



**Journée technique d'information et de retour
d'expérience de la gestion des sites et sols pollués
Mardi 15 novembre 2016**

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable



**Organisée par l'INERIS et le BRGM, en concertation
avec le Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de
la Mer**



***Application de l'atténuation naturelle - Le projet
BIOdéPOL : une gestion sous surveillance adaptée
à un site pollué par des hydrocarbures***

Annabelle Raffin (SPSE)

annabelle.raffin@spse.fr

Loïc Esnault (ECOGEOSAFE)

loic.esnault@ecogeosafe.com

Fabrice Quiot (INERIS)

fabrice.quiot@ineris.fr



ECOGEOSAFE
Integrated solutions
for a safe and clean world



Région

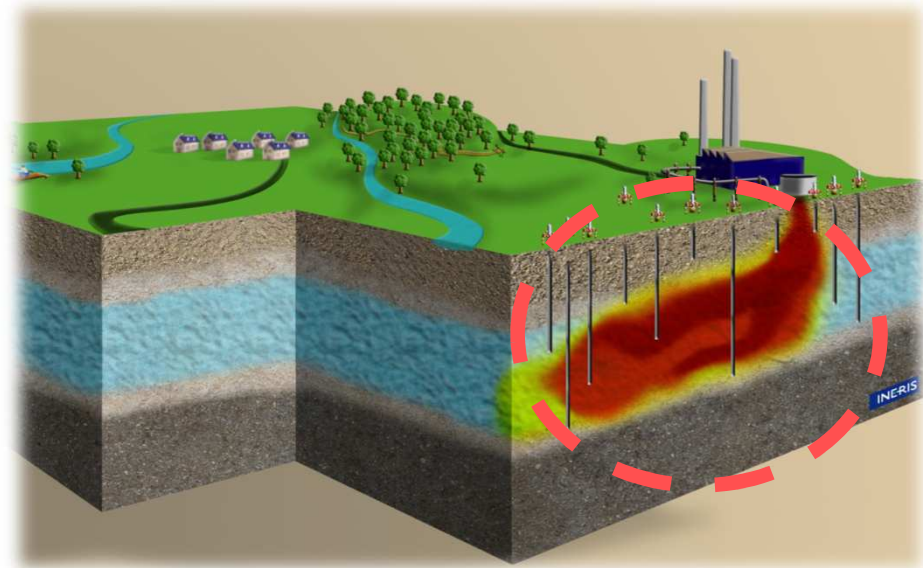
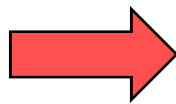


Provence-Alpes-Côte d'Azur

Pollution d'un aquifère & Atténuation Naturelle ?

- Afin de gérer au mieux les risques sanitaires et environnementaux, le choix de la **méthode de gestion la plus adaptée** est une étape cruciale. Une des solutions de gestion admise depuis 2007 par le Ministère (MEEM) est l'Atténuation Naturelle (AN)
- l'AN désigne **l'ensemble des processus naturels** qui contribuent à faire diminuer les concentrations en polluants (dans un panache)

- ✓ adsorption
- ✓ biodégradation
- ✓ dispersion
- ✓ volatilisation



SOLUTION « MIRACLE » où la nature pourrait recouvrer ses droits ?



ECOGEO SAFE
Integrated solutions
for a safe and clean world

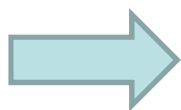


- Cette solution requiert néanmoins que **certaines conditions soient réunies pour sa mise en œuvre** : capacité du site à dégrader les polluants (de manière pérenne) ; compatibilité des enjeux avec un traitement à long terme et **SURVEILLANCE**
- Le projet ATTENA, qui s'est achevé en 2013 et auquel participait l'INERIS, portait sur l'élaboration d'un **protocole de gestion d'un site pollué par atténuation naturelle**. Bien que ce protocole détermine les phases clés à valider afin de qualifier puis quantifier les phénomènes naturels régissant le comportement des polluants sur les sites, il reste incomplet sur les aspects opérationnels

Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur



BIOdéPOL (2014-2016) : compléter ATTENA en associant les approches hydrogéologiques, biogéochimiques et géophysiques à différentes échelles (laboratoire, pilote, site réel)

Possibilité d'application à un cas concret

Rupture pipeline (août 2009), déversement de 5400 m³ de pétrole



Chronologie des principaux événements

« Mesures d'urgence* » devenues
mesures de gestion sur le long terme

**Gestion de
crise:
2009-2010**

Excavation*
en zone
insaturée
(~66000 t et
90% source
sol extraite)

