

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Modélisation Monte Carlo du débit d'équivalent de dose ambiant au niveau de la station Epic

Calculs fastidieux et résultats inattendus !

Sophie VECCHIOLA

IRSN/PSE-ENV/SEREN/BERAP



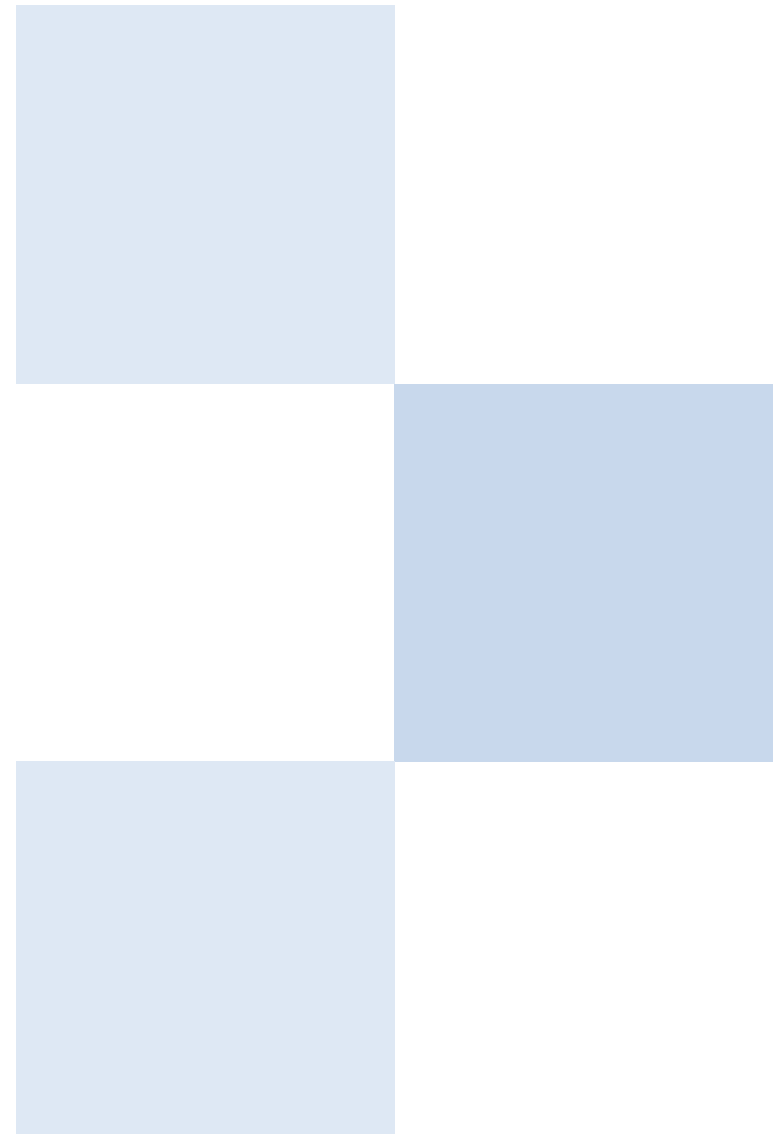
Éléments de contexte

- Ce travail s'inscrit dans le cadre de travaux de recherche réalisés par C. Courbet au LELI (IRSN/ PSE-ENV) sur la mobilité des radionucléides en situation post-accidentelle.
- Analyser des mesures réalisées par spectrométrie gamma au regard d'une tranchée d'enfouissement de déchets pour évaluer si le ^{137}Cs enfoui était toujours le principal contributeur à l'exposition externe (migration du Cs dans les végétaux)



