

JOURNÉE TECHNIQUE SUR LA GÉOSTATISTIQUE APPLIQUÉE AUX SITES POLLUÉS



Retours d'expériences et perspectives

Mercredi 23 janvier 2019 • Paris

Avec le soutien de **GeoSiPol**

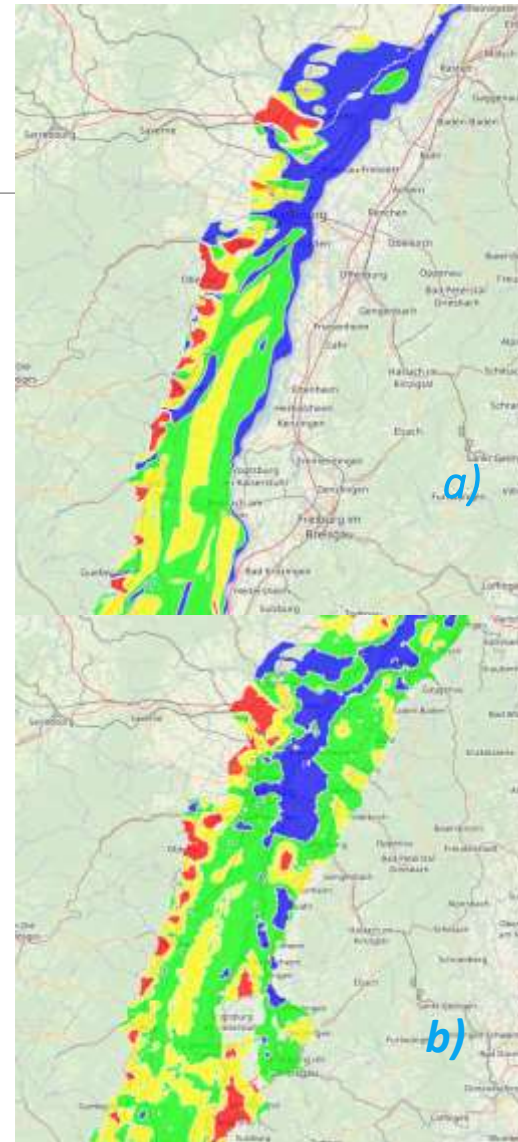
La géostatistiques comme outil de cartographie des eaux souterraines?

Stephane BELBEZE

BRGM

Introduction

- Etude réalisée par le BRGM pour le compte de la DREAL (SEBP) et de la Région GRE au titre de l'appui aux administrations (RP-67995-FR) : **Expertise technique concernant la représentation surfacique des concentrations en nitrates du projet ERMES 2016.**
- La partie allemande a utilisé **une méthode géostatistique dénommée SIMIK+** mise au point en 2003 pour l'atlas hydrogéologique régional.
- La partie française (APRONA) a utilisé **une méthode à dire d'experts.**
- **Ces deux cartes se superposent en partie seulement.**
- Il s'agissait donc d'en étudier :
 - les méthodes et leur implémentation puis,
 - de réaliser une étude comparative.
 - De proposer les voies d'amélioration

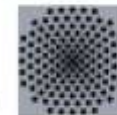
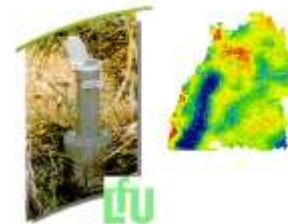
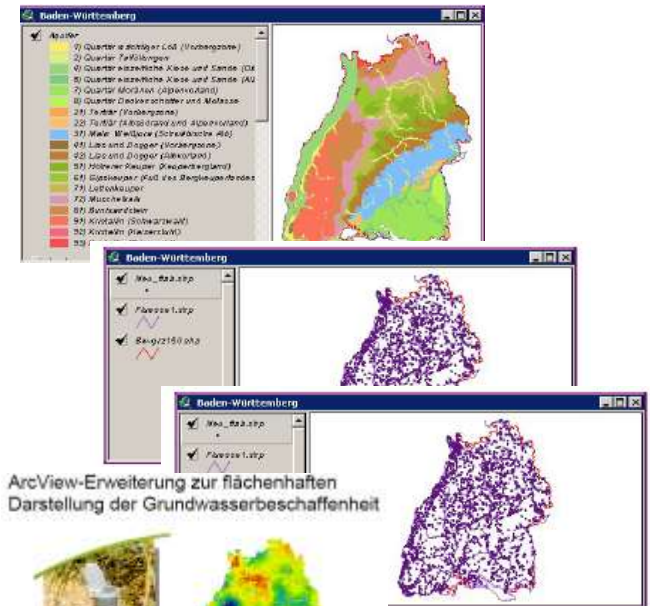


a)APRONA
ERMES
ALSACE.