2010-2014

1ere évaluation AN,
Expertise universitaire, Mise
en place d'une thèse

**2010
Installation de
piézomètres**

Mise en place
de pompage-
écrémage et
barrière
hydraulique
(confinement*)

2013-2014

Pas d'évolution
du plan de
gestion

**Essais de faisabilité &
traitabilité (AN)**

2014-2016

BIODéPOL



ECOGEOSAFE
Integrated solutions
for a safe and clean world

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

- Le projet **BIOdéPOL**

En conditions « naturelles » avec
arrêt pompage-écrémage, barrière

Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur

→ valider la **faisabilité opérationnelle** de mise en oeuvre de l'AN comme mesure de gestion, en particulier sur le site atelier, complétant ainsi les travaux menés dans le cadre du projet **ATTENA** sur les aspects pratiques, tout en **associant les approches** hydrogéologiques, biogéochimiques et géophysiques (à différentes échelles)

Avec notamment :

- Volet 1 - « essais de faisabilité et traitabilité », *acquisition des paramètres spécifiques au site au cours d'un processus itératif*
- Volet 2 - « outil et protocole adaptés pour surveiller la qualité du milieu, l'efficacité de l'AN », *dimensionnement d'un suivi long terme*
- Volet 3 - « modélisation du transfert considérant processus majeur lié à l'AN – Biodégradation », *outil prédictif d'aide à la décision (à faire évoluer)*



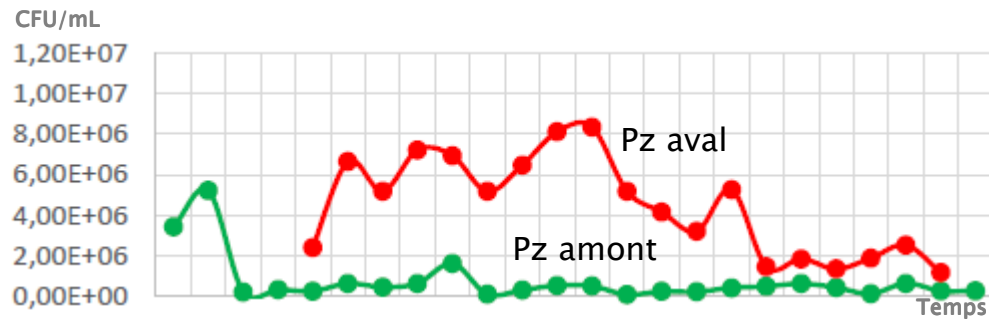
ECOGEO SAFE
Integrated solutions
for a safe and clean world



Volet 1 - Essais de faisabilité et de traitabilité

Essais en laboratoire (ECOGEOSAFE, Aix-en-Provence)

