



De l'incertitude sur les propriétés des milieux à celle sur l'apparition d'une phase NAPL mobile



Atelier 1 - Interprétation des résultats, bases de données, valeurs de fonds

Juliette Chastanet (BURGEAP), Jean-Baptiste Mathieu & Michel GARCIA (KIDOVA), David PITAVAL & Jean-Marie CÔME (BURGEAP)

- Contexte : caractérisation pollution concentrée de type organique
 - ➔ Phase organique immobile (piégée par capillarité) / mobile (pouvant générer une phase flottante ou coulante)
 - ➔ Gestion de ce type de pollution nécessitant des bilans de volume et de masse *en phase organique*
 - ➔ Fortes incertitudes à prendre en compte
- Combinaison d'outils méthodologiques pour répondre à cette problématique
 - ➔ Méthode de détection de phase organique et évaluation de la part mobile (*OREOS et base de données de saturation résiduelle Sor*)
 - ➔ Outil géostatistique (*SoilRemediation*)

Caractériser une pollution concentrée

- ① Volumes et masses de NAPL mobile et immobile en place
 1. Modélisation 3D de la saturation en NAPL
 2. Modélisation 3D de la part de NAPL mobile

- ② Sensibilité des seuils de teneurs pour l'apparition de NAPL
 - ➔ En fonction du milieu (porosité, ρ_{Solide} , f_{oc} , teneur en eau)
 - ➔ En fonction de la composition de la source de pollution

- ③ Export de modèles de source pollution vers un simulateur d'écoulement et transport polyphasique

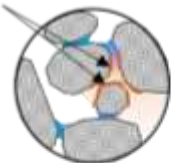
Détection de phase organique (NAPL) et évaluation de la part mobile

Absence de saturation

Saturation (S_o) \leq
Saturation résiduelle (S_{or})

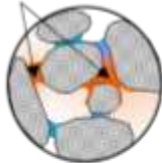
Saturation (S_o) $>$
Saturation résiduelle (S_{or})

Organique sorbé



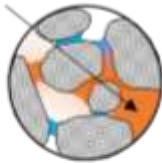
Phase absente

Phase immobile



Phase présente mais absence
de flottant ou coulant

Phase mobile



Possible apparition de
flottant ou coulant

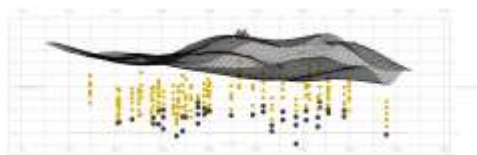
- ❖ Principe : calcul de la répartition de polluants dans toutes phases à partir des teneurs dans les sols
- ❖ Paramètres d'entrée : T_{sol} , porosité, teneur en eau, foc, densité solide + paramètres physico-chimiques
- ❖ Résultats : présence / absence de NAPL, saturation en NAPL (S_o), composition du NAPL, teneur d'apparition...

- Pour chaque échantillon
- 🎯 Détermination de la présence ou non de NAPL et calcul de sa saturation (S_o)
 - 🎯 Comparaison de cette saturation à la saturation résiduelle (S_{or})
 - 🎯 Évaluation de la part mobile / immobile

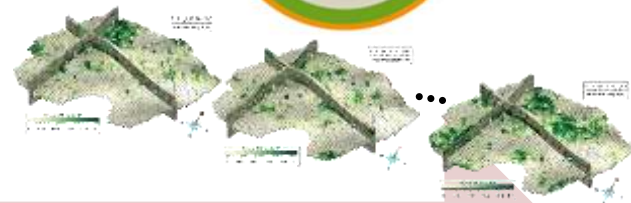
Modélisation géostatistique de la saturation en NAPL



Approche « directe »



