



Améliorer l'estimation géostatistique des concentrations contrastées



Atelier 1



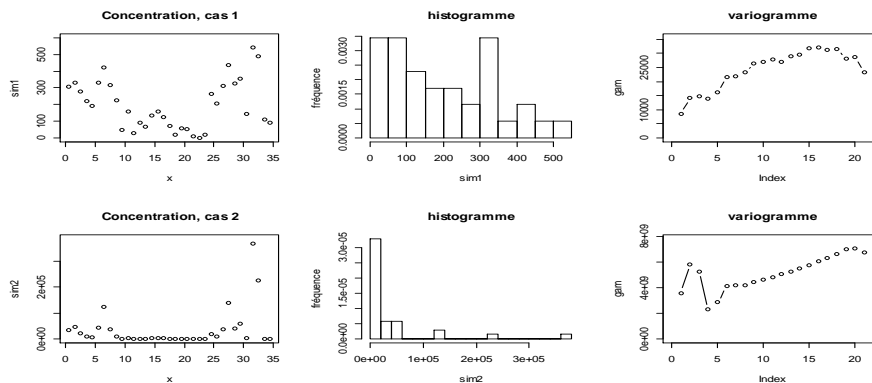
Chantal de FOUQUET

Ecole des Mines de Paris (Mines ParisTech)

Difficultés pratiques en présence de concentrations très contrastées



Le variogramme expérimental devient erratique

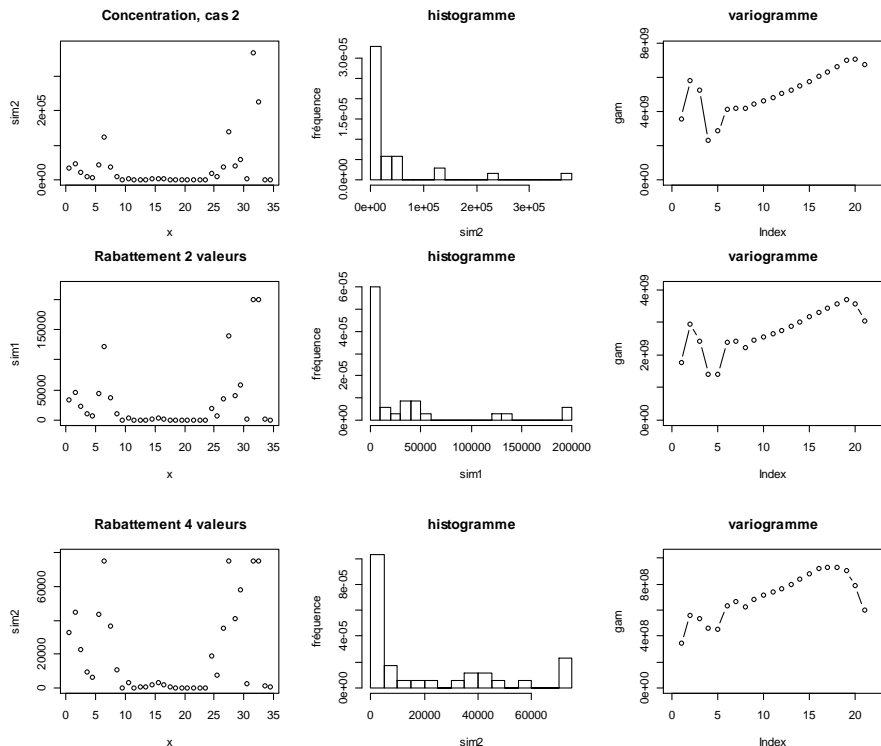


35 données	min	max	médiane	moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation
Cas 1	0	544	156	198	146	0.74
Cas 2	0	366 210	2 950	35 360	73 664	2.08

Difficultés pratiques en présence de concentrations très contrastées



Rabattre les valeurs les plus fortes ?



