



Calcul de plans d'échantillonnage rationalisés pour la conduite de campagne de reconnaissance (FUI MATRICE)

Florine Garcia, Jean-Baptiste Mathieu, Michel
H. Garcia (KIDOVA) et Equipe MATRICE



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

Garcia Florine (KIDOVA)





Concevoir une campagne de sondages ou d'échantillonnage itérative

🎯 Objectifs

- ➔ Première étape : détection ou confirmation d'une pollution des sols
- ➔ Etapes suivantes : réduction de l'incertitude sur l'état de pollution des sols

Concevoir une campagne de sondages ou d'échantillonnage itérative

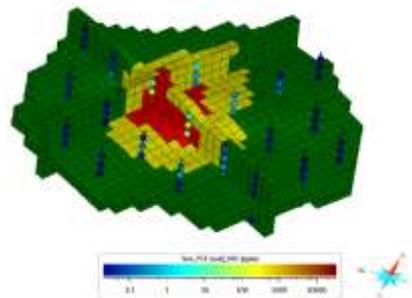
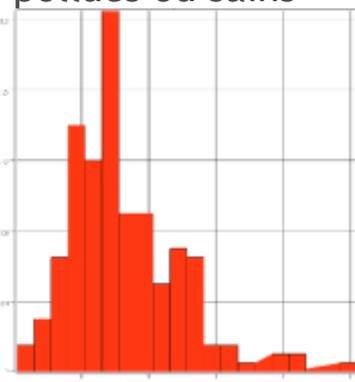
Questions utiles / nécessaires

→ Quelles incertitudes à lever ?

- Incertitudes **globales** sur des volumes ou masses de sols pollués ou de polluants
- Incertitudes **locales** sur des teneurs en polluants, des masses de polluants, des sols pollués ou sains

→ Quelles reconnaissances

- des sondages, échantillons, points
- directs, indirectes
- des données : régionales
- directes de données et



e
(géostatistiques)