b)SIMIK+
ERMES RHIN

La méthode SIMIK+

- La méthode SIMIK+ est une méthode simplifiée de krigeage à « update bayésienne ». Créée en 1998 par Bardossy A., Haberlandt U. et Grimm-Strele J et passée en 2003 sous ARGIS par Sonnentag O.
- La méthode SIMIK+ combine trois techniques : le co-krigeage simple avec des indicateurs agglomérés issus des données auxiliaires (Simple Updating Kriging), le krigeage d'indicatrice qui prend en compte la concentration (et son histogramme complexe) que l'on veut estimer ainsi qu'une update bayésienne de l'ensemble (Bardossy A., Giese H., Grimm-Strele J., Barufke K.P.-2003).
- Elle a été conçue pour interpoler rapidement sous ARGIS les paramètres environnementaux de la nappe souterraine à une échelle régionale.



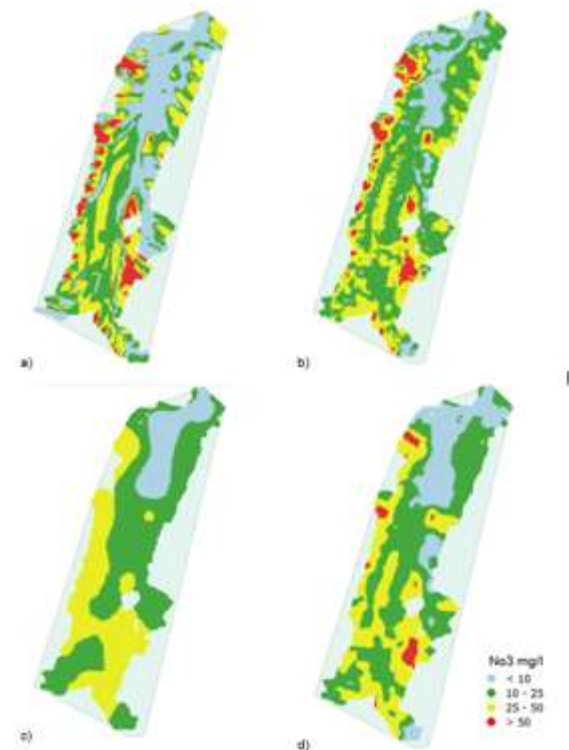
La méthode COK-TRANS-GAUS

● Tests d'autres approches géostatistiques

- Confirme les travaux de Bardossy en 1997 que la méthode SIMIK+ est supérieure au krigeage Ordinaire (très biaisé sur ce jeu de donnée) et comparable au Co-krigeage trans-gaussien à un pourcent près.
- La Méthode SIMIK+, par son krigeage d'indicatrice présente plus de piqué et moins de lissage que le Co-krigeage trans-gaussien

● Comment les comparer ?

- l'approche la plus sensée est de diviser le jeu de données entre un jeu d'exercice et un jeu de contrôle pour lesquels la qualité des points interpolés à partir du jeu d'exercice sera vérifiée. L'affectation retenue est souvent 70% pour l'essai et 30 % pour la validation.
- Pour ce projet, les jeux de données ont été utilisés à 100% par expert et SIMIK+ sans qu'un jeu de validation ne soit prévu. On ne pourra donc réaliser que des comparaisons relatives.

