

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Spectrométrie gamma *in situ* mobile pour la réalisation de mesures radiologiques dans l'environnement : système **MARCASSIN**

(Moyen Autoporteur pour la Réalisation de Cartographies de l'Activité Sur Sites coNtaminés)

Panza Fabien
IRSN/PRP-CRI/SIAR/GLM
Prestataire Ligeron



Sommaire

Contexte

Instrumentation

Métrologie

Back projection

Remaillage

Résultats

Conclusion & perspectives

Contexte

■ Besoin identifié par l'IRSN

Cartographier rapidement la radioactivité à l'aide de la spectrométrie des terrains de taille moyenne

■ Cadre d'emploi

- Expertise (étude environnementale, site pollué), situation de crise

■ Contraintes métrologiques

- Niveaux variables, distributions et radionucléides divers, déployable rapidement

■ Études précédentes

- Thèse IRSN (M. Lemercier) : compréhension d'un spectre gamma *in situ* sur trépied
- Thèse IRSN (F. Panza) : développement d'un prototype, spectrométrie (GeHP) mobile

Instrumentation



Spectromètre

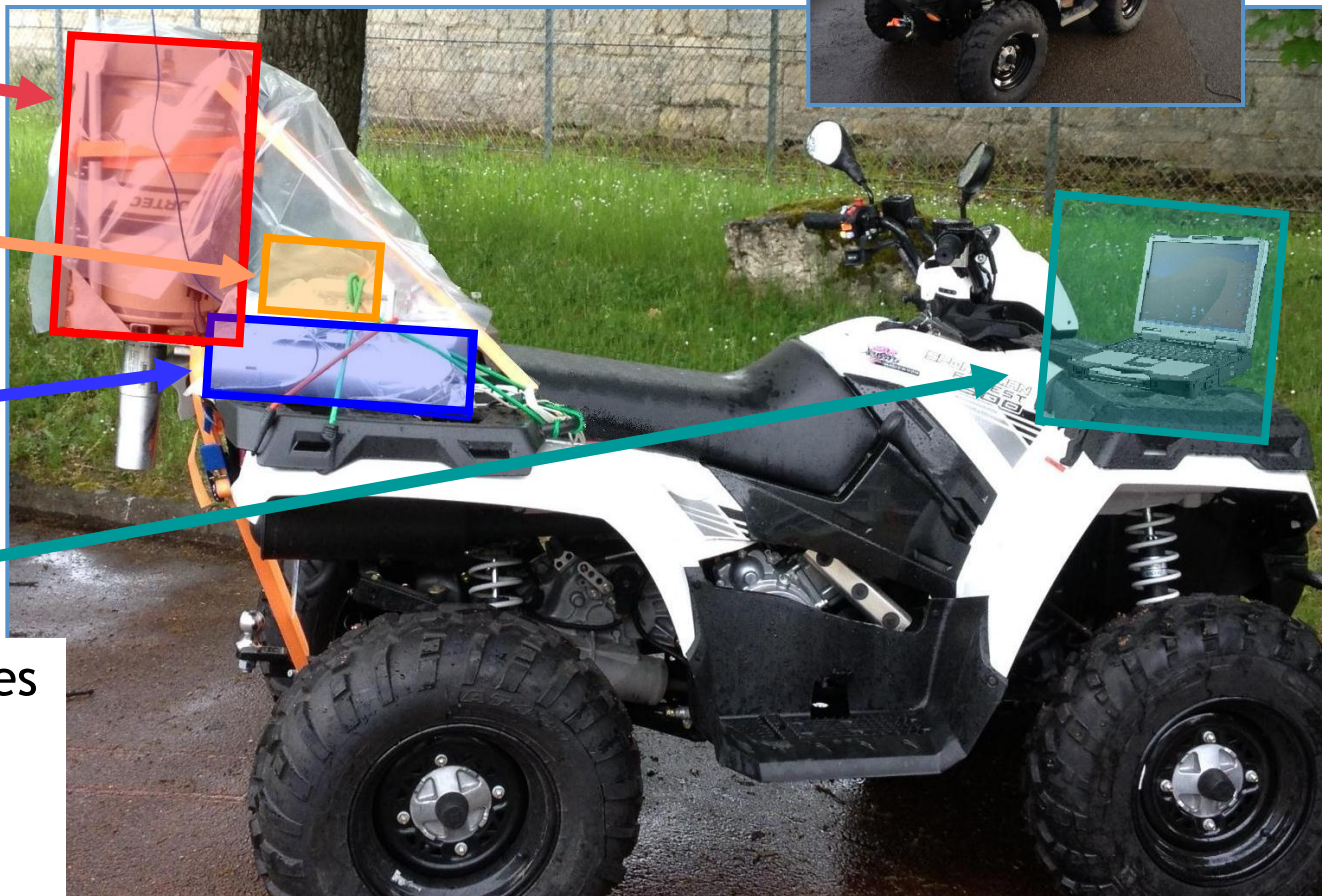
GPS

Radiamètre

Tablette

Données enregistrées

- Spectre
- Débit de dose
- Coordonnées GPS



Fonction de réponse

Étalonnage : ICRU53

Taux de comptage → Activité

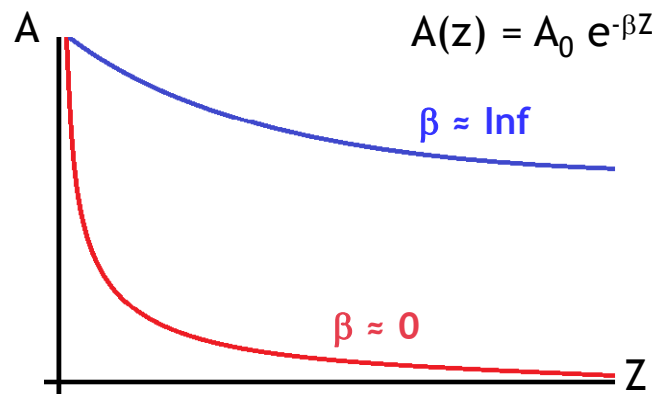