Plan



- ① Notions d'incertitudes
- ② Méthodologie
- ③ Application
- ④ Conclusions

Incertitudes globales ou locales

- Incertitudes globales sur volumes ou masses de sols pollués ou de polluants

→ Savoir combien peu importe où

- Incertitudes locales sur teneurs ou masses de polluants

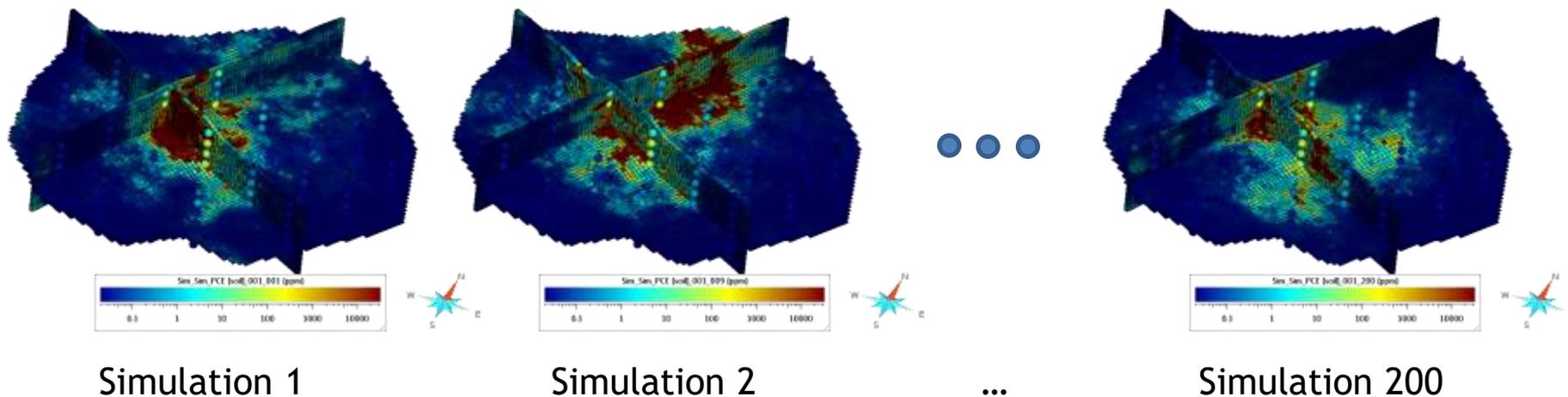
→ Savoir où et par conséquent combien



Incertitudes généralement visées

Incertitudes locales : illustrations

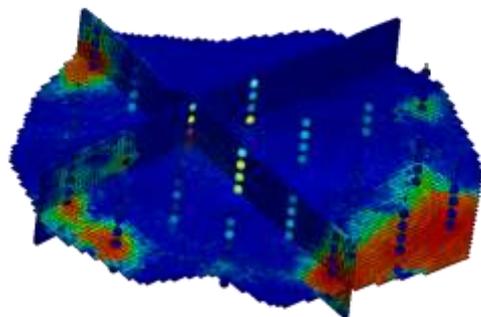
Modèle géostatistique d'une pollution des sols au PCE



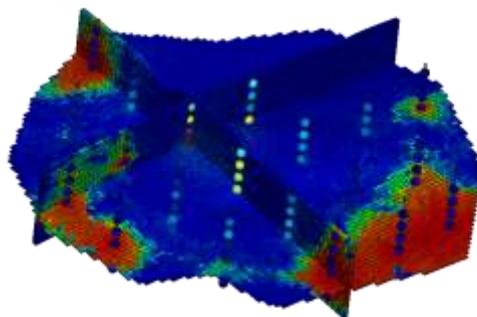
Incertitudes locales : illustrations

○ Incertitude sur teneurs moyennes en PCE estimées

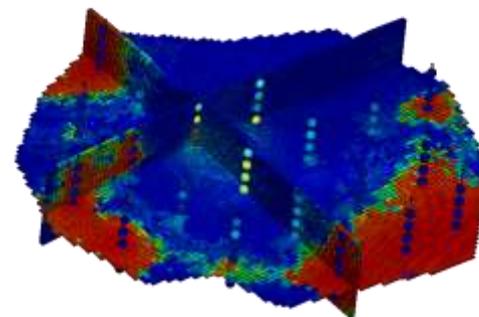
➔ Probabilité d'avoir plus de X% d'erreur par rapport à la moyenne



10% d'erreur



20% d'erreur

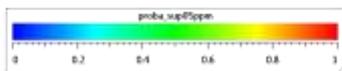
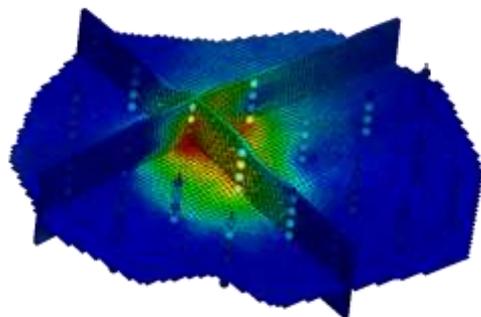


40% d'erreur

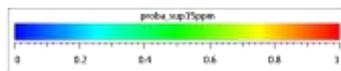
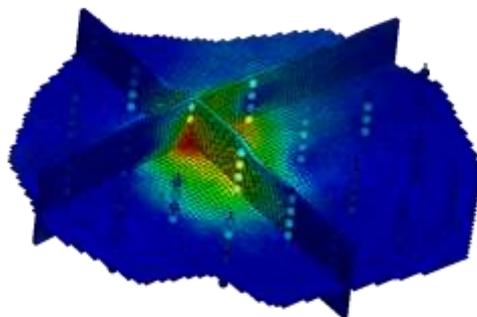
Incertitudes locales : illustrations

○ Incertitude sur le dépassement de seuil de teneur critique

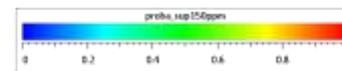
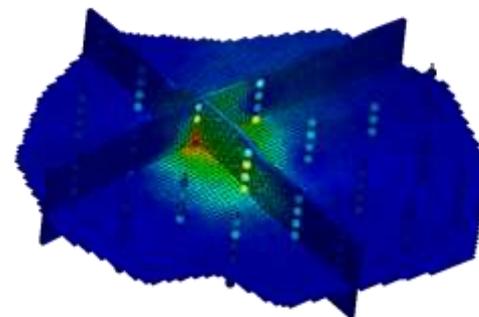
➔ Probabilité que teneur en PCE > seuil critique (local)