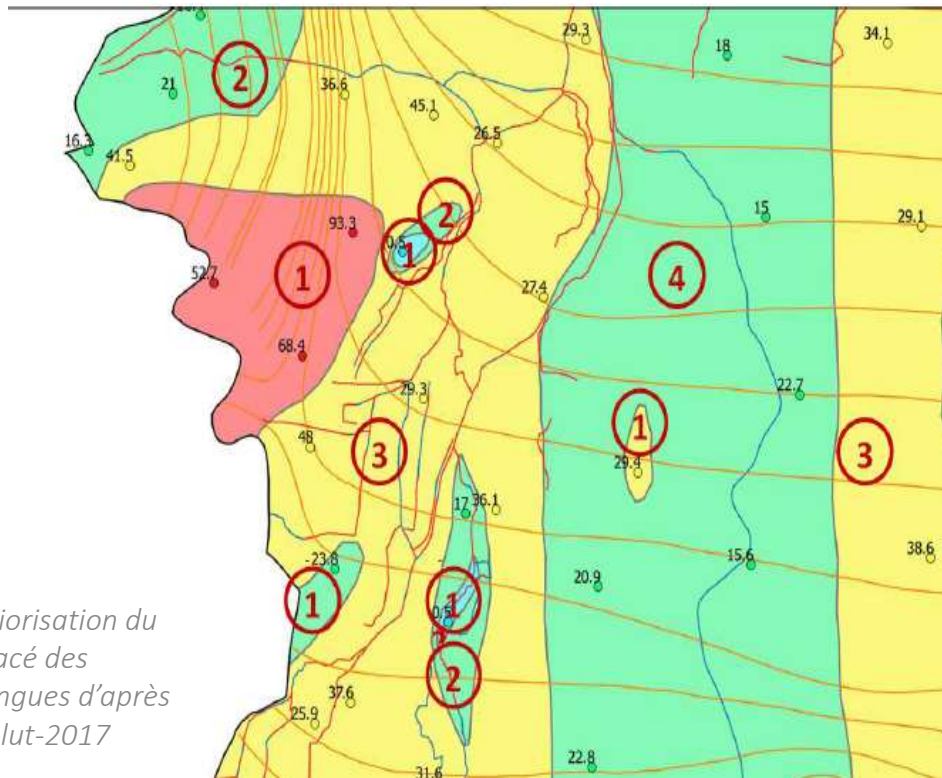


a)APRONA, b)SIMIK+, c)Krigeage Ordinaire, d)Co-krigeage trans gaussien

Cartographies des teneurs en nitrates

La méthode a dire d'expert

Elle consiste à rassembler sur une même couche SIG, toutes les sources d'information nécessaires au traçage, De définir les priorités et tracer les panaches langues par langues



Priorisation du tracé des langues d'après Lalut-2017

- Les trajectoires tracées sont toujours perpendiculaires aux piézométries :
- Si, il n'y a pas de changement de lithologie, l'interpolation des concentrations est linéaire, en procédant de l'amont à l'aval et de la concentration la plus forte vers la plus faible.
- S'il y a changement de lithologie, l'angle du profil d'iso ligne devra marquer le saut
- Si, il y a une bordure (plan ou flux imposé), on part de celle-ci
- Dans le cas de points très proches différents, on applique la valeur voisine (plus proches voisins) sinon la plus forte valeur. Si la concentration est proche d'un seuil : elle bascule si la valeur voisine (plus proches voisins) est au seuil. Pour les valeurs aberrantes, l'expert interroge la qualité des analyses pour éventuellement exclure le point ou attribuer le plus proche voisin

