

Kri-Terres

Combinaison du krigeage et de simulations
de transport réactif pour améliorer la gestion des terres contaminées

Projet accompagné par l'Andra dans le cadre du programme « Nucléaire de Demain » des Investissements d'avenir - Sélectionné lors de l'appel à projets Andra « Optimisation de la gestion des déchets radioactifs de démantèlement », organisé en coopération avec l'ANR.

Durée : 42 mois

Démarrage du projet :
10/2017

Montant total projet : 853 k€

**Dont aide du programme
Investissements d'Avenir** :
339 k€

Forme de l'aide : Subvention

Localisations :
Fontainebleau (77),
Fontenay-aux-Roses (92),
Orsay (91)

Coordinateur :
ARMINES, Mines-ParisTech

Partenaires :
• IRSN
• Géosciences Paris-Sud (GEOPS),
Université Paris-Sud

Contact : Chantal DE FOUQUET,
chantal.de_fouquet@mines-paris-tech.fr

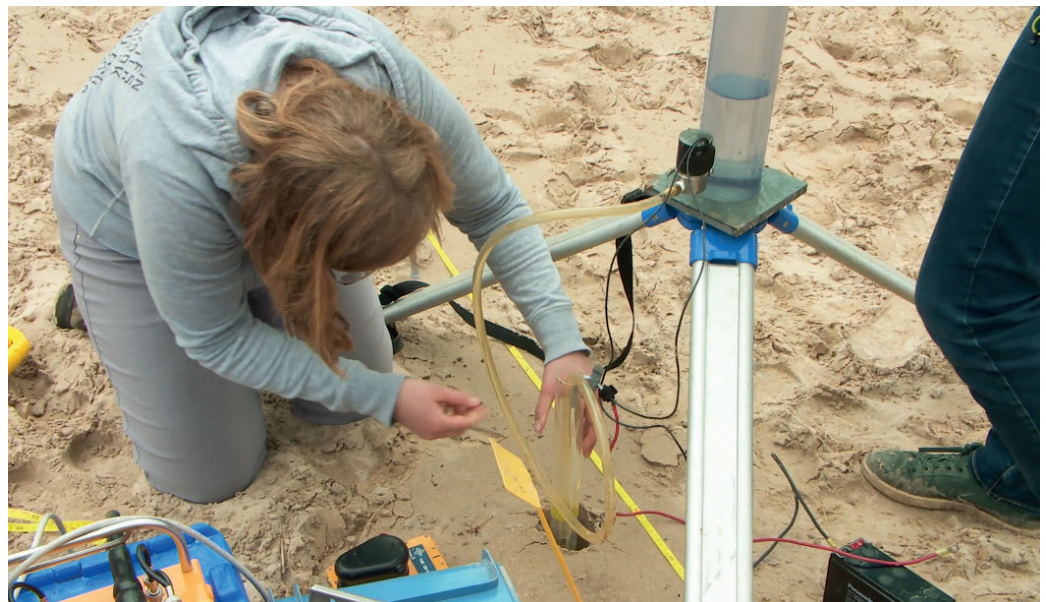
CONTEXTE

Les projets de démantèlement d'installations nucléaires et d'assainissement de sites pollués par la radioactivité imposent de caractériser au mieux le volume et l'activité des terres contaminées. Cette estimation est complexe car les sols situés sous les installations sont difficilement accessibles à l'échantillonnage avant la déconstruction des structures de génie civil.

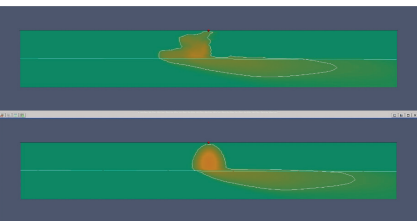
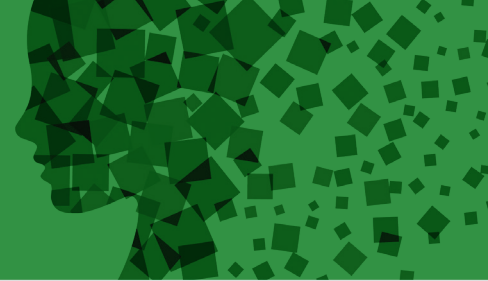
OBJECTIFS

Le projet Kri-Terres est un projet de recherche fondamentale dont l'objectif principal est d'améliorer l'évaluation de la radioactivité dans les sols, spatialement et temporellement,

en tenant compte d'informations *a priori* sur les principaux processus physiques régissant l'infiltration des radionucléides dans les sols situés sous les installations nucléaires pour lesquelles des analyses d'historique et de fonctionnement des sites sont disponibles. Pour cela, des reconnaissances géophysiques à bas coût compléteront les bases de données sur les propriétés des sols. Une attention particulière est en effet portée à la définition de stratégies d'échantillonnage afin d'en améliorer le rapport coût/efficacité pour la recherche de radionucléides difficilement détectables et mobiles (^{90}Sr , ^3H) à partir des mesures d'émetteurs gamma, plus faciles à détecter et moins mobiles (^{137}Cs , ^{60}Co , etc.).