$$A = N \cdot F_{atté} \cdot \frac{1}{\frac{N_f}{N_0} \cdot \frac{N_0}{\Phi} \cdot \frac{\Phi}{A}}$$

atténuation du quad (5 à 20%)
 géométrie du cristal
 - eff relative
 - cristal
 - sol (ρ , humidité, type)
- distribution

Hypothèse

Distribution en profondeur des radionucléides dans le sol :

- homogène en profondeur (Bq.kg^{-1})
- surfacique (Bq.m^{-2})
- exponentielle en profondeur (Bq.m^{-2})
 - mesure (spectrométrie)
 - mesure par carottage
 - estimation (historique)



Fonction de réponse

■ Résultat : activité moyenne de l'échantillon de terre

champ de vision : surface au sol centrée autour du spectromètre d'où provient 90% des événements du pic d'absorption totale de la raie caractéristique du radionucléide étudié.

distribution	surfacique	homogène
champ de vision (m)	69	8
Profondeur (cm)	≈ 0	≈ 45
poids de terre (tonne)	≈ 0	≈ 160

Echantillon important
+
Temps de comptage court

■ Limite de détection

■ acquisition 2 s

■ efficacité 20 %

	¹³⁷ Cs		¹³⁴ Cs	¹³¹ I	⁴⁰ K	²¹⁴ Bi
	Bq/m ²	Bq/kg	Bq/m ²	Bq/m ²	Bq/kg	Bq/kg
dépôt récent	1800		1400	1600		
dépôt ancien (+1 an)	3400		2700	3200		
radioactivité « naturelle »		50			200	80

LD basse → lisse la variabilité de l'activité

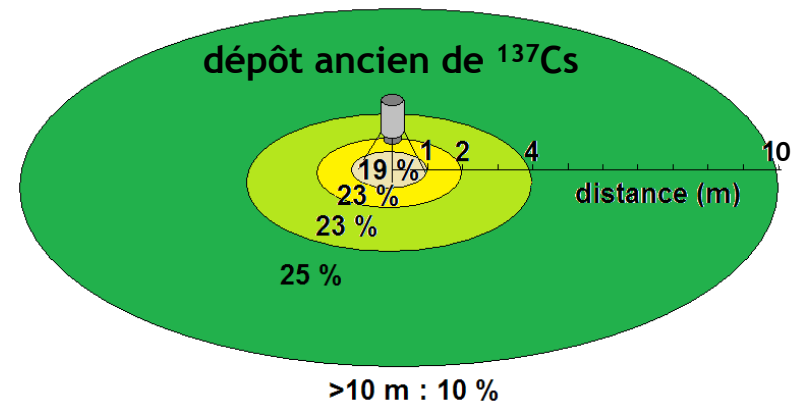
Back projection

■ Traitement en temps réel

Objectif :