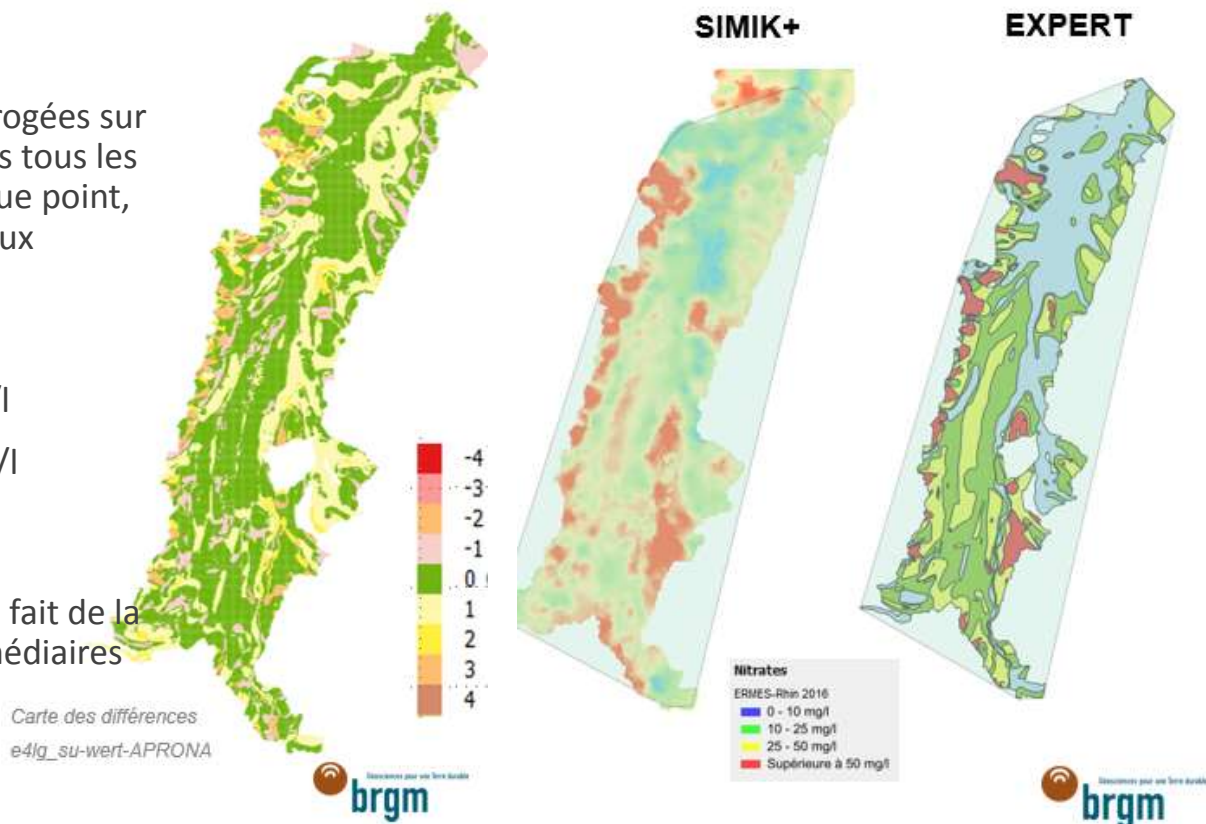
Avis sur les méthodes

NOM	SIMIK+	APRONA
Méthode	Krigeage d'indicatrice à update bayésienne	Méthode à dire d'expert
Performance	Rapide semi-automatique Reproductible	Lente manuelle Non reproductible
Données d'entrée	Géologie et lithologie dont le type d'aquifères Occupation des sols Concentrations en polluants	Piézométrie moyenne eaux affinée localement Echanges Eau superficielles/Eau souterraines Géologie et lithologie (BD lisa) Occupation des sols actuelle et passées. Qualité des analyses Concentrations en polluants
Fenêtre de calcul	Travail sur voisinage glissant de 25 points	Voisinage glissant de 8 points en moyenne
Algorithme	Traçage des iso-concentration par Krigeage (SUK). Cette technique ne prends pas en compte les variations d'anisotropie locale	Les panaches ou langue d'iso-concentration sont tracés à la main perpendiculairement à la piézométrie et en partant d'une bordure à flux nul ou imposé.
Hétérogénéité	Cette technique ne prends pas en compte les variations d'anisotropie locale	Prise en compte des caractéristiques locales
Incertitude	Variance d'interpolation calculée numériquement	Pas de calcul d'incertitude
Cas de points très proches différents	Utilise un variogramme à pépite pour tenir compte de ce phénomène.	Cas de points très proches différents, on applique la valeur voisinage (plus proches voisins) sinon la plus forte.
Concentration proche d'un seuil	Pas de modifications. Honore les données.	Concentration proche d'un seuil : elle bascule au seuil si la valeur voisinage (plus proches voisins) est au seuil.
Valeurs aberrantes	Un algorithme sophistiqué retire les valeurs aberrantes	doivent être exclues par opération humaine