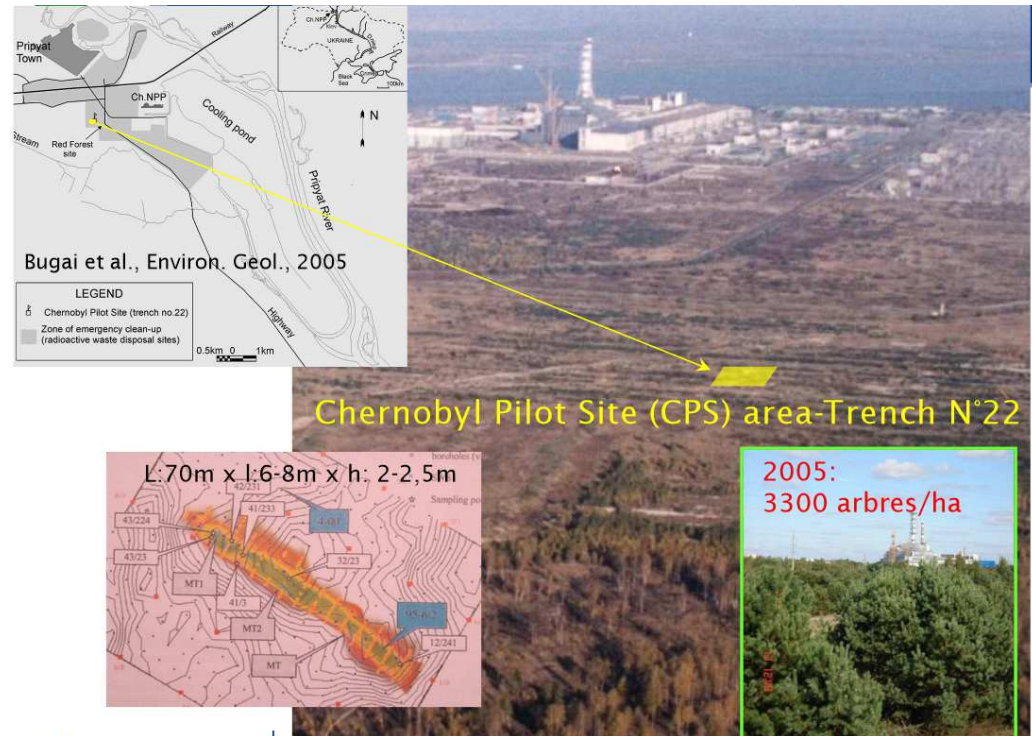
Plan

1. Station EPIC?
2. Brève présentation de RayXpert
3. Modélisation
4. Résultats obtenus et leur analyse



1. Station EPIC

- Site d'enfouissement de déchets organiques contaminés (sol, bois brûlé...) dans la « Red Forest » au sein de la zone d'exclusion de Tchernobyl
- Tranchée T22 - Station Epic est l'objet d'un projet commun entre l'IRSN et l'institut Ukrainien : la tranchée a été instrumentalisée pour suivre l'évolution de la migration du ^{137}Cs et le ^{90}Sr dans les différentes couches de sol (l = 90 m * L = 10 m * h = 3 m)



1. Station EPIC

- Mesures de $H^*(10)$ réalisées en 1999 avec un maillage de 5 m * 5 m à 1 m de la surface du sol à l'aide d'un détecteur NaI
- Mesures de $H^*(10)$ réalisées à 30 cm et 1 m en 2015 avec un radiamètre ZnS posé sur une « poussette » évoluant à une vitesse entre 2 et 4 km/h (une mesure toutes les 2 s)
- Les rayonnements γ mesurés à 1 m de la surface du sol en 2015 ne sont pas corrélés à ceux mesurés en 1999.
 - Redistribution du ^{137}Cs dans le sol (transfert racinaire important) ?
 - Artefact de mesure en 2015 dû à la présence de l'opérateur autour des systèmes de mesure (en 1999 les systèmes de mesure étaient fixés sur des tripodes) ?
- ➔ **Calculs théoriques réalisés avec RayXpert à partir du terme source estimé pour 1999 à l'aide d'un jeu de données issu de simulations géostatistiques conditionnées par des mesures de spectrométrie gamma**

2. Brève présentation de RayXpert

- | RayXpert V 1.5.1.0 : code Monte Carlo basé sur la physique de Géant 4 dans sa V10.0
- | Domaine de validité pour les gammas : 1 keV à 100 MeV
- | Données utilisées pour ce cas de calcul :
 - Données nucléaires issues de la base JEFF 3.1/3.1.1
 - Coefficient flux/dose : CIPR 74
- | Composition des matériaux : PNNL révision 1 (Compendium of Material Composition Data for Radiation Transport Modeling)

3. Modélisation

■ Descriptif de la source

- 40 308 parallélépipèdes rectangles de 1 m de longueur, 0.5 m de large et 0.1 m de haut
- Activités de chaque parallélépipède comprises entre 0,1 Bq/g et 1,5 KBq/g
- La source est composée de Quartz (SiO_2) de masse volumique apparente de 1.6 g.cm^{-3}