Teneur > 5 ppm



Teneur > 15 ppm

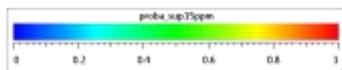
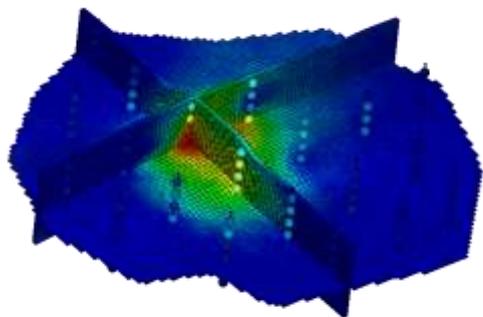


Teneur > 150 ppm

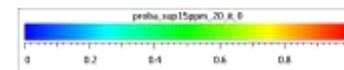
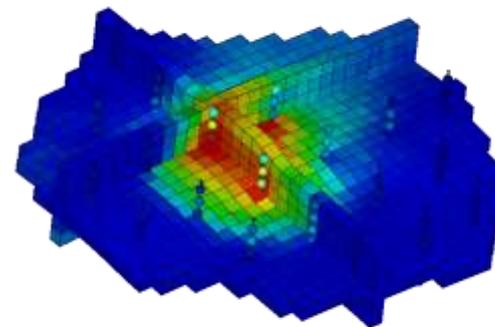
Incertitudes locales : illustrations

Effet de grille sur l'incertitude de dépassement de seuil

→ Grille de simulation géostatistique & grille de dépollution



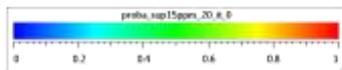
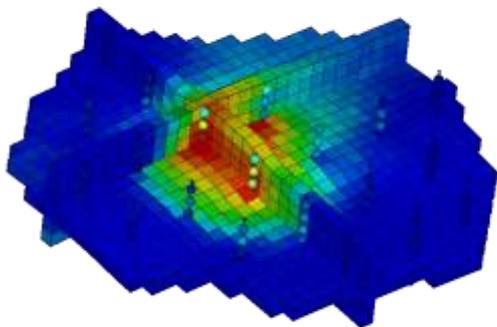
Grille fine (cellule de 0.1 m³)



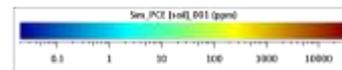
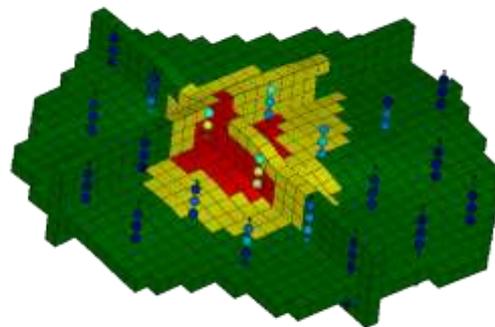
Grille grossière (cellule de 3 m³)

Incertitudes locales : illustrations

- Traduction de l'incertitude en classification des sols par rapport à des critères de risque de se tromper



Probabilité teneur > 15 ppm



Classification des sols

Pollué si Prob > 0.8
Sain si Prob < 0.2
Incertain sinon

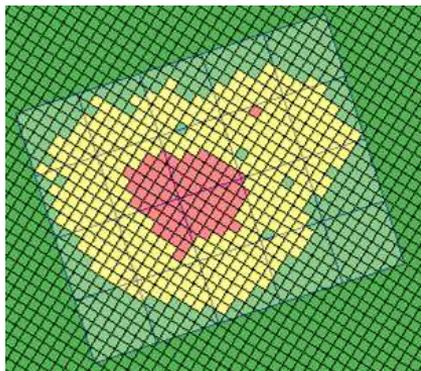
Approche itérative (phasage possible)