Comparaisons 1

Sur échantillon points à points

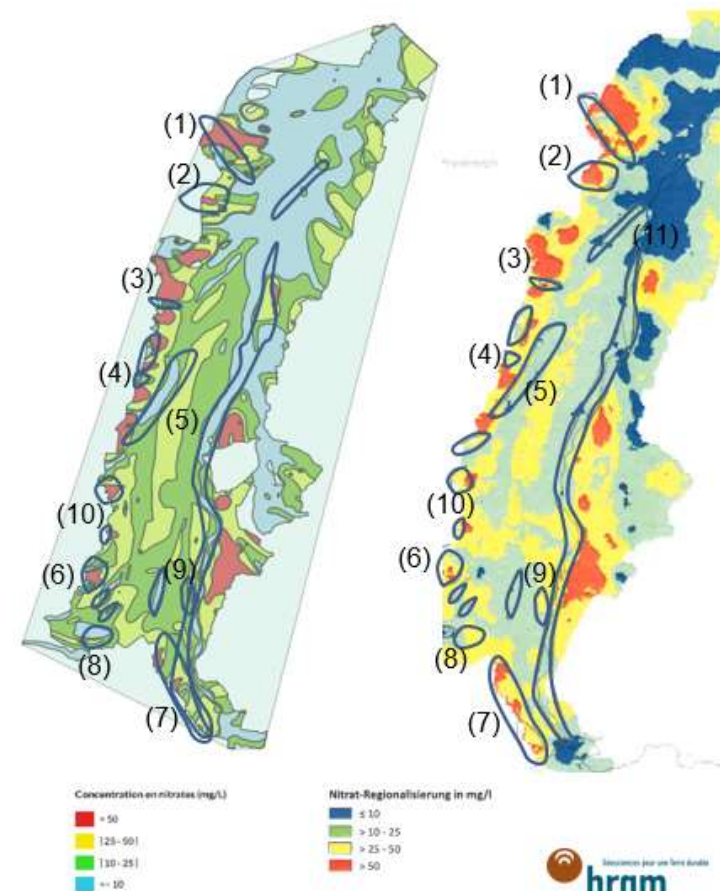
- Les deux cartographies ont été interrogées sur un même maillage de points disposés tous les 250 m (env. 70 500 points). Sur chaque point, les classifications données par les deux méthodes sont notées :
 - Code 1 si $[\text{NO}_3] < 10 \text{ mg/l}$
 - Code 2 si $10 \leq [\text{NO}_3] < 25 \text{ mg/l}$
 - Code 3 si $25 \leq [\text{NO}_3] < 50 \text{ mg/l}$
 - Code 5 si $\text{NO}_3 > 50 \text{ mg/l}$
- Note : il n'y pas de classification 4 du fait de la fusion par l'expert des classes intermédiaires entre 25 et 50 mg/l.



Comparaisons 2

Des détails importants à retrouver sur les cartographies

- Le captage de Mommenheim (n'ont pas utilisé toutes les données transmises par l'APRONA) (1); Surestimation de la pollution à l'ouest de Griesheim sur Souffel (2); Le cas particulier de l'AEP de Goxwiller (3)
- Le cône de déjection du Giessen n'est pas visible (4); La langue bleu le long de l'Ill à l'aval de sa confluence avec la Fecht (40km²) – (5). ; La zone rouge à l'est de Guebwiller est quasi inexistante (6) ; Surestimation des interactions avec le Sundgau dans le fossé de Sierentz (7);
- Bonne qualité dans le sud du bassin potassique et la nappe d'accompagnement de la Doller (8); Pollution historique de Chalampé inexistante (9); Le décollement de certaines tâches rouges du piémont (10); Les zones de dilution des cours d'eau (canal du Rhône au Rhin notamment mais pas seulement) –(11);
- L'infiltration du Rhin n'est pas prise en compte ;



Comparaisons 3

Non prise en compte des contraintes hydrogéologiques

- Au final **les deux cartographies s'accordent à 62% près** et diffèrent sur 38% des mailles de comparaison.
- Sur l'ensemble des différences, **SIMIK+ est plus conservateur que la méthode expert** et a tendance à surclasser les taux de nitrates.
- **Les différences se situent essentiellement au niveau des bordures de carte, à proximité des fleuves, canaux et lors de passages latéraux de facies géologiques.**
 - le sens d'écoulement, rapide en nappe, faible dans le Pliocène ;
 - l'impact de la géologie (fracture, lentilles d'argile, frontière Nappe d'Alsace et Pliocène...);
 - l'effet de dilution et de concentration liée au substratum de la nappe.