Dénombrement bactérien amont-aval de la zone polluée



Développement d'outils
spécifiques pour une
surveillance adaptée

Tests d'activités microbiologiques pour SSP



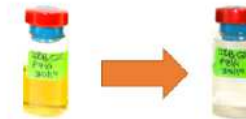
APB
= Acidification du milieu



HAB
= Hétérotrophie Aérobie



DN
= Dénitrification anaérobie



IRB
= Férri-réduction



SRB
= Sulfato-réduction



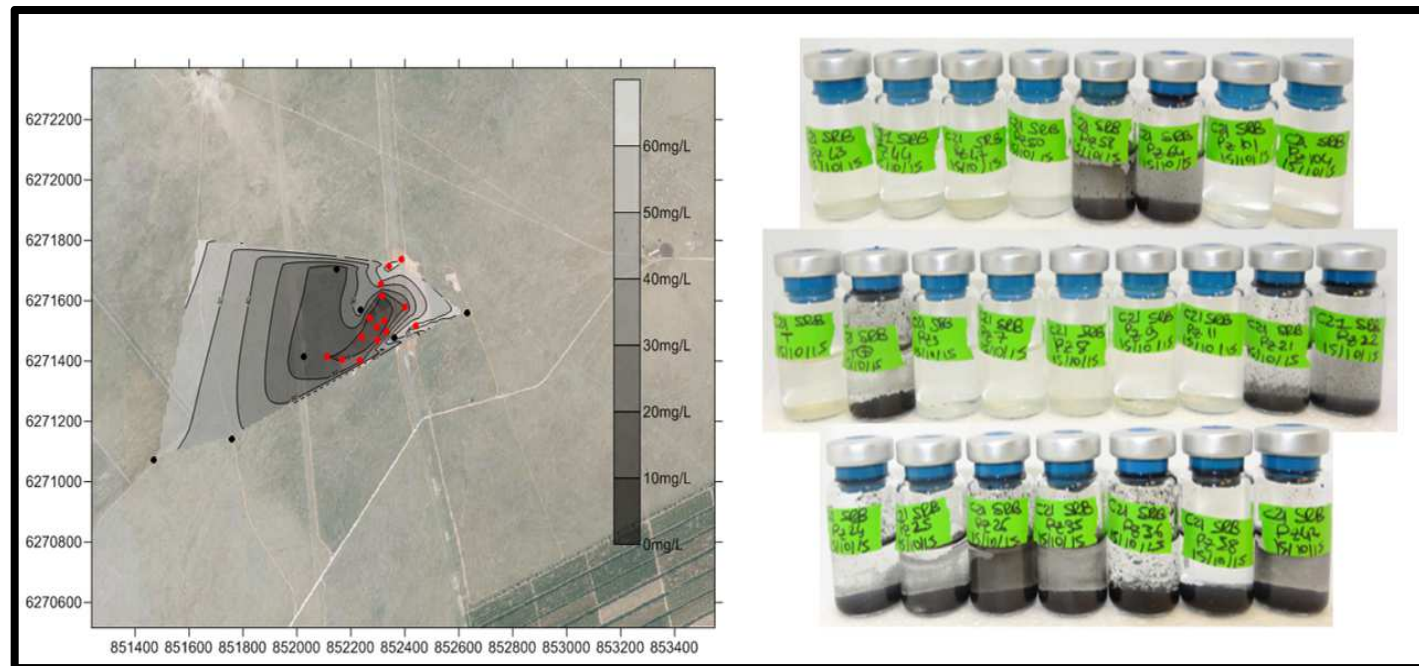
ECOGEOSAFE
Integrated solutions
for a safe and clean world



Volet 1 - Essais de faisabilité et de traitabilité

Essais en laboratoire (ECOGEOSAFE, Aix-en-Provence)

