

Estimation du panache de contamination de la T22 à proximité de Tchernobyl - Comparaison de méthodes

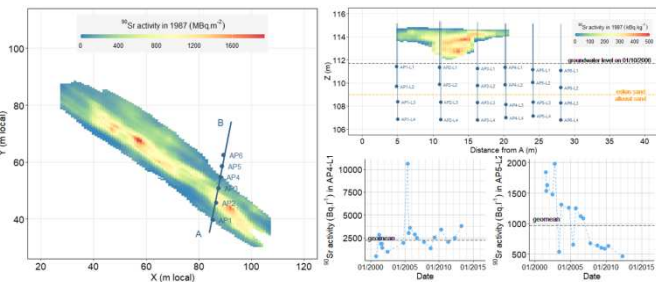
de Fouquet C.¹, Le Coz M.², Freulon X.¹, Pannecoucke L.^{1,2}

1. Mines Paris, PSL, Centre de géosciences, Fontainebleau
2. IRSN, PSE-ENV/SEDRE, Fontenay-aux-Roses



Contexte

A l'aval hydraulique d'une des tranchées (T22) d'enfouissement des matériaux contaminés à proximité de la centrale de Tchernobyl, le panache de contamination présente une activité fortement contrastée en ⁹⁰Sr.

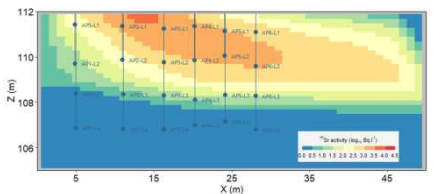


Site de la T22 : terme source en ⁹⁰Sr et implantation des piézomètres de suivi (vue horizontale avec activité cumulée et section verticale) et exemples de chroniques de mesures de l'activité en ⁹⁰Sr dans la nappe à l'aval de la tranchée

Méthode

Pour modéliser la non-stationnarité spatiale (ou spatio-temporelle) des activités, des séries de simulations d'écoulement et de transport sont d'abord effectuées, en randomisant les paramètres du calcul d'écoulement et de transport (perméabilité à saturation, conditions aux limites).

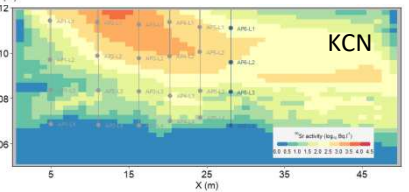
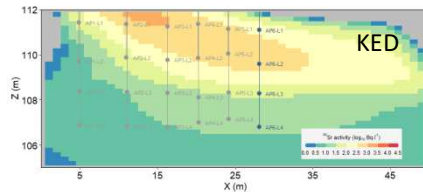
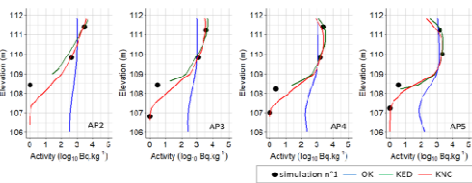
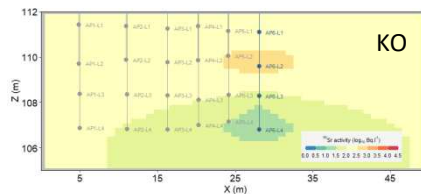
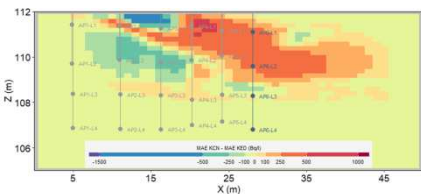
Moyenne de 400 simulations d'écoulement et de transport



Des modèles empiriques non stationnaires de variogramme (« variogramme numérique $\gamma(x,x')$ » ; cf. Pannecoucke et al., 2020) et d'anamorphose ($\phi(x)$), calculés sur les sorties de ces simulations, reflètent la variabilité spatiale et la distribution des activités. Ces variogrammes (des activités ou de leur transformée gaussienne) sont utilisés pour les estimations par krigeage ou par espérance conditionnelle en modèle gaussien anamorphosé.

Comparaison de modèle, par validation croisée sur une simulation de référence, puis sur des données aux puits

Le krigeage usuel étale le panache de contamination et fournit des estimations peu réalistes. Le Krigeage avec Covariance Numérique donne de meilleurs résultats pour les trois niveaux profonds, tandis que le krigeage avec dérive externe conduit à de meilleurs résultats pour le niveau proche de la surface, là où les activités sont les plus élevées.



Validation croisée sur une simulation de référence : différence des valeurs absolues d'erreur par krigeage avec dérive externe et krigeage avec covariance numérique (en modèle gaussien anamorphosé) ; reconstitution des profils d'activité aux puits.

Estimations à partir de seulement quatre données au puits aval AP6 : krigeage usuel (KO), avec dérive externe (KED) et avec covariance numérique et anamorphose non stationnaire (KCN). Le KED et le KCN reproduisent la structure d'un panache, mais avec des valeurs négatives (en gris) pour le KED.

Conclusions

Selon les cas, l'estimation est plus précise par krigeage avec covariance (ou variogramme) numérique ou par krigeage avec dérive externe. Le calcul de l'anamorphose empirique non stationnaire permet de délimiter les zones de risque, à partir de la probabilité de dépassement d'un niveau d'activité donné.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet Kri-Terres, financé par l'ANDRA dans le cadre du « programme d'investissements d'avenir ».

Quelques références :

- Pannecoucke L. (2020) Combinaison de la géostatistique et des simulations à base physique – application à la caractérisation de panaches de contaminants. Thèse de doctorat. Mines ParisTech, PSL.
- Pannecoucke L., Le Coz M., Freulon X., de Fouquet C. (2020) Combining geostatistics and simulations of flow and transport to characterize contamination within the unsaturated zone. *Sci. Total Environ.* 699, 134216.
- Rivest M., Marcotte D., Pasquier P. (2008) Hydraulic head field estimation using kriging with an external drift: A way to consider conceptual model information. *J. Hydrol.* 361 (3–4), 349-361.
- Schwede R. L., Cirpka O. A. (2010). Interpolation of Steady-State Concentration Data by Inverse Modeling. *Groundwater* 48(4), 569-579.