Conclusion

La cartographie géostatistique doit être améliorée

Les méthodes diffèrent sur deux points principaux :

- L'expert prend en compte plus de données auxiliaires que la méthode SIMIK+ et en particulier les conditions locales d'écoulement. Son travail est coûteux en temps (mois).
- SIMIK+ automatise le processus et le rend donc reproductible mais ne prend pas en compte les conditions locales d'écoulement. SIMIK+ est rapide (jour) et donne accès à un calcul d'incertitude.

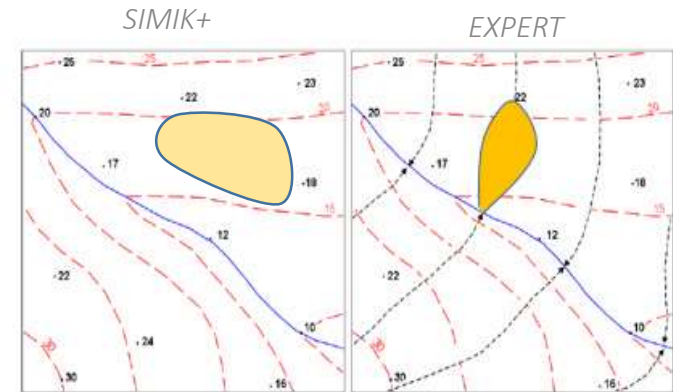
Il est donc très délicat d'opposer deux méthodes aussi différentes et l'on retrouve un débat homme/machine..

Le BRGM propose ainsi de mettre au point une méthode hybride

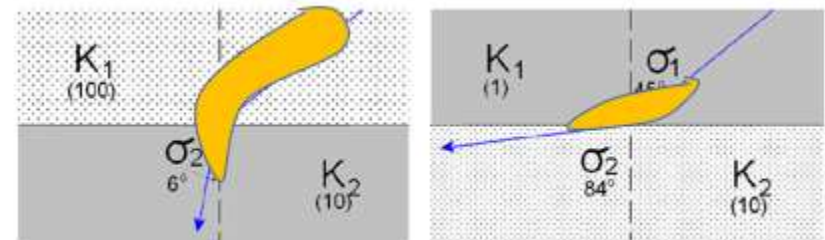
Perspectives

Une avancée algorithmique

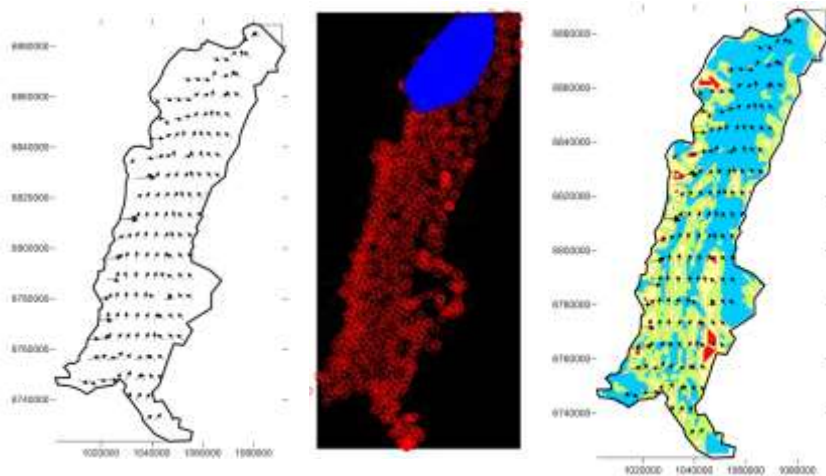
- Modéliser l'approche d'expert par une méthode de krigeage à fenêtre glissante avec prise en compte de dérivées partielles (gradients) et de conditions aux limites.
- Le BRGM s'appuie sur des modules originaux d'interpolation développés par P.Bourguin et J.P.Chiles
- Ce faisant, on créera une nouvelle version de SIMIK+ à sensibilité hydrogéologique.



Equipotentiels et écoulements souterrains donnent sa forme au panache



Les changements de géologie dévient les panaches



Premiers tests réalisés

Merci de votre
attention

Vos questions