- **Méthode**
 - ➔ Fondée sur l'approche élaborée dans les projets OUTRAGE et REPERAGE
- **Entrées**
 - ➔ Zones incertaines issues d'une classification des sols
 - Tirées d'un modèle géostatistique des teneurs sur une grille adaptée
 - Calculables à partir d'une carte de probabilité définissant l'incertitude spatiale
 - ➔ Nombre de points de sondages (3D) ou d'échantillonnage (2D)
 - ➔ Mode de répartition des données
 - Horizontalement : régulier, régulier corrigé, stratifié
 - Verticalement : régulier systématique
 - ➔ Zones non accessibles (optionnel)
- **Résultats**
 - ➔ Nouveau plan de sondages ou échantillonnage rationalisé

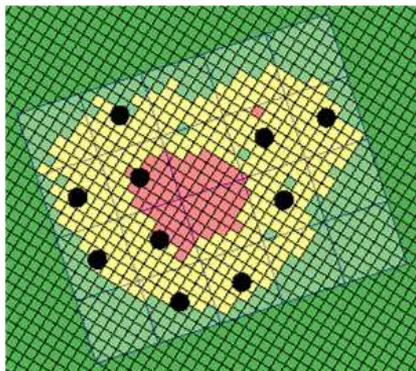
Illustration

Mode de répartition des données horizontalement

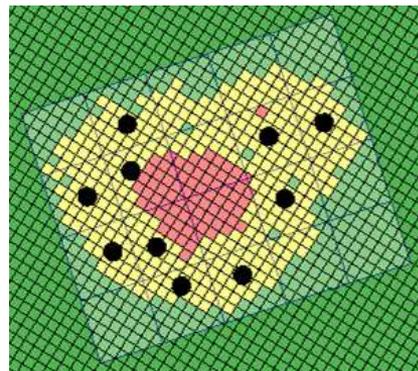
Pollué Sain Incertain



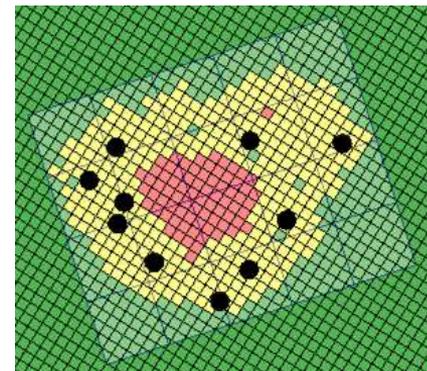
Classification et grille d'échantillonnage régulière



Echantillonnage régulier



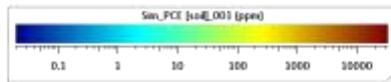
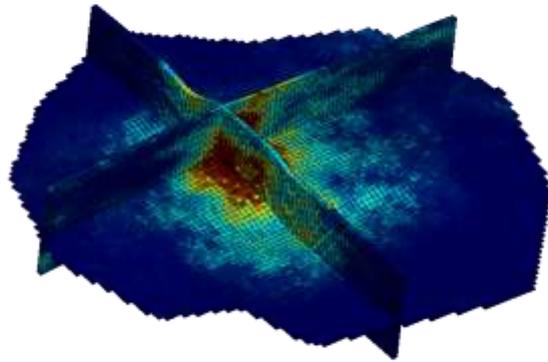
Echantillonnage régulier corrigé



Echantillonnage stratifié

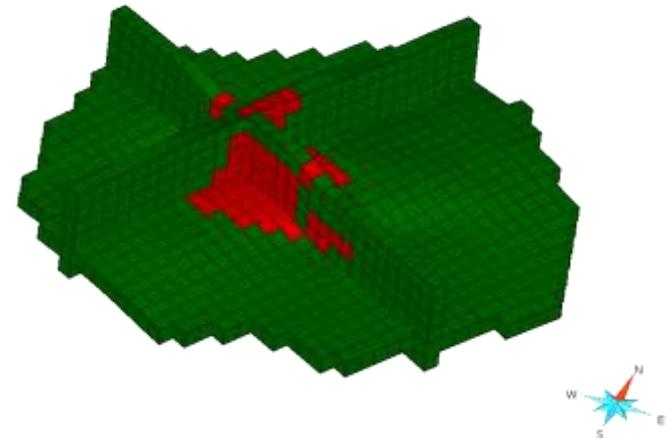
Déroulé de la démarche

Modèle de pollution de référence simulé



Teneurs en polluants simulées

Seuil :
15 ppm



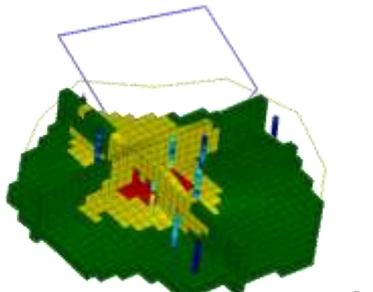
Classification des sols comme pollués ou sains pour seuil critique de 15 ppm