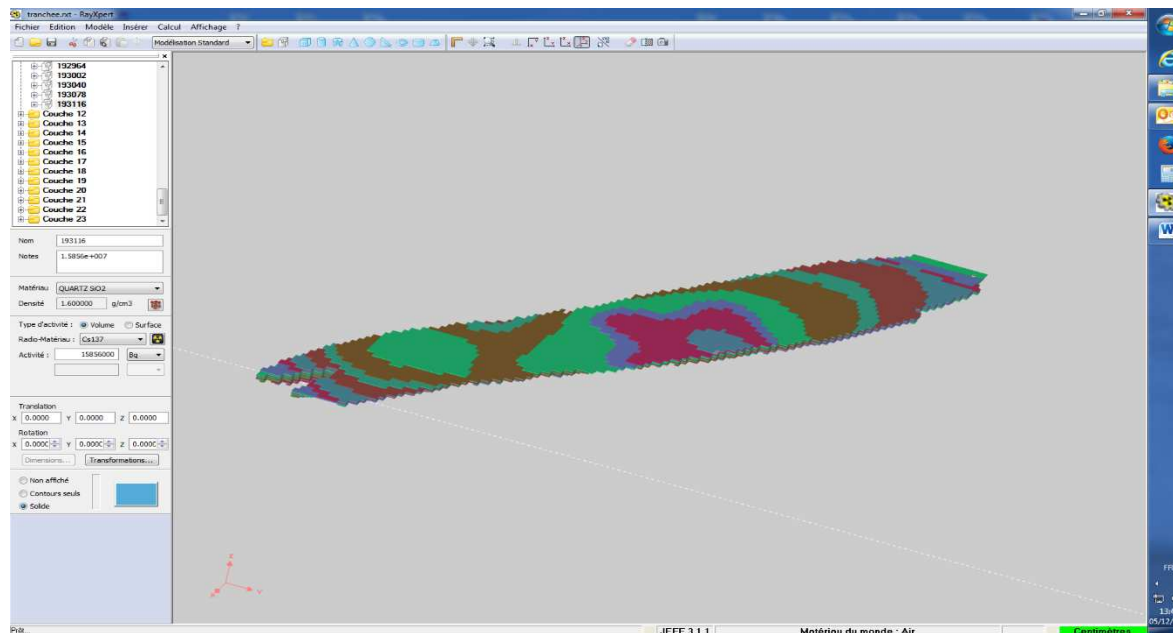
3. Modélisation

« Codage » de la source

Au moment où les calculs ont été réalisés, TRAD développait une routine permettant d'implémenter les sources à partir d'un fichier résultat issu des simulations géostatistiques.

Ce script a été utilisé pour coder la source.

