

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Panorama des techniques de caractérisation radiologique des sols

Maxime MORIN
IRSN/PSE-ENV/SIRSE/LSE

6 février 2019

© IRSN