35 données	max	moyenne	Ecart-type
Cas 2	366 210	35 360	73 664
Rabattement 2 valeurs	200 000	29 850	52 658
Rabattement 4 valeurs	75 000	19 520	25 646

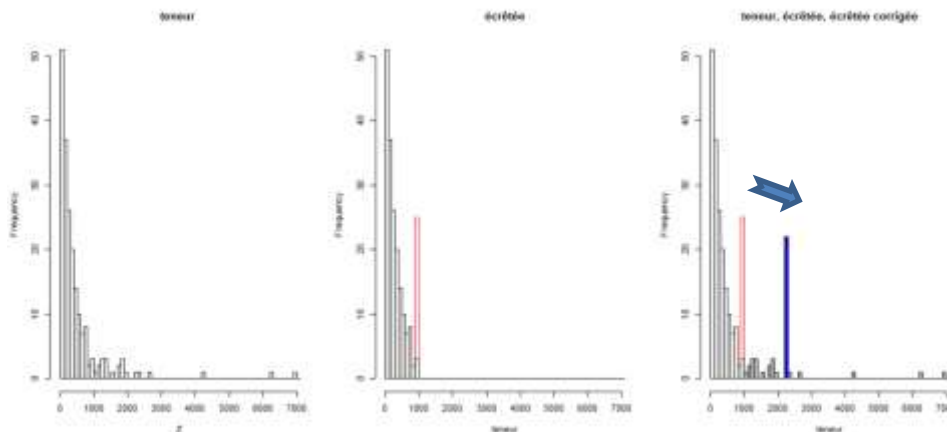
→ ce rabattement modifie la moyenne, le variogramme...
 → raisonner le choix du seuil, la méthode

1. Le modèle d'écrtêtage



Principe

- Corriger l'écrtêtée



- Détermination du seuil d'écrtêtage d'après les variogrammes des écrtêtées et des indicatrices
- Critères pour vérifier les hypothèses du modèle

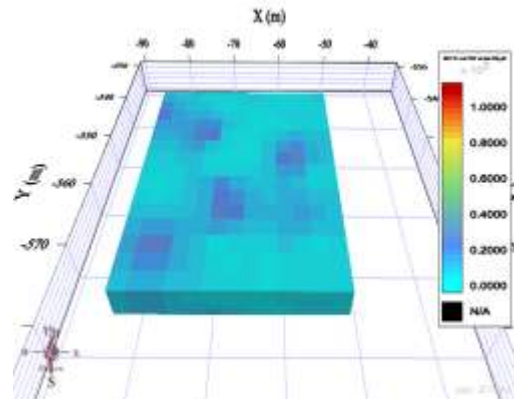
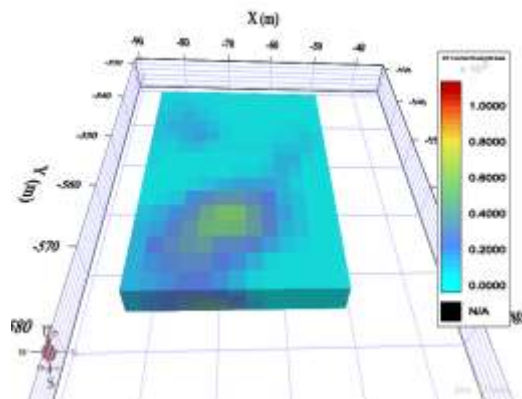
Le modèle d'écrêtage



Contrasol

Krigeage usuel

Modèle d'écrêtage
seuil 50 ppm



Site P78, blocs 2.5x2.5x0.5m³

Le modèle d'écrêtage

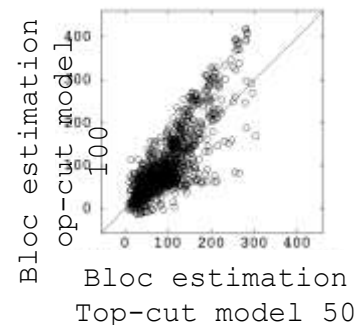
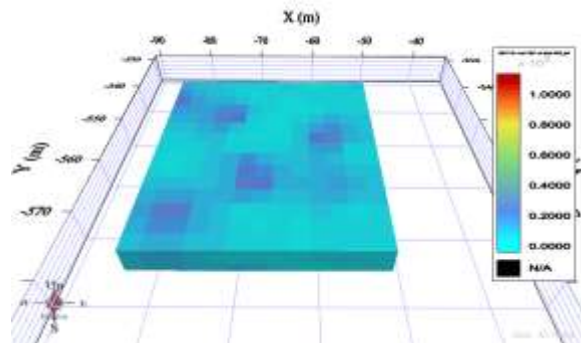
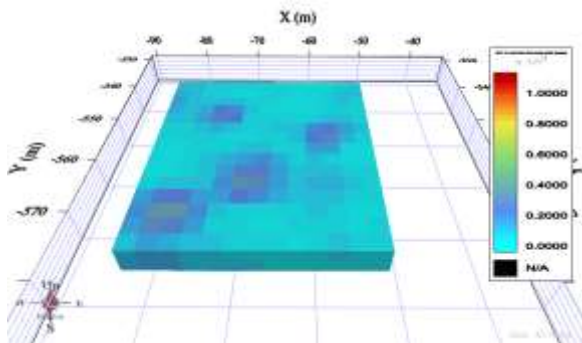


