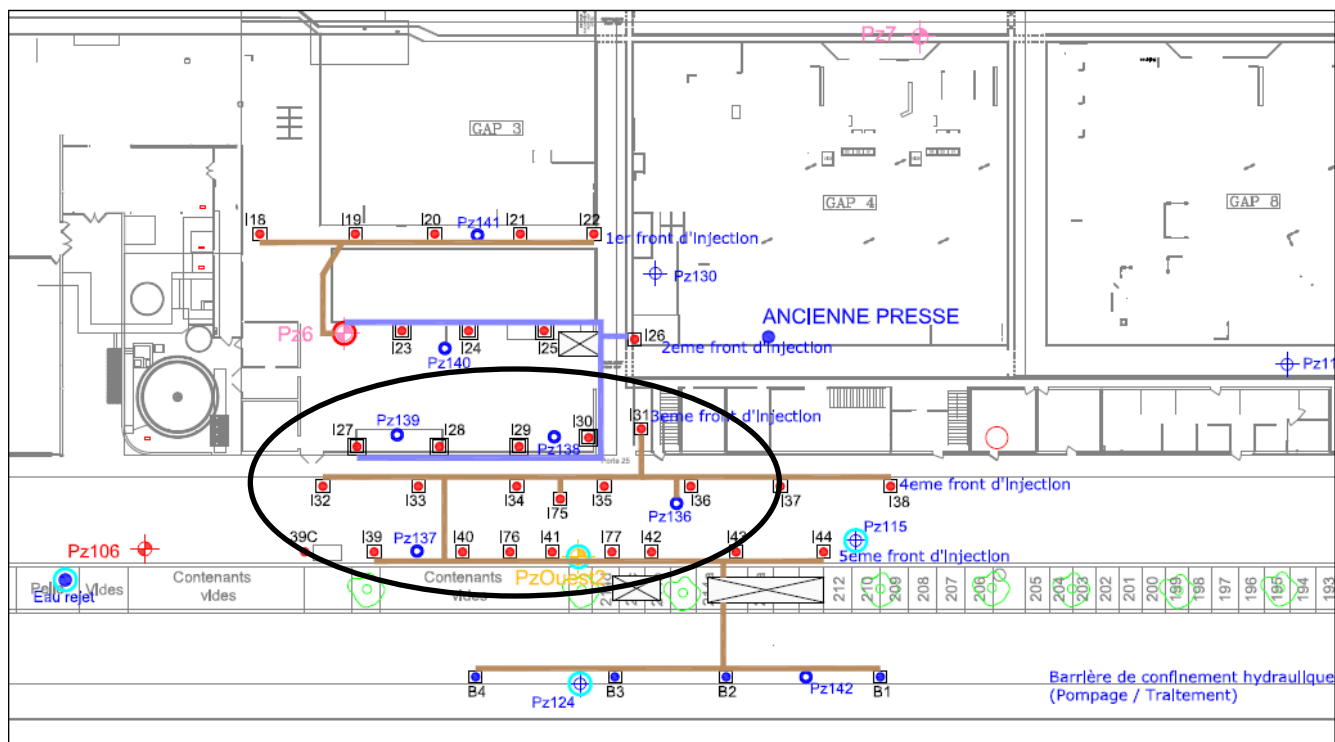


SITA REMEDIATION
la terre au sens propre

L. POUILLOT - SITA REMEDIATION, J-P. MAILLOT - ANVIS France
S. COLOMBANO - BRGM



Suivi de traitement : zone TCE Ouest2



Photoréacteur :

Volume pompé : 2850 m³

Masse extraite (pompage) : 326 kg

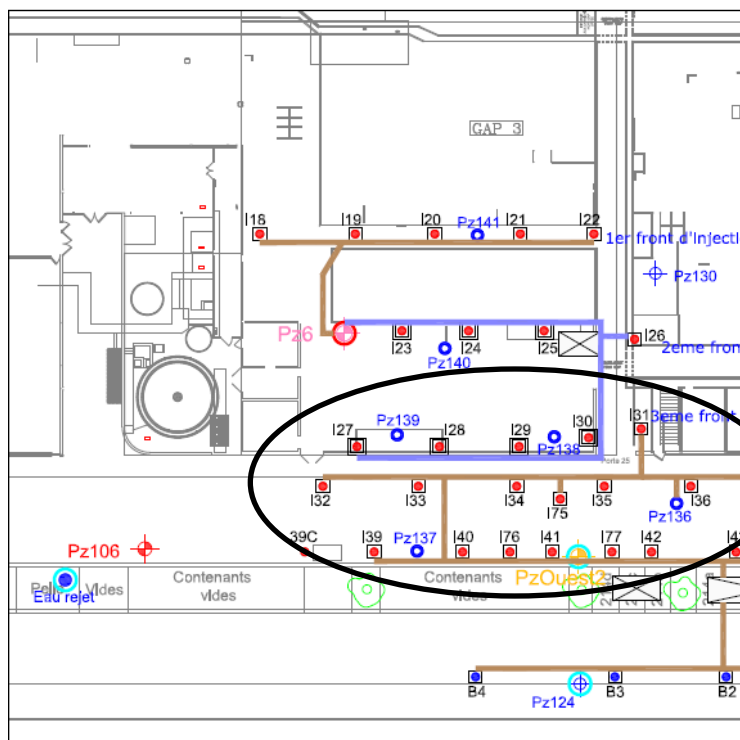
ETES ST 2	Echelle :	0 5 10 m	Format : A3
	Dessiné par :	Serge NEBOIS	Annexe
	N°Affaire :	GF 09 0020	-
	Agence :	Service GP	Figure
	Date :	08/06/2010	-
	Verslon :	V1a	-