- localiser le terme source
- orienter les mesures sur des zones de plus fort intérêt

Méthode : réponse angulaire des spectromètres

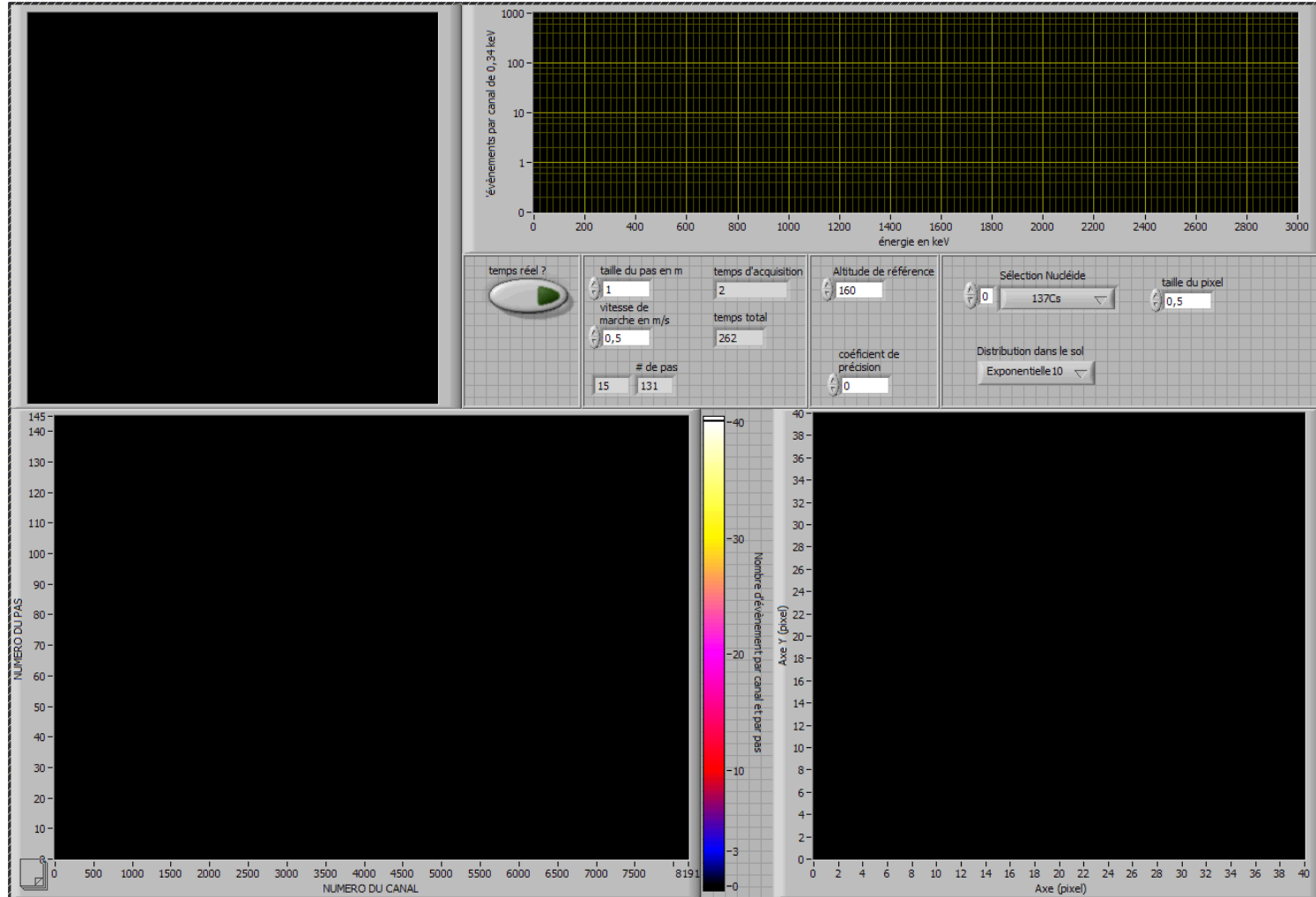


■ Associer les données de chaque mesure

la probabilité de provenance du rayonnement gamma