OREOS



Données de teneurs et propriétés des sols

Calcul saturations en NAPL

Simulation géostatistique de la saturation



Avantages

- ➔ 1 seul modèle géostatistique à produire



Conditions de mise en œuvre

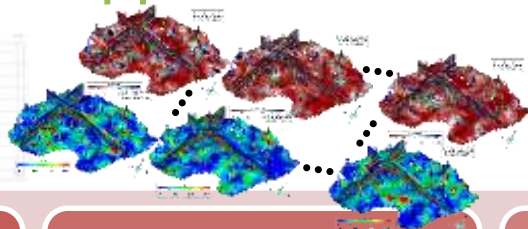
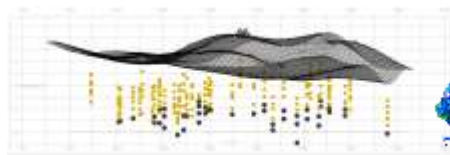
- ➔ Composants fortement corrélés en teneurs
 - ↔ Composition stable par zones / milieux.
- ➔ Prise en compte possible des milieux ou de la nappe dans le modèle



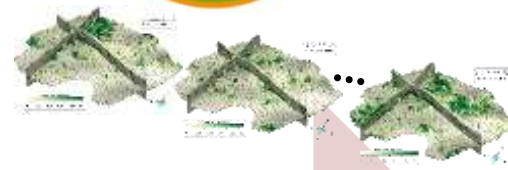
Modélisation géostatistique de la saturation en NAPL



Approche « indirecte »



OREOS



Données de teneurs et propriétés des sols

(Co-)Simulation géostatistique des teneurs par (groupe de) composant corrélés

Calcul saturations en NAPL

Cartes équiprobables de la saturation



Avantages

- Exploitation de modèles géostatistiques existants
- Prise en compte de composants non ou peu corrélés (variables multiples)
- Prise en compte de compositions variables (pollutions anciennes, partiellement dégradées)



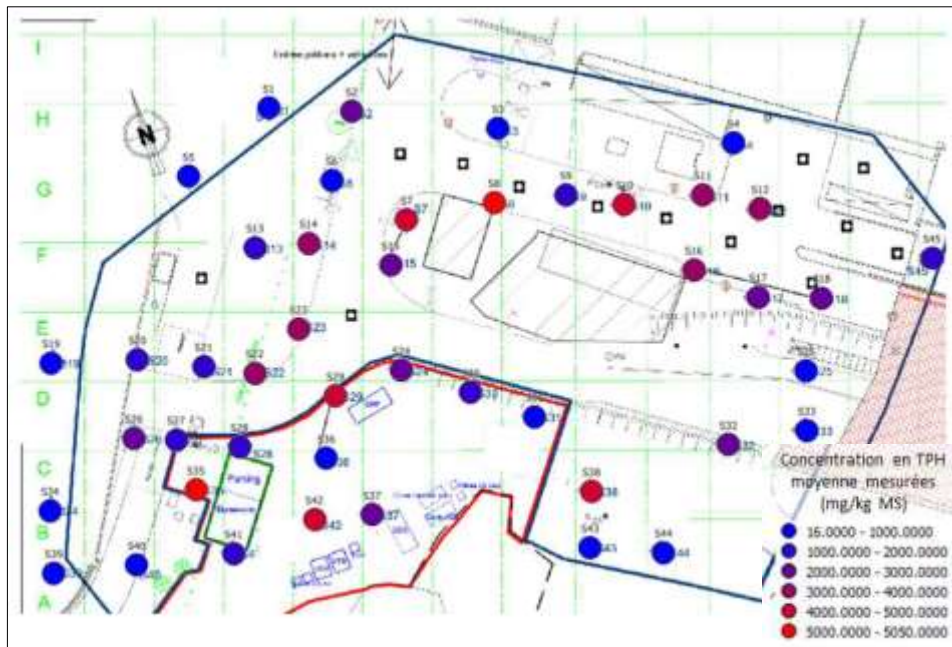
Conditions de mise en œuvre

- Modèles géostatistiques des teneurs potentiellement complexes
- Prise en compte possible des milieux ou de la nappe dans le modèle



Mise en œuvre sur un site de démonstration (1/4)