Application (suite)

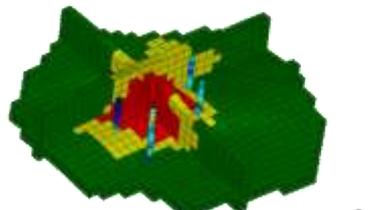


Déroulé de la démarche

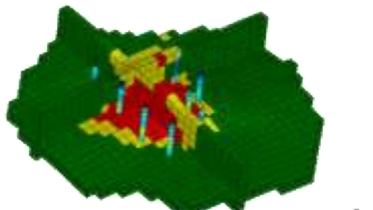
🌀 Résultats : 10 sondages / itération, 12 données / sondage



Etape 1



Etape 2

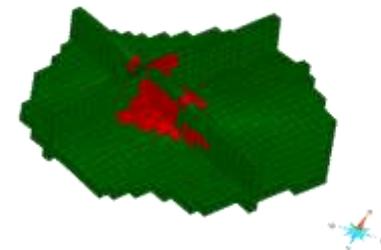


Etape 3



Etape 4

Pollué
Sain
Incertain

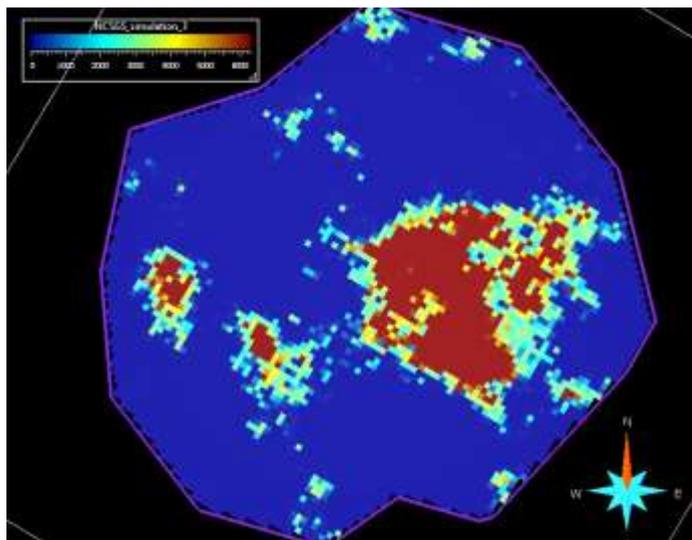


Classification de référence

Application (suite)