Vidéo traitant le cas d'une simulation

Back projection

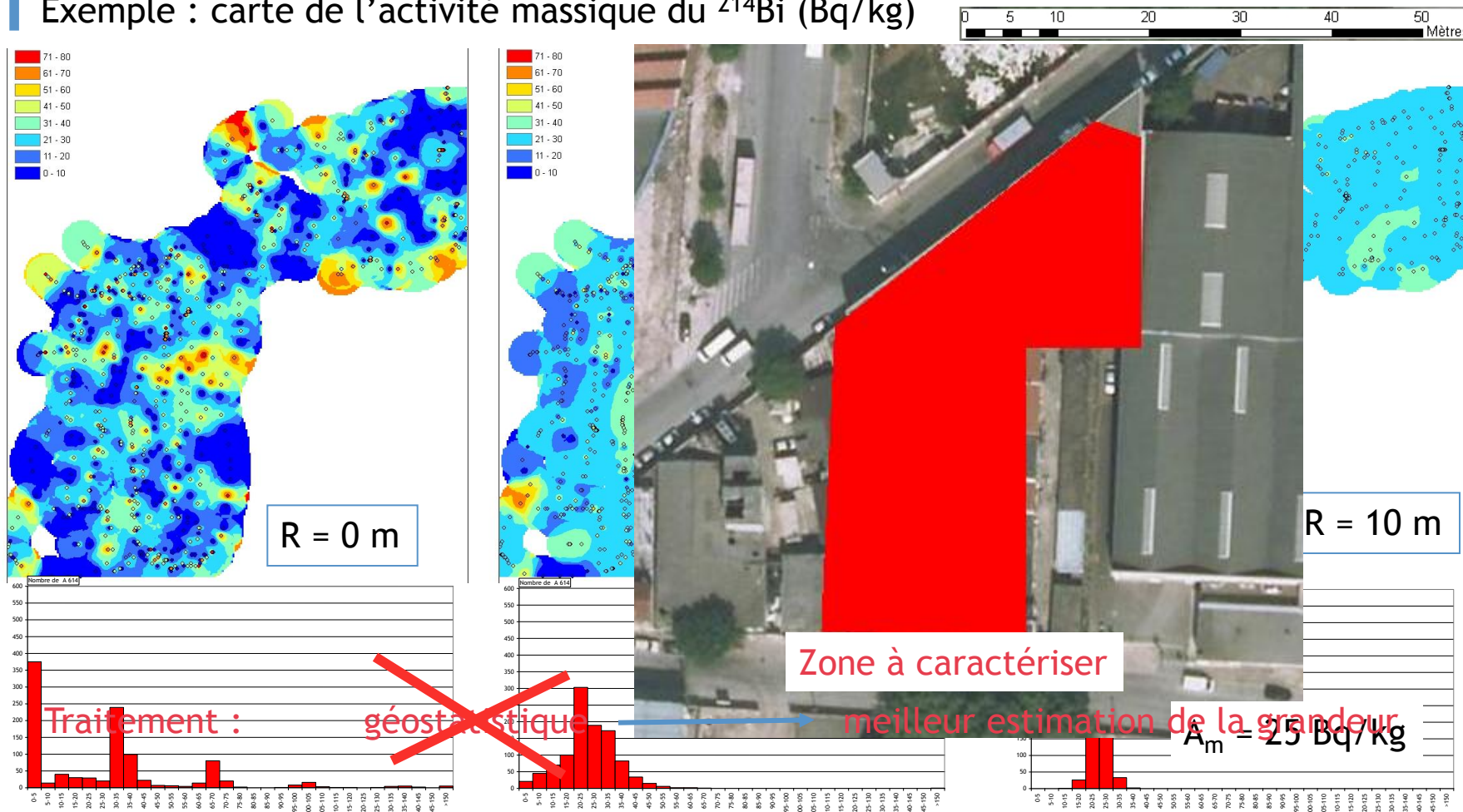


Indépendant de l'activité → n'améliore pas la sensibilité

Remaillage des données

Augmentation de la statistique \longrightarrow sommation à l'intérieur d'un rayon R