Présentation du site



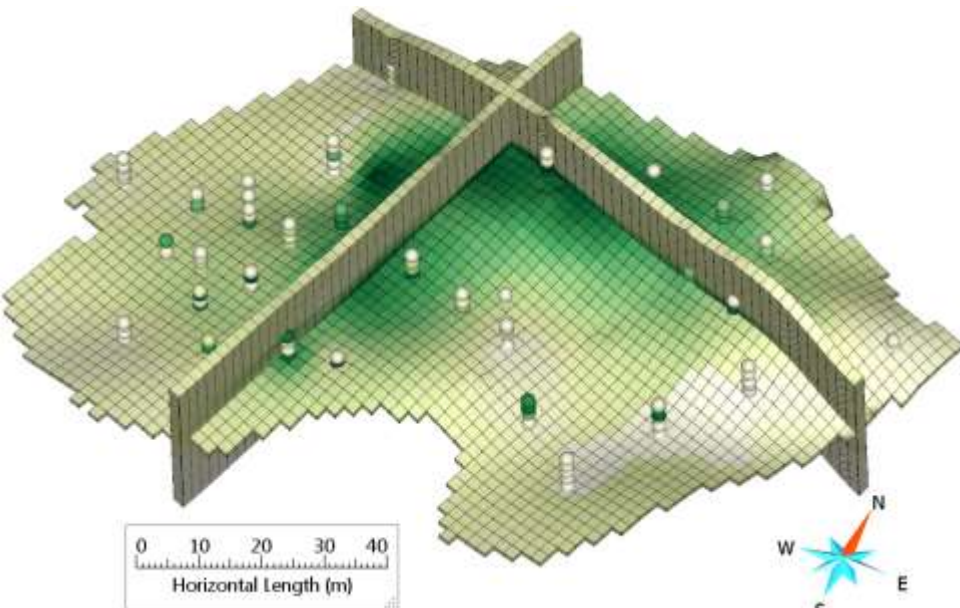
Teneurs moyenne dans les sols à l'issue de l'étape 1

- Site industriel avec fuite de FOD
 - ➔ ~250 m³ de produit perdus / 5000 m² impactés
 - ➔ pollution dans la zone BTN (présence de flottant)
- Contexte environnemental
 - ➔ En bordure d'un estuaire (*influence du marnage ~2m*)
 - ➔ Géologie : remblais / sables / argiles
- Dépollution du site en cours
 - ➔ Etape 1 : Écrémage / EMP (*~1 tonne récupérée en 6 mois*)
 - ➔ Etape 2 : Traitement biologique in situ

Mise en œuvre sur un site de démonstration (2/4)

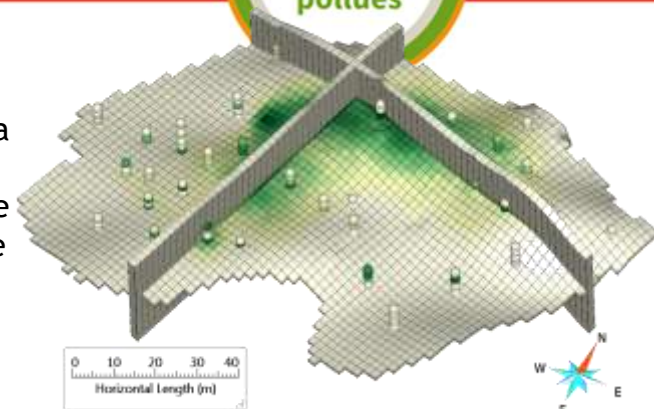


Saturation NAPL

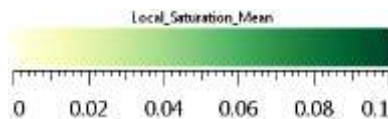
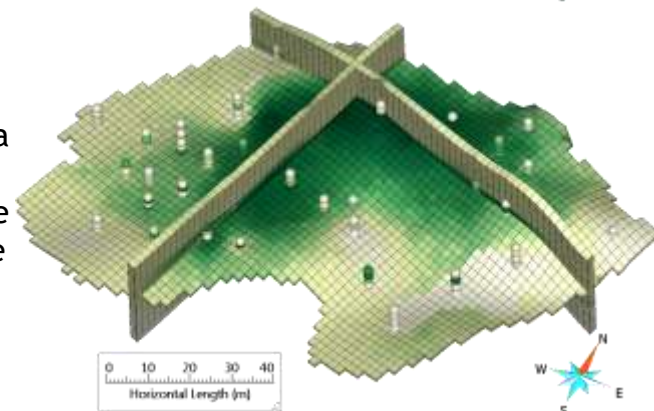