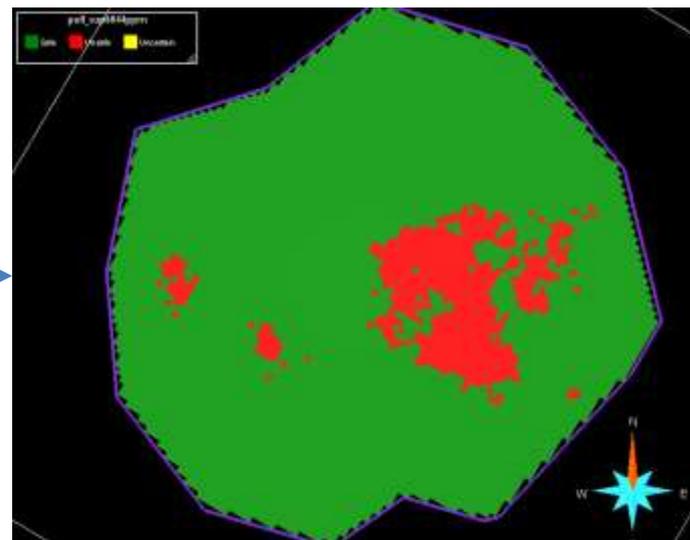


Sensibilité au nombre de sondages par itération jusqu'à 60



Teneurs en polluants simulées

Seuil :
6000 ppm

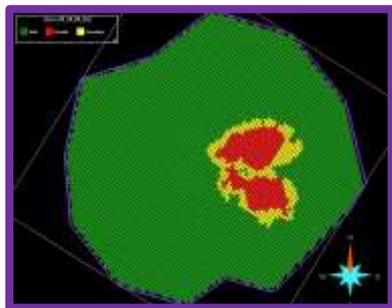


Classification des sols comme pollués ou sains pour seuil critique de 6 000 ppm

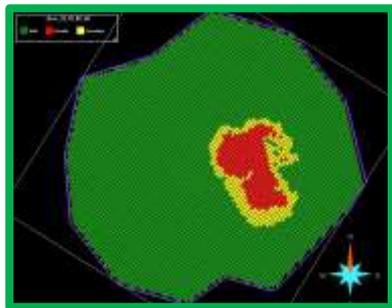
Application (suite)



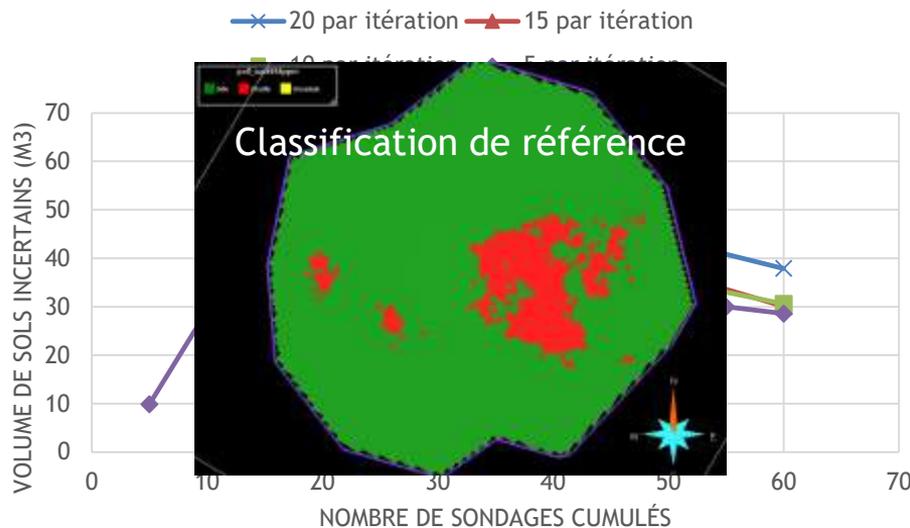
Sensibilité au nombre de sondages par itération jusqu'à 60



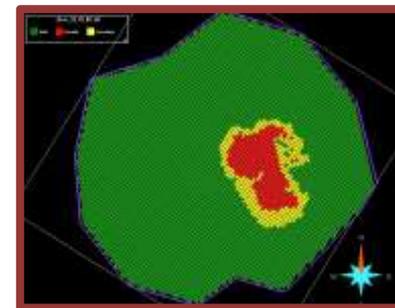
5 / itération



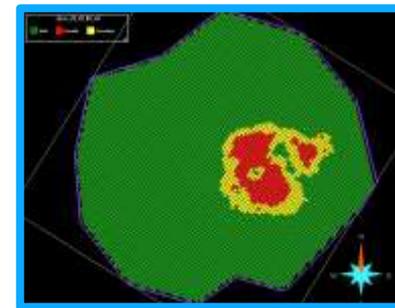
10 / itération



Volume zone incertaine



15 / itération

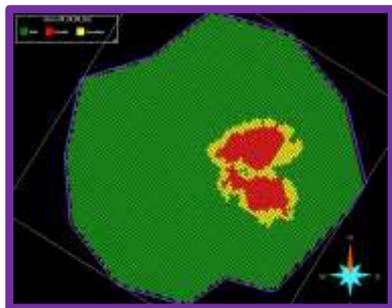


20 / itération

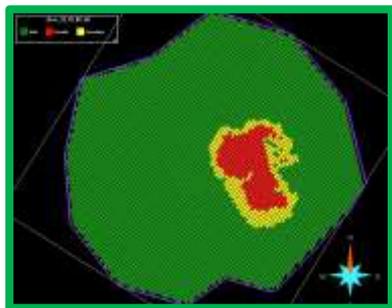
Application (suite)