Validation des processus biogéochimiques sur site : Test SRB®

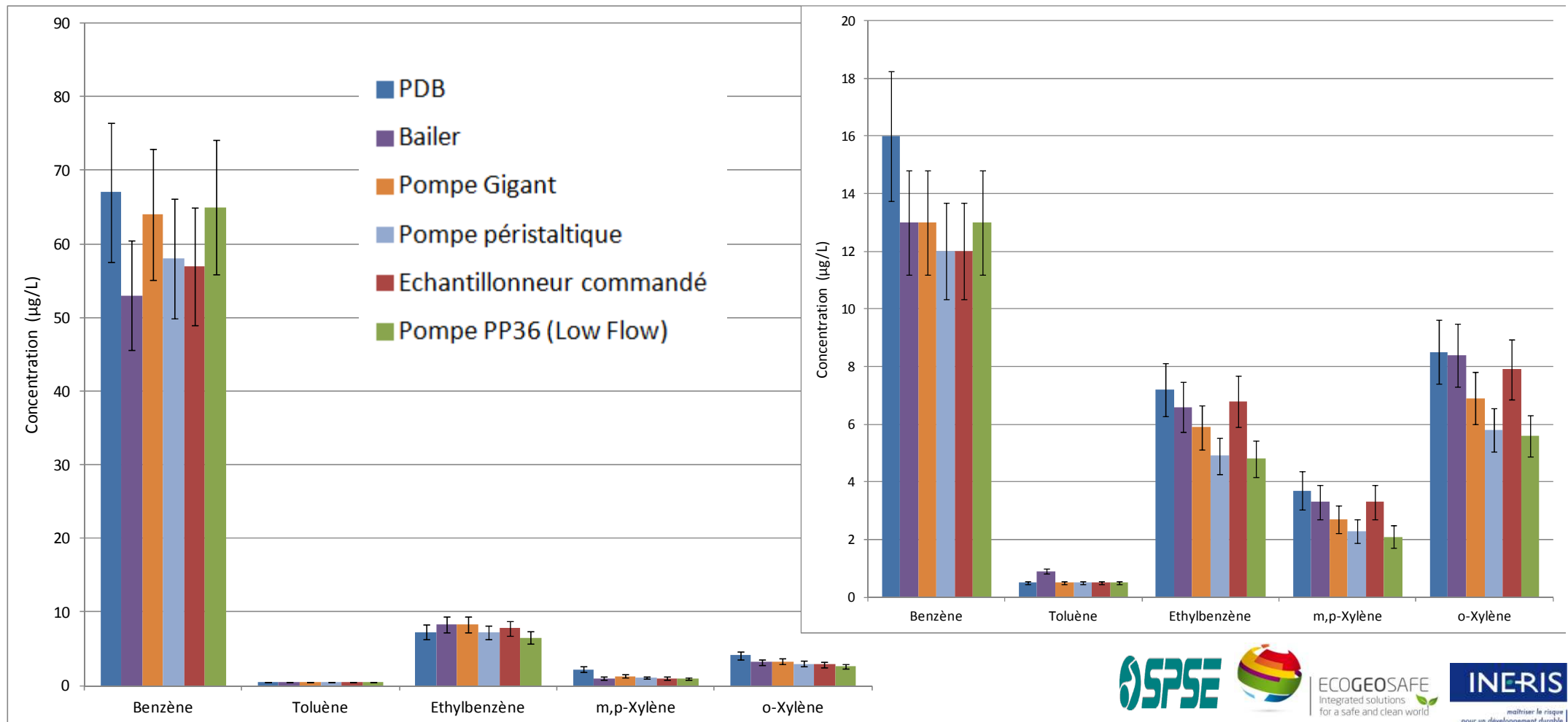


Volet 2 - Outil et protocole adaptés pour surveiller la qualité du milieu, l'efficacité de l'AN sur le long terme

Au total, sur les 4 campagnes réalisées près de 425 échantillons (site atelier) : STATS

Résultats site BIOdéPOL « hydrocarbures »

Concentrations obtenues en **BTEX** ($\mu\text{g/L}$) à partir de différents dispositifs d'échantillonnage et incertitudes fournies par le laboratoire – Niveau **superficiel** de la nappe (résultats pour 2 piézomètres)