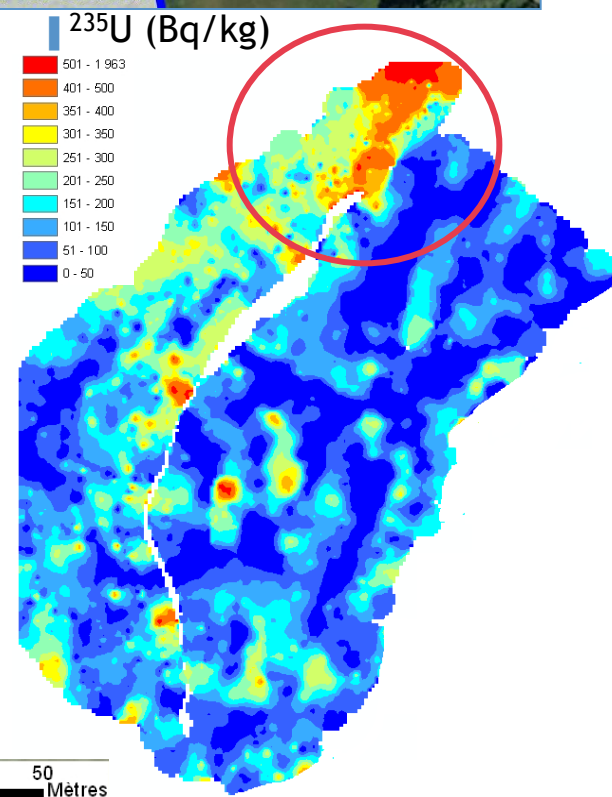
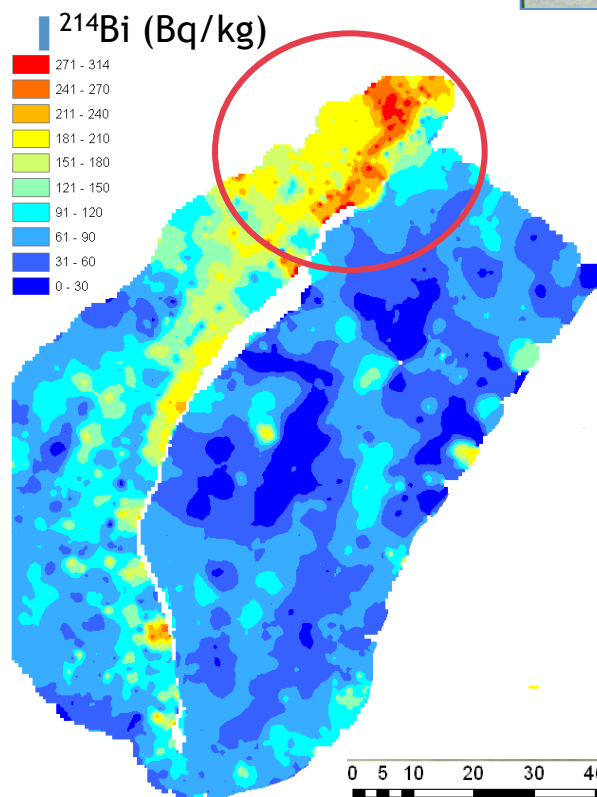
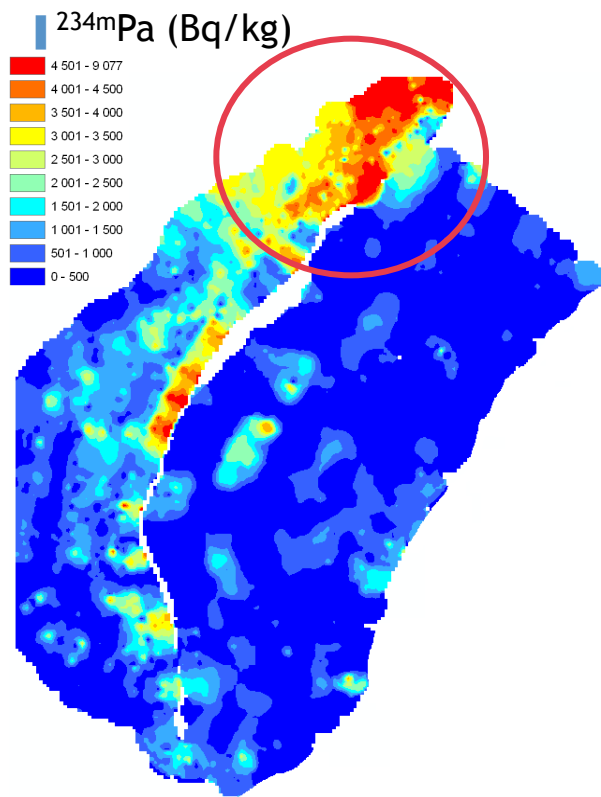
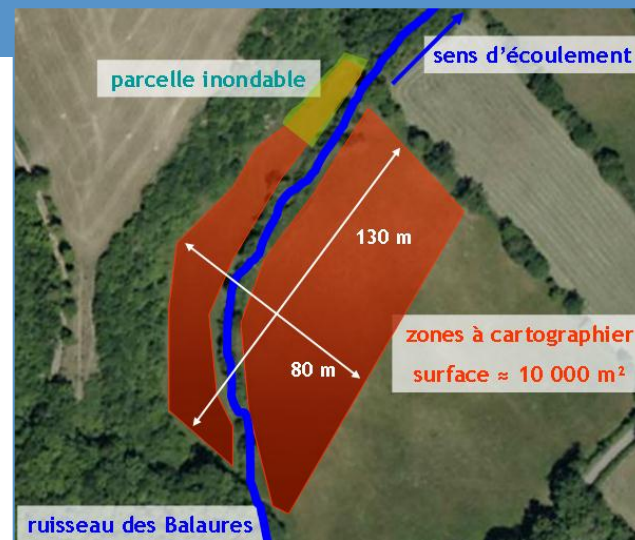
Exemple : carte de l'activité massique du ^{214}Bi (Bq/kg)