=> déploiement sur les nouvelles versions de RayXpert

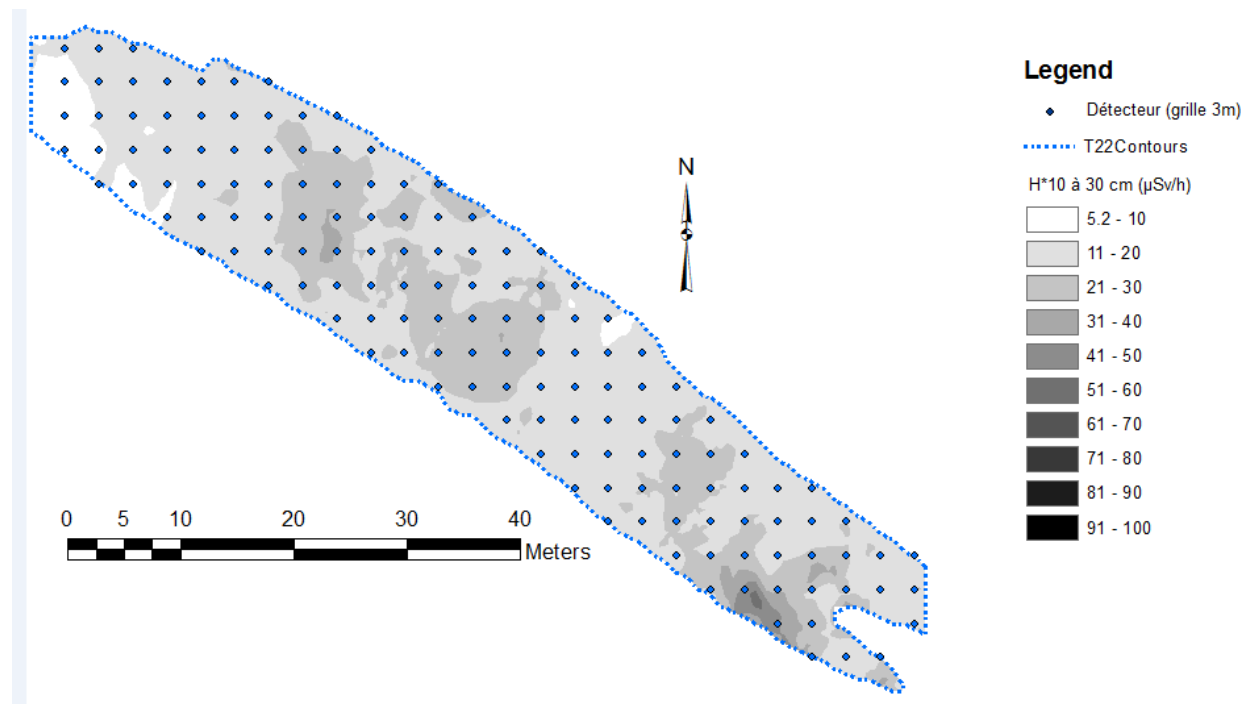


Chaque couche de couleur = une couche de TS

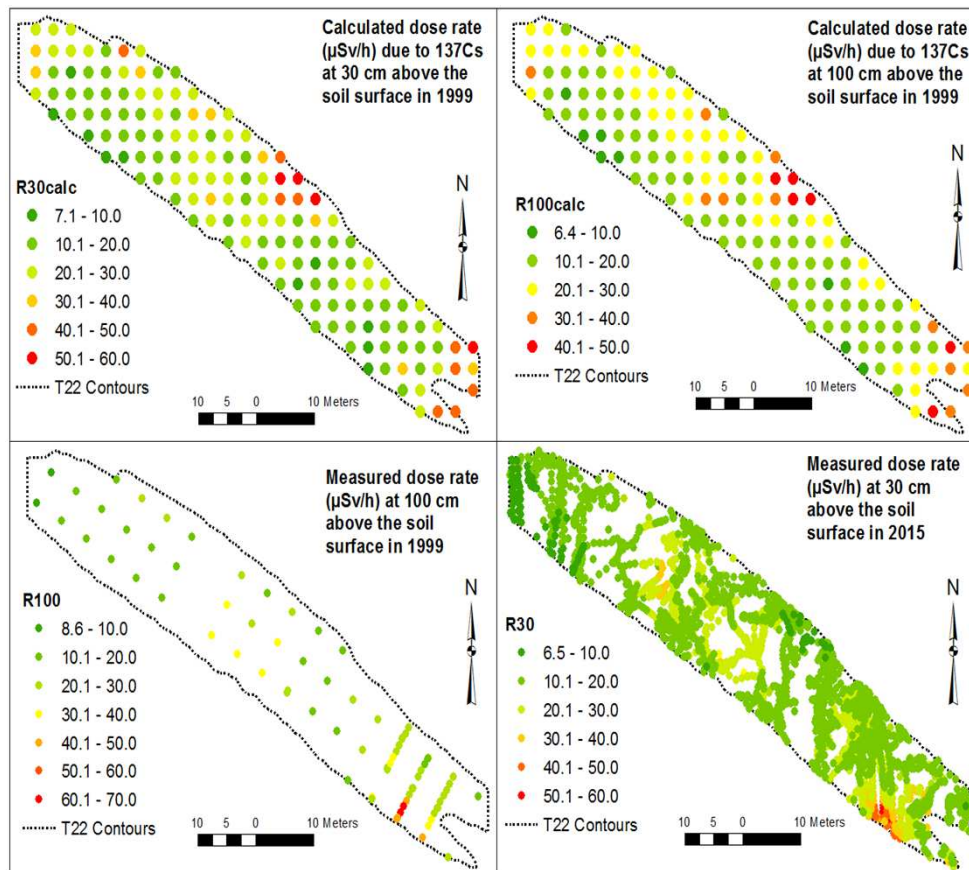
3. Modélisation

Maillage de détecteurs

- 148 détecteurs cylindriques composés d'air de dimensions 3.81 cm de rayon et 7.62 cm de hauteur (dimension du détecteur utilisé en 2015)
- Calculs réalisés à 30 cm et 1 m (le premier maillage est rentré à la main, le second est une translation du premier)