ECOGEO SAFE
Integrated solutions
for a safe and clean world

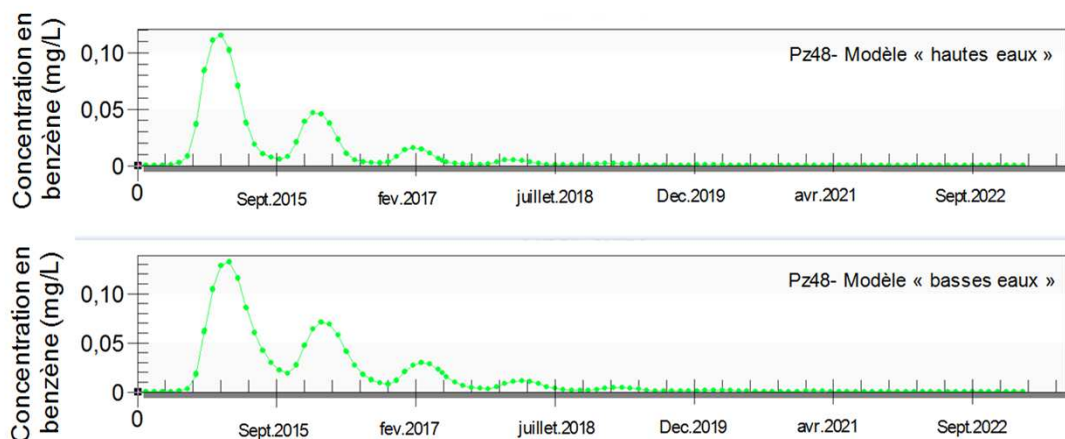


maîtriser le risque
pour un développement durable

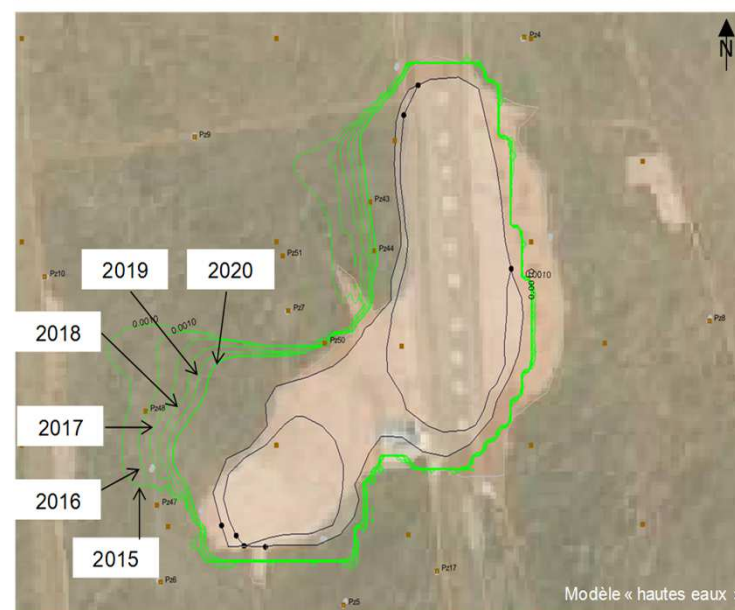
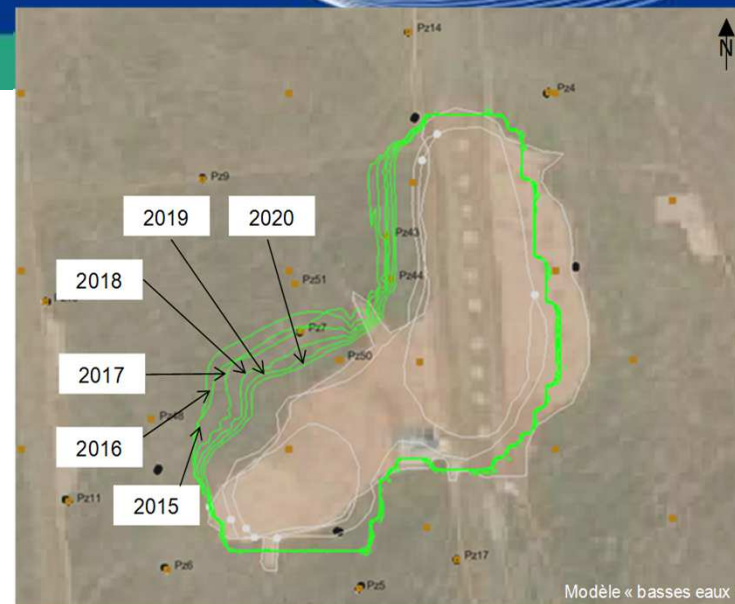
Volet 3- Modélisation du transfert considérant processus majeurs liés à l'AN – Biodégradation

Quelques résultats illustrés :

Courbes d'isoconcentration ([benzène] = 1 µg/L)
déc. 2015 à déc. 2020 selon les modèles
« hautes eaux » et « basses eaux »



Contrairement aux précédentes simulations : en conditions « naturelles » avec arrêt pompage-écrémage, barrière