Contrasol

- Robustesse par rapport au choix du seuil d'écrêtage

100ppm

50ppm



Site P78, blocs 2.5x2.5x0.5m³

Retour d'expérience

- Adapté en présence d'un fort contraste de concentrations bien structurées
- Les fortes concentrations apparaissent mieux localisées sur les estimations que par krigeage usuel
- Robustesse des résultats par rapport au seuil d'écrêtage et aux hypothèses
- Adapté à la prise en compte de covariables

- Étude variographique approfondie pour le choix du seuil d'écrêtage
- Simplification s'il apparaît des estimations négatives
- Modélisation supplémentaire de l'indicatrice à une coupure fixée

2. Le krigeage disjonctif discret



Krigeage disjonctif, 1974 ; discret, 1988

- Recherche de composantes spatiales décorréées, estimées séparément, permettant de reconstituer les concentrations
- Lien entre niveau de concentration et variabilité spatiale
- Estimation cohérente des concentrations et des indicatrices à différentes coupures

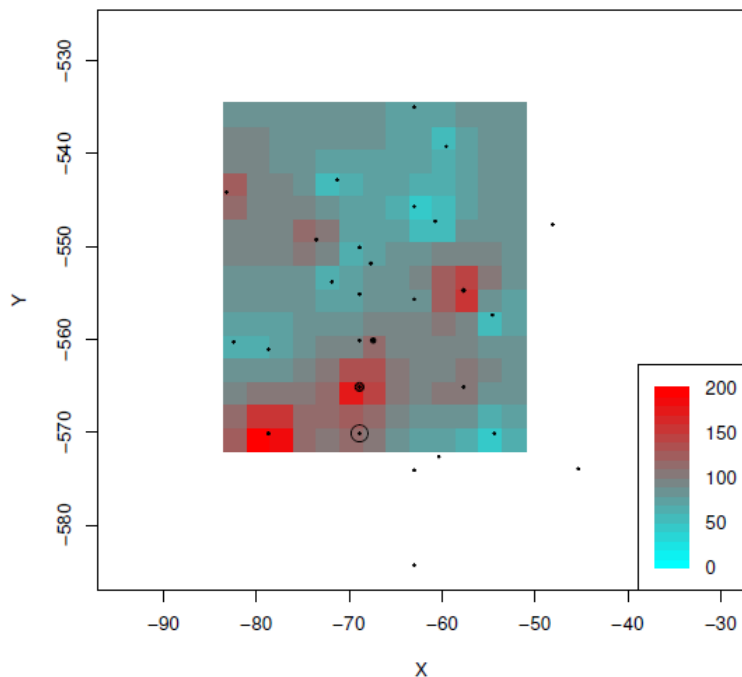
- Discrétiser la concentration par niveaux
- Evite la modélisation explicite de l'histogramme
- Méthode déjà utilisées en estimation minière

Le krigeage disjonctif discret



Contrasol

PID (KDD, $Z = 9.75$)



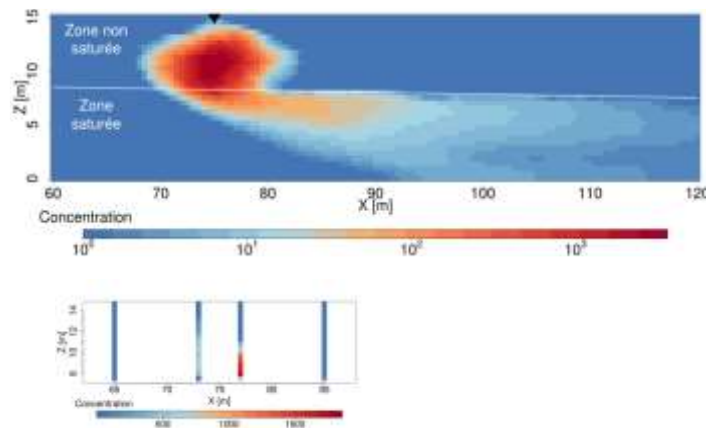
- ④ Classement des méthodes par validation croisée
- ④ Site P78
 1. KDD
 2. écrêtage aux seuil 50 et 100 (analogues)
 4. krigeage usuel