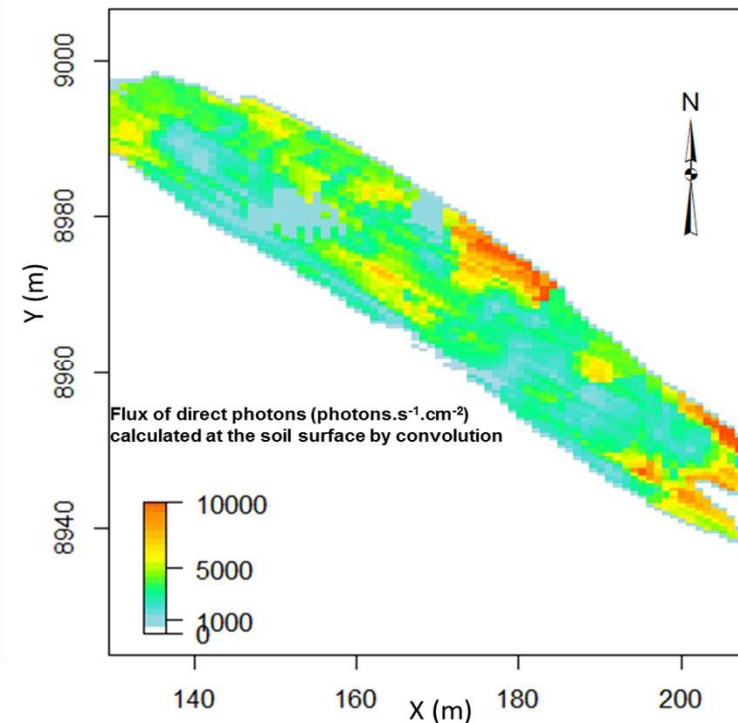
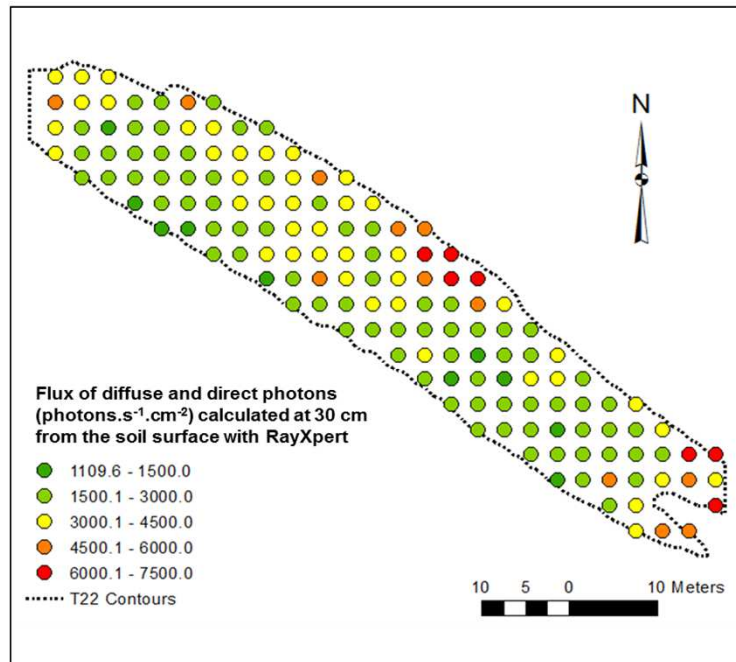
4. Résultats



■ Pas de correspondance entre les points chauds observés par la mesure et ceux calculés...

■ Les niveaux de doses calculés correspondent entre les mesures et les calculs

4. Résultats



TS obtenus par simple krigeage* du TS de 1999 corrigé vs TS obtenus par convolution du krigeage du TS de 1999 corrigé

* Le krigeage est, en [géostatistique](#), la méthode d'[estimation](#) linéaire garantissant le minimum de [variance](#). Le krigeage réalise l'[interpolation spatiale](#) d'une [variable régionalisée](#) par calcul de l'[espérance mathématique](#) d'une [variable aléatoire](#), utilisant l'interprétation et la modélisation du [variogramme](#) expérimental. C'est le meilleur estimateur linéaire non-biaisé ; il se fonde sur une méthode objective¹. Il tient compte non seulement de la distance entre les données et le point d'estimation, mais également des distances entre les données deux-à-deux. (Wikipédia)

4. Résultats

- | Prudence dans les comparaisons « modèle-mesure » : les détecteurs utilisés pour réaliser les mesures n'ont pas un rendement de détection de 100 % contrairement à ceux qui sont modélisés...
- | Bonne reproduction par le calcul des ordres de grandeur des $H^*(10)$ mesurés
- | L'importance d'avoir un TS précis pour pouvoir identifier précisément les points chauds (ici la précision du TS vient de la propagation des incertitudes via des simulations géostatiques)

➔ Publication à venir dans la revue « waste management »