L. POUILLOT - SITA REMEDIATION, J-P. MAILLOT – ANVIS France
S. COLOMBANO - BRGM



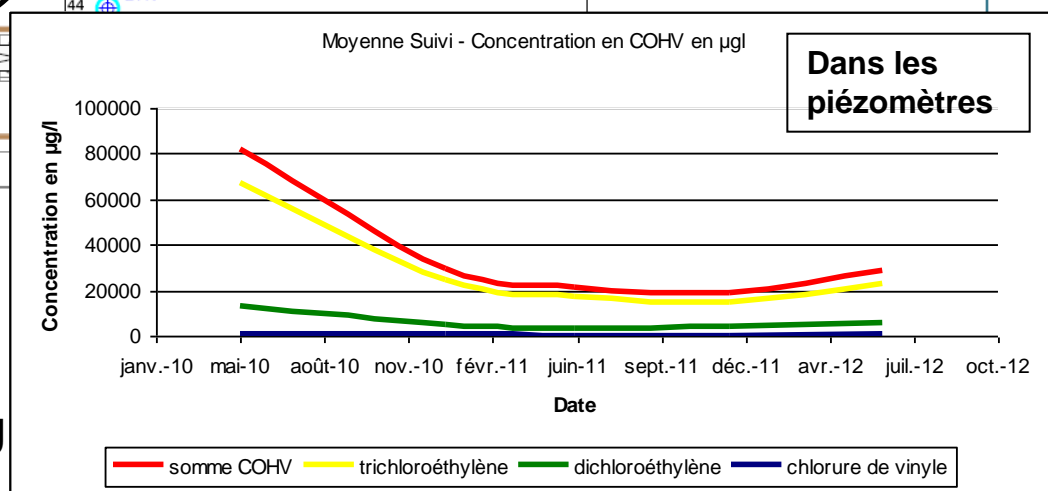
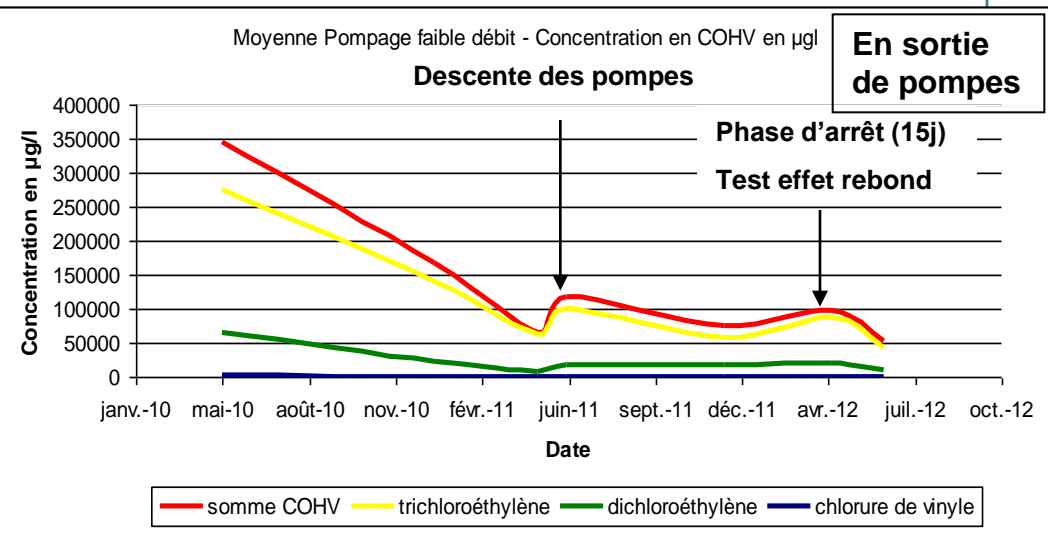
Suivi de traitement : zone TCE Ouest2



Photoréacteur :