Résultats - site minier

Champ sous influence d'un cours d'eau
en aval d'une ancienne mine à ciel ouvert

Variabilité du terrain → remaillage 5 m



0 5 10 20 30 40 50 Mètres

Conclusion & perspectives

■ Système MARCASSIN

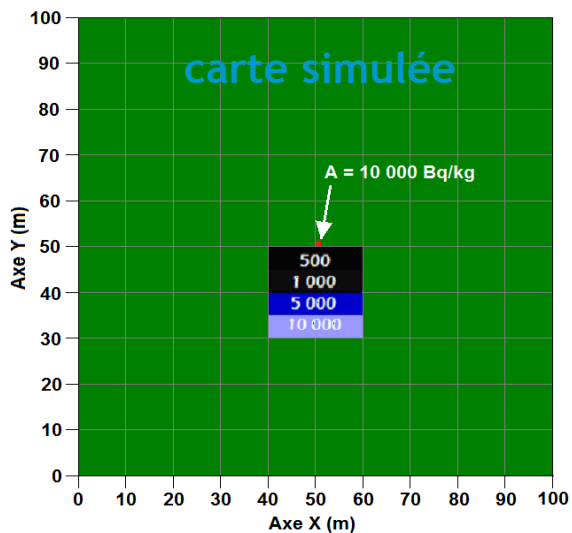
- cartographie en direct de l'activité du sol (GeHP mobile)
- activité mesurable : niveaux environnementaux aux situations accidentelles
- déploiement rapide, cartographie en temps réel et post-traitement (amélioration de la sensibilité)
- intégré aux moyens de mesure de l'IRSN, déjà déployé (expertise, exercices nationaux et internationaux : Ranet AIEA Japon)