3. Krigeage à base physique



Contamination dans les sols & la nappe

Exemple : développement d'une contamination dans la zone saturée et la non saturée



- Cas de sondages peu nombreux
 - le variogramme est mal connu
 - la forme du panache estimé peut ne pas être réaliste

Krigeage avec variogramme empirique

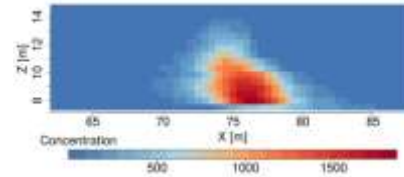
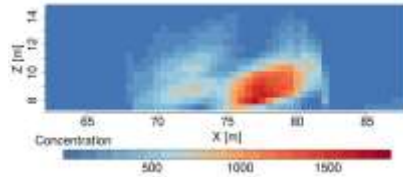
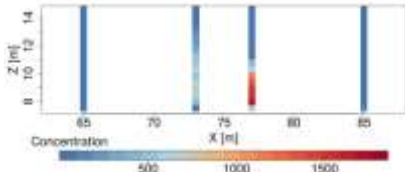


Projet Kri-Terres : test à 2D

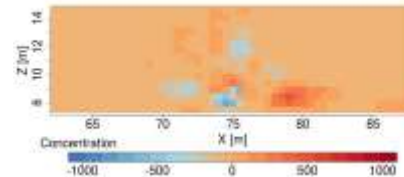
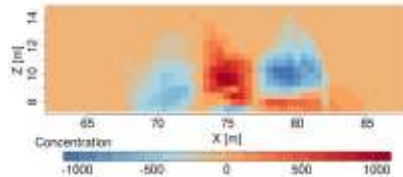
Krigeage usuel

Krigeage avec variogramme empirique

Sondages



estimation



erreur

Déduit de simulations hydrodynamiques sur simulations géostatistiques, le variogramme empirique reflète la variabilité des panaches



Application aux sols pollués

- ① M. Donati, C. de Fouquet. How to describe organic contamination in soils: A model comparison for chlorinated solvent concentrations at industrial site scale. [STOTEN 633](#) (2018).
- ① L. Pannecoucke, M. Le Coz, X. Freulon, C de Fouquet. Combining geostatistics and simulations of flow and transport to characterize contamination within the unsaturated zone, STOTEN 699(2020)

Conclusion



🎯 Diversification des méthodes
sans remettre en cause la validité des modèles éprouvés

🎯 Résultats du projet CONTRASOL

Le modèle d'écrêtage est « robuste » et améliore l'estimation de pollutions fortement contrastées

... malgré des imperfections à corriger

Le Krigeage disjonctif discret plus précis que le modèle d'écrêtage

🎯 Combinaison des modélisations hydrodynamique et géostatistique

Le Krigeage avec variogramme empirique est une méthode très générale mais le temps calcul est à améliorer





Remerciements :

ADEME & Envisol, projet Contrasol
M. Donati, X. Freulon

ANDRA & IRSN, projet Kri-Terres
L. Pannecoucke, M. Le Coz, X. Freulon

chantal.de_fouquet@mines-paristech.fr





Ce qu'il faut retenir

- Résultat / point clé : ces nouveaux modèles géostatistiques permettent de mieux représenter les situations complexes : contrastes de teneurs, influence du transfert.
- Piste de recherche prioritaire : poursuivre la recherche de modèles géostatistiques spécifiques et multivariés, ainsi que des approximations permettant d'en faciliter l'implémentation pratique.

Le modèle d'écrêtage



Contrasol (ADEME)

- Variogramme des concentrations écrêtée
- Caractériser le lieu des fortes concentrations
- Corriger la concentration écrêtée