► Figure 1 : Mesures d'infiltrométrie réalisées près de Nemours afin de déterminer les propriétés d'écoulement du sol (perméabilité en particulier).



► Figure 2 : Modélisation numérique du développement d'un panache de contamination à partir d'une source ponctuelle dans le cas d'un milieu dont les propriétés varient spatialement (en haut, contours irréguliers) ou sont uniformes (en bas, contours réguliers).

DÉROULEMENT

Le projet Kri-Terres associe ARMINES, Géosciences Paris-Sud (GEOPS) et l'IRSN et comporte trois phases en interaction :

- des campagnes de mesures sur site des propriétés d'écoulement des sols (formations superficielles), couplant approche GPR et approches classiques, sont effectuées dans des contextes alluviaux analogues à ceux sur lesquels les installations nucléaires de production d'électricité sont majoritairement implantées (Figure 3a) ;
- des champs de propriétés d'écoulement (propriétés hydrodynamiques) dont la variabilité spatiale est cohérente avec les résultats des campagnes de mesure sont intégrés en entrée d'un modèle hydrogéologique à base physique de complexité croissante au cours du projet (2D puis 3D), construit en référence à des incidents déclarés sur des installations nucléaires (Figure 3b) ;
- les propriétés des panaches de contamination ainsi simulés sont analysées (sensibilité aux propriétés hydrodynamiques mises en entrée, notamment) et combinées à la modélisation géostatistique pour estimer par krigeage le niveau de contamination à partir des mesures disponibles (Figure 3c).

Cette nouvelle approche est développée sur des sites correspondant à des contextes géologiques variés, et des remblais, analogues à ceux que l'on peut trouver sous les installations nucléaires. Les résultats alimentent une base de données publique ;

- mettre en place une méthodologie pour réduire l'ampleur, et donc le coût, des campagnes de reconnaissances par sondages des sols contaminés.

Impact pour la gestion des déchets radioactifs

Le projet Kri-Terres doit permettre d'élaborer une stratégie de caractérisation des sols contaminés afin non seulement de mieux anticiper les opérations d'assainissement mais également d'en réduire le coût : meilleure estimation des volumes de terre à traiter, réduction des incertitudes associées, optimisation des campagnes d'échantillonnage.

Application et valorisation

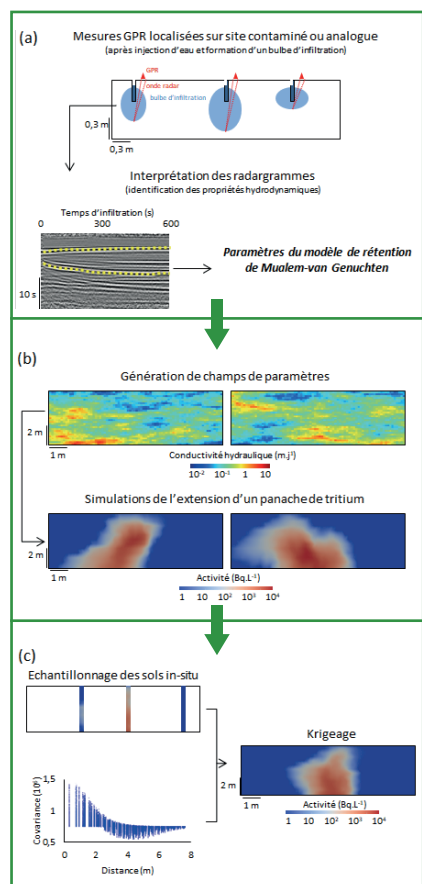
La méthodologie Kri-Terres devrait fournir des éléments quantitatifs afin d'évaluer, avec un bon niveau de confiance, l'extension maximale de migration des radionucléides dans les sols, en particulier pour ceux difficilement détectables. Cette méthode est transposable à d'autres contextes : contaminants radiologiques ou chimiques, pollution des sols et des nappes, voire applications en qualité de l'air.

RÉSULTATS ATTENDUS

Innovation

L'innovation du projet Kri-Terres est triple :

- développer une approche innovante, combinant la modélisation hydrogéologique et la géostatistique, permettant d'estimer, dès la planification du démantèlement d'une installation nucléaire ou d'une opération d'assainissement d'une zone industrielle, l'étendue et le niveau de la contamination radiologique dans les sols ayant pu être contaminés, notamment par des rejets liquides radioactifs ;
- acquérir, via des mesures de radar de sol couplées à des tests d'infiltrométrie classiques, des données hydrogéophysiques pour mieux caractériser les propriétés hydrodynamiques des sols.



► Figure 3 : Déroulement du projet Kri-Terres avec l'exemple d'une contamination en tritium : caractérisation hydro-géophysique des sols (a) ; modélisation hydrogéologique à base physique des écoulements et du transport à partir d'une source ponctuelle de tritium (b) ; et modélisation géostatistique pour la spatialisation par krigeage de concentrations en tritium mesurées sur un site contaminé (c).