Volume pompé : 2850 m³

Masse extraite (pompage) : 326 kg

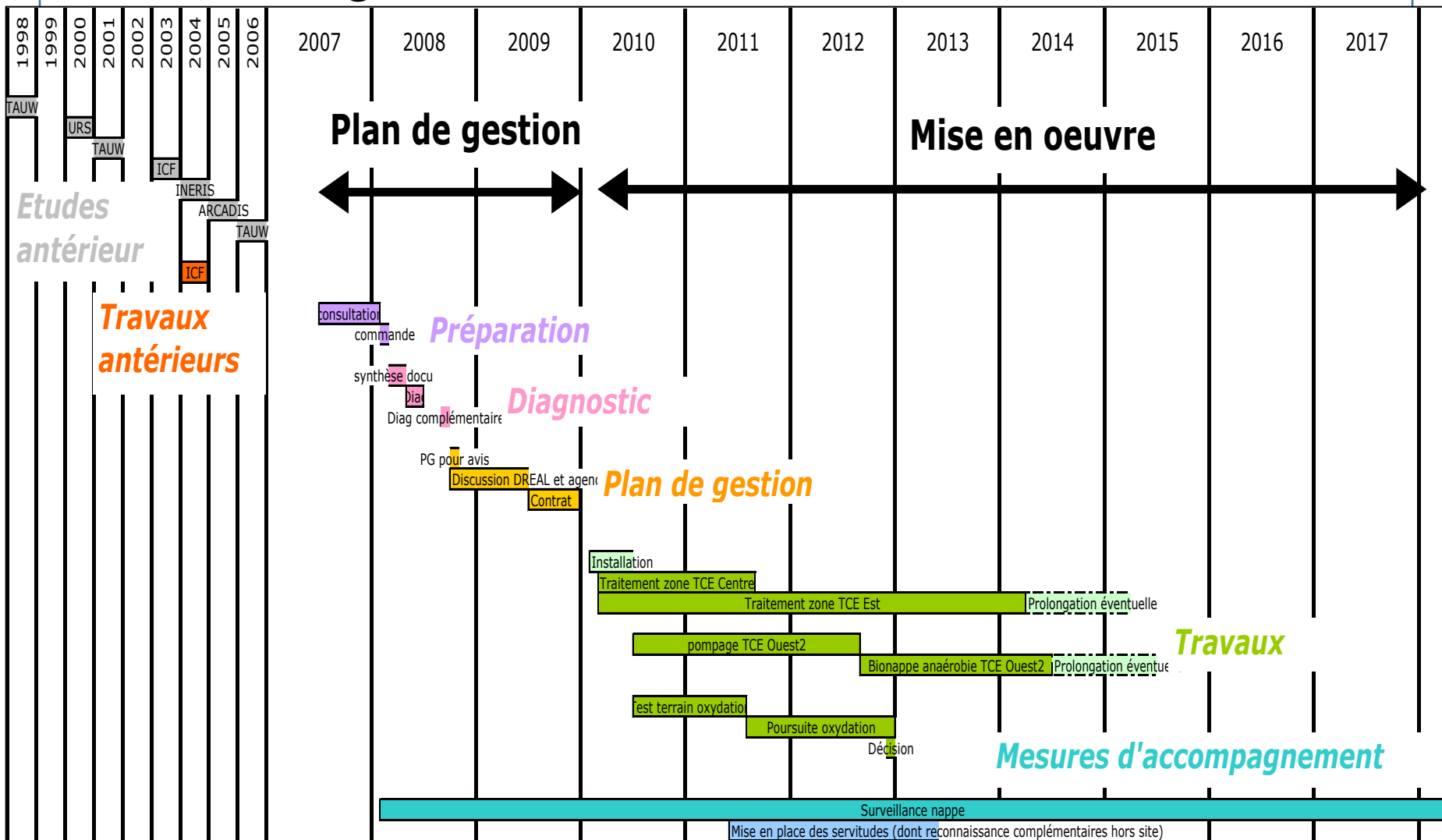


Réception

> Protocole de réception

- Anticipé dans le contrat
 - Ouvrages de contrôle et mode de calcul
 - Clauses permettant d'éviter les impasses (ex : teneurs ponctuelles résiduelles élevées liées à la géologie)
- Atteinte des objectifs intermédiaires et finaux ?
 - Retenue si objectifs intermédiaires non atteints
 - Engagement de SITA REMEDIATION pour une année de traitement supplémentaire
 - Bonus si objectifs atteints plus rapidement
- Si blocage (limites techniques)
 - Une ARR peut valider l'arrêt du traitement si objectifs réellement non atteignables

Calendrier général de la démarche



Conclusion : le dossier vu par le maître d'ouvrage

> **Importance du travail préparatoire**

- L'implication d'ANVIS (étude historique) a été bénéfique
- L'investissement « diagnostic » a diminué le coût « travaux »

> **Investissement environnemental**

- Gestion du passif environnemental = investissement pour pérenniser le site
- Ce projet particulier a été subventionné

> **Communication**

- Politique gagnante de communication transparente
- Au près des riverains
- En interne (représentants du personnel), sans juger les anciennes pratiques

> **Points forts de la gestion de ce chantier**

- Engagement de résultat
- Optimisation des process en cours de chantier (conso CA)

Conclusion : le dossier vu par le BRGM

- > **Hierarchisation des actions curatives**
- > **Travail sur les sources de pollutions les plus concentrées et/ou émettant les panaches les plus conséquents**
- > **Essais de traitabilité**
- > **Travail sur les bilans de matière, les rendements épuratoires, et sur les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable (MTD)**
- > **Anticipation du protocole de réception des travaux**
- > **Sécurisation des risques projet :**
 - Financier
 - Impact hors site

Questions...