Saturation en NAPL moyenne

Q25(S_0) dont la saturation réelle a 25% de chances d'être inférieure



Q75(S_0) dont la saturation réelle a 75% de chances d'être inférieure

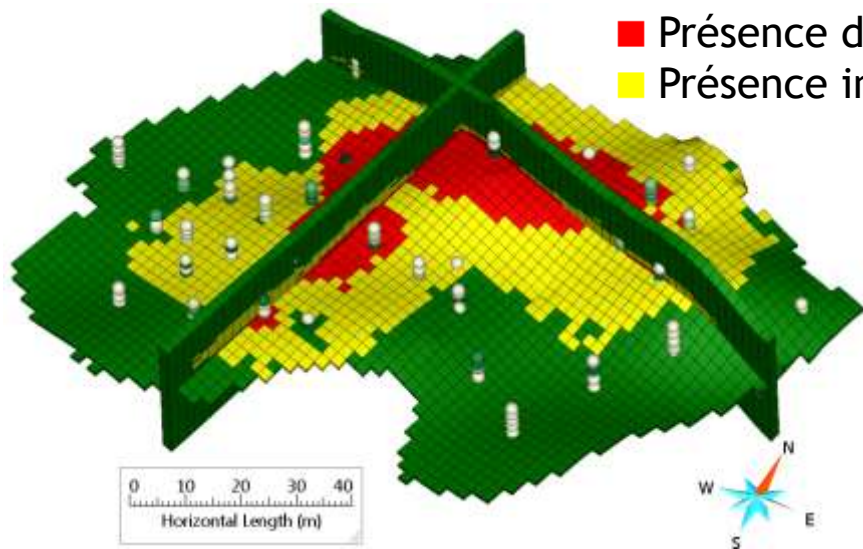


Mise en œuvre sur un site de démonstration (3/4)

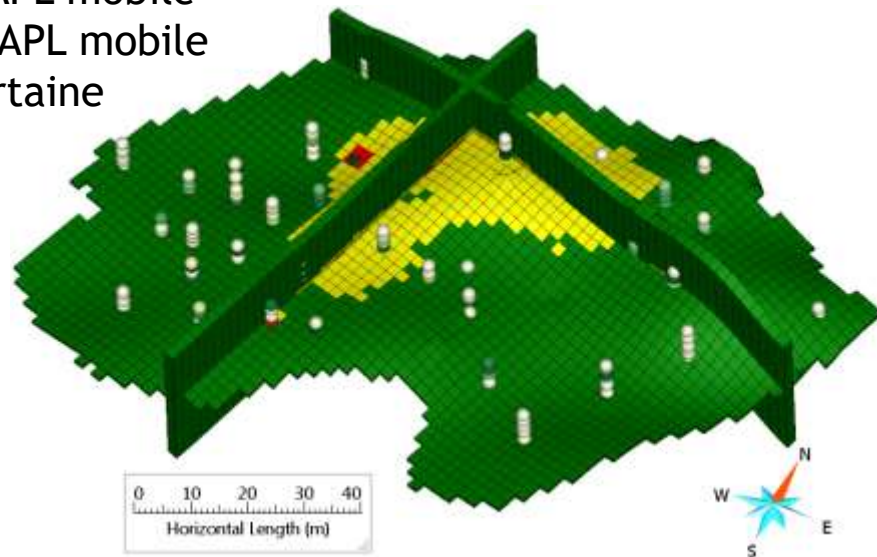


Classification des sols en fonction de *Sor*

- Absence de NAPL mobile
- Présence de NAPL mobile
- Présence incertaine



Classification des sols présentant des saturations supérieures à 0.04 avec un risque d'erreur acceptable de 25%