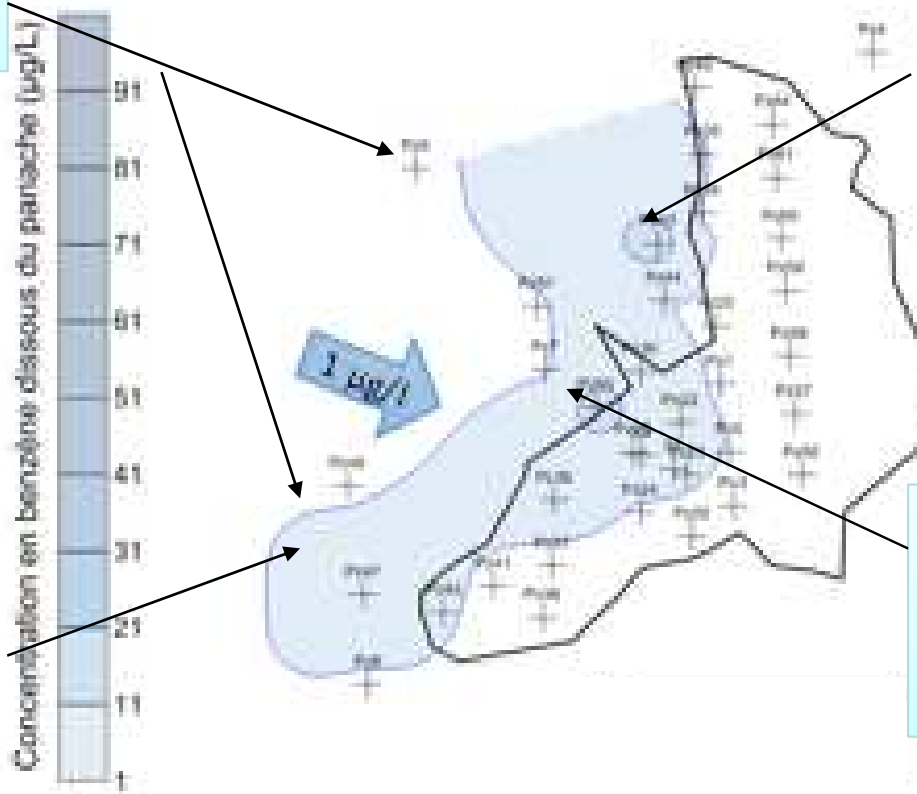


Dimensionnement de la surveillance associée à l'AN

Maitrise de la source et des impacts via AN

Points de suivi
(considérant volet 3)

Concentration en benzène dissous, du parrache (µg/L)



Paramètres et substances suivis
(dont accepteurs et donneurs
d'électrons)

Outils et protocole
de suivi
(volets 1 & 2)

Dénombrement et activité
bactérienne suivis (assurer
pérennité du mécanisme
prépondérant d'AN)

A la suite de mesures d'urgence (excavation,
pompage...) : AN envisageable comme outil
de gestion sur le site

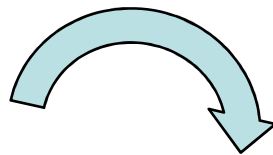
BIOdéPOL – REX pour l'application de l'AN

Les résultats du projet ont été exploités dans le cadre de la gestion du site, considérant les **données produites à différentes échelles**, concernant : les processus concourants à la diminution des concentrations et des flux de polluants, l'identification de bactéries capables de biodégrader la pollution, la pérennité dans le temps et la méthodologie de suivi sur le long terme (concentrations, paramètres liés à l'activité bactérienne, etc.)

Essais de faisabilité, traitabilité : engager ce type d'essais a permis dans le cadre de ce site et pour un coût « acceptable & maîtrisé » (au regard du coût d'un chantier ou ici de la barrière), de conforter le choix de la solution de gestion « pré-identifiée »

« Mesures d'urgence »
(confinement)

AN identifiée de manière préliminaire



démarche itérative

Plan de Gestion (bilan coûts avantages, spécificité au site, acceptabilité...)

REX exploitant / BIOdéPOL et gestion de la pollution

➤ Aspect Financier

- 65% Coûts structurels et compensation
- 35% Dépollution :

Etapes	Dépollution des sols et remise en place d'un sol similaire à celui de la Réserve 2009 - 2010	Mise en place réseau surveillance piézos / Fonctionnement Barrière hydraulique /pompage /écrémage puis démantèlement de l'installation 2009 - 2014	Etude initiale Atténuation Naturelle Surveillée (ANS)	Etude de faisabilité ANS (en lien avec BIOdéPOL) 2014 - 2015	Période de validation de l'ANS 2016 - 2018	Mise en œuvre de l'ANS 2019 - ? (30 ans ?)
Coût (% du cout global de l'accident)	19 %	11 %	0,3 %	1,2 %	0,5 %	2,5 %

Importance de la phase « **Etude de faisabilité** » pour définir la solution **moyen/long terme de dépollution pertinente** sur le plan technique mais aussi financier

➤ Aspect Technique / Réglementaire / Médiatique

- Arrêtés Préfectoraux imposant :
 - Mise en place réseau de surveillance
 - Mesure de confinement par barrière hydraulique + pompage / écrémage
 - Etude et thèse sur l'ANS
- Difficultés à faire un test d'arrêt de pompage/écrémage (pression médiatique / judiciaire)
- Acceptation suite à la présentation du Projet BIOdéPOL : Etude de faisabilité - nouvel arrêté préfectoral
- Nécessité de poursuivre la validation pendant 2/3 ans pour valider la solution sur le long terme (acceptation sociétale de l'ANS) : nouvel arrêté préfectoral

Importance de distinguer dès le début les **mesures d'urgence** et la phase d'étude de faisabilité qui définira les **mesures de dépollution** moyen/long terme

Importance de la phase « **Etude de faisabilité** » pour faire accepter le mode de traitement par l'ANS et faciliter le dialogue avec les associations et les services de l'Etat



Merci de votre attention



ECOGEO SAFE
Integrated solutions
for a safe and clean world