■ Perspectives de développement

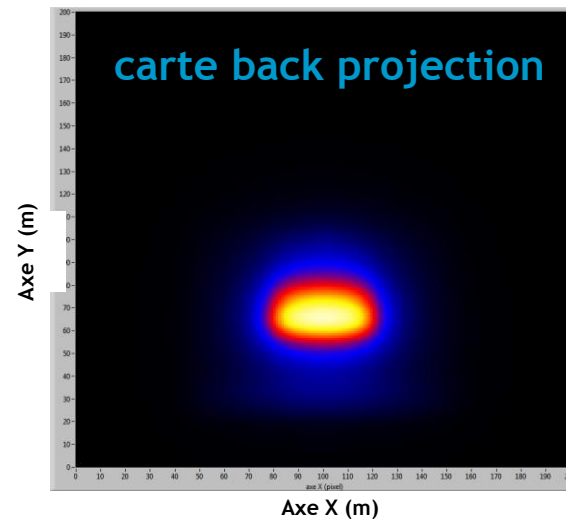
- cartographie sans couverture satellite
- Intégration et durcissement du système (décembre 2013)
- reconstruction du débit de dose par radionucléide

■ MERCI

Améliorations



back projection



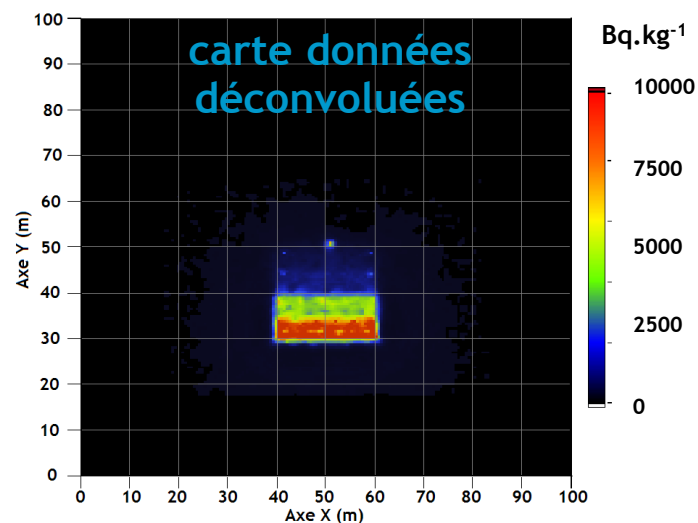
sources :

- ^{137}Cs
- homogène

détecteur :

- quadrillage régulier

déconvolution



Interface Homme-Machine

Logiciel de pilotage

données visualisées en temps réel



oriente l'opérateur

découpe en onglets thématiques.

Paramètres généraux Paramètres avancés 137Cs 40K

Spectromètre D7907 Radimètre AT1121

Commentaire Spec Commentaire Radimètre

Cs-137	Exponentielle $\beta = 2 \text{ gcm}^{-2}$
I-131	Exponentielle $\beta = 2 \text{ gcm}^{-2}$
Bi-214	Homogène $\beta = 9999 \text{ gcm}^{-2}$
K-40	Homogène $\beta = 9999 \text{ gcm}^{-2}$

Temps d'acquisition (s) 2 Taille d'un pixel (m) 1

Temps actif 0 Type de corrections SBAS (1 GPS)

Attenuation Quad calcul d'aire par ROI

START STOP PAUSE GPS Spectromètre Radimètre X juste 0 Y juste 0

Paramètres généraux Paramètres avancés 137Cs 40K 214Bi

H (nSv/h) 0 Dose intégrée (nSv) 0

Carte $H^*(10)$

Spectre instantané

Historique

START STOP PAUSE GPS Spectromètre Radimètre X juste 0 Y juste 0

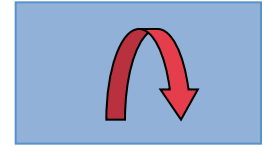
Paramètres généraux Paramètres avancés 137Cs 40K 214Bi

Back-projection

Carte de l'activité

START STOP PAUSE GPS Spectromètre Radimètre X juste 0 Y juste 0

Back-projection - Exemples



Site non remanié depuis dépôt de Tchernobyl (Suisse)