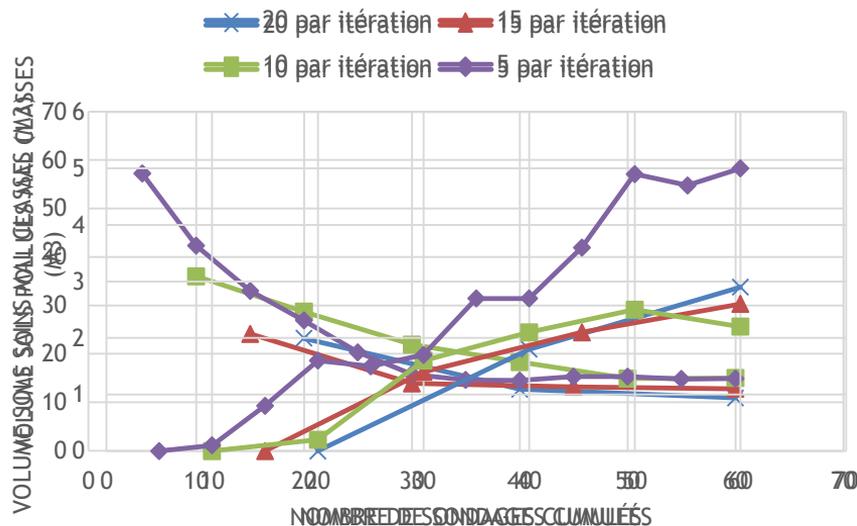
Sensibilité au nombre de sondages par itération jusqu'à 60



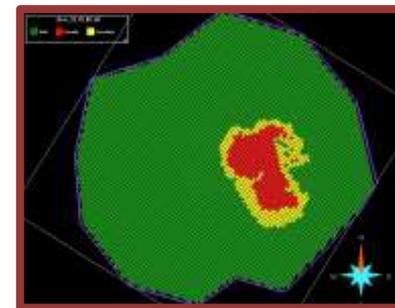
5 / itération



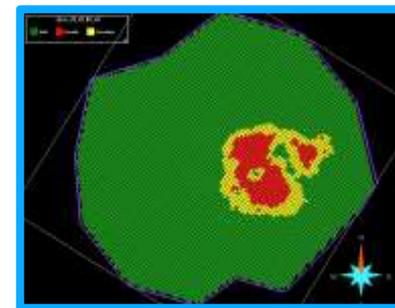
10 / itération



Volume de sols mal classés
comme **sains** ou **pollués**



15 / itération



20 / itération

- ① Rationalisation de plans de sondages ou échantillonnage
 - ➔ Problème d'objectif de reconnaissance en termes d'incertitudes globales ou locales à lever
 - ➔ Problème de stratégie d'échantillonnage associée à des contraintes opérationnelles
- ① Couplage entre mesures sur sites et traitement géostatistique rendus opérationnels grâce à :
 - ➔ l'amélioration d'outils de mesures sur site
 - ➔ le développement d'outils logiciels adaptés et d'utilisation facile



Ce qu'il faut retenir

Résultat / point clé des travaux :

- ➔ Aboutissement des travaux de recherche OUTRAGE/REPERAGE (projet ADEME) suivi de MATRICE (projet FUI) sur le couplage entre mesures sur sites et traitement géostatistique avec la production d'un outil logiciel (SRSampling) adapté à la conduite de campagnes de reconnaissance

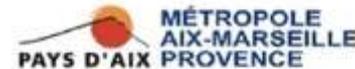
Piste de recherche prioritaire :

- ➔ Mise en œuvre de l'outil sur des cas d'étude réels en s'intéressant d'un point de vue méthodologique au phasage des campagnes, aux biais statistiques et à la mise à jour des modèles géostatistiques (collaboration avec le BRGM dans le cadre du projet MATRICE)

Remerciements



Partenaires & soutiens financiers projet de recherche



Paradigm® / EMERSON™ partenaires de
dans l'environnement





Voir poster avec présentation des outils

-  « Suite d'outils logiciels dédiés à la reconnaissance et l'étude de sites pollués (FUI MATRICE) »

J.-B. Mathieu, F. Garcia, C. Trocmé, M. H. Garcia, C. Mirgon, C. Bellier, E. Taffoureau et Equipe MATRICE