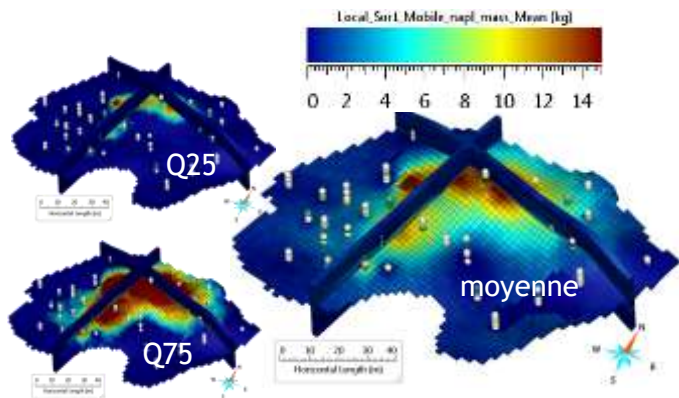
Classification des sols présentant des saturations supérieures à 0.08 avec un risque d'erreur acceptable de 25%

Mise en œuvre sur un site de démonstration (4/4)

Résultats



	Volume de terre contenant du NAPL mobile (m ³)		Masse de NAPL dans la zone contenant du NAPL mobile (tonnes)		Masse de NAPL mobile (tonnes)	
	Moyenne	Intervalle de confiance 90%	Moyenne	Intervalle de confiance 90%	moyenne	Intervalle de confiance 90%
Sables (Sor 4%)	9800	[8350 ; 11600]	200	[170 ; 230]	70	[60 ; 85]
Sables (Sor 8%)	1900	[1400 ; 2450]	50	[40 ; 70]	5	[3 ; 7]



État / localisation de la pollution

- ➔ Pollution sous forme de NAPL > 99%
- ➔ NAPL mobile sur 1 à 2m dans les sables (BTN)

Vis-à-vis de la réception des travaux (étape 1)

- ➔ Qté restante >> Qté extraite (influence du marnage ,...)
- ➔ 10 à 35 % de NAPL mobilisable -> possible apparition à l'avenir

Vis-à-vis des travaux à venir (étape 2)

- ➔ Nécessité de traiter le NAPL

Conclusions



Le plugin SROreos

Avantages opérationnels

- ➔ Définir la nature de la source (sorbée / NAPL immobile ou mobile), localiser cette source, faire son bilan (volume et masse) - **en prenant en compte les incertitudes**
- ➔ Aide à la décision pour le choix du mode de gestion

Incertitudes et analyse de sensibilité

- ➔ Prise en compte de la variabilité des teneurs
 - Gammes de valeurs
 - Modèles de distributions non-paramétriques (estimées à partir de données mesurées sur échantillons)
 - Modèles géostatistiques complets (teneurs en composant cosimulées)
- ➔ Prise en compte de la variabilité des propriétés du milieu
 - Gammes de valeurs (estimées globalement, par milieux ou cartographiées)
 - Modèles géostatistiques (variables estimées/simulées sur l'ensemble du site)
 - En lien avec la variabilité de la piézométrie



Remerciements à

 **Paradigm**® /  **EMERSON** partenaires de KIDOVA dans l'environnement

Contact : j.chastanet@groupeginger.com & jb.mathieu@kidova.com



Ce qu'il faut retenir

Résultat / point clé des travaux :

- ➔ Le plugin SROreos de la SoilRemediation Suite, un outil pour définir la nature d'une source de pollution (sorbée / NAPL immobile ou mobile), la localiser, faire son bilan (volume et masse) en prenant en compte les incertitudes

Piste de recherche prioritaire :

- ➔ La prise en compte des incertitudes conjointes sur les propriétés du milieu souterrain et sur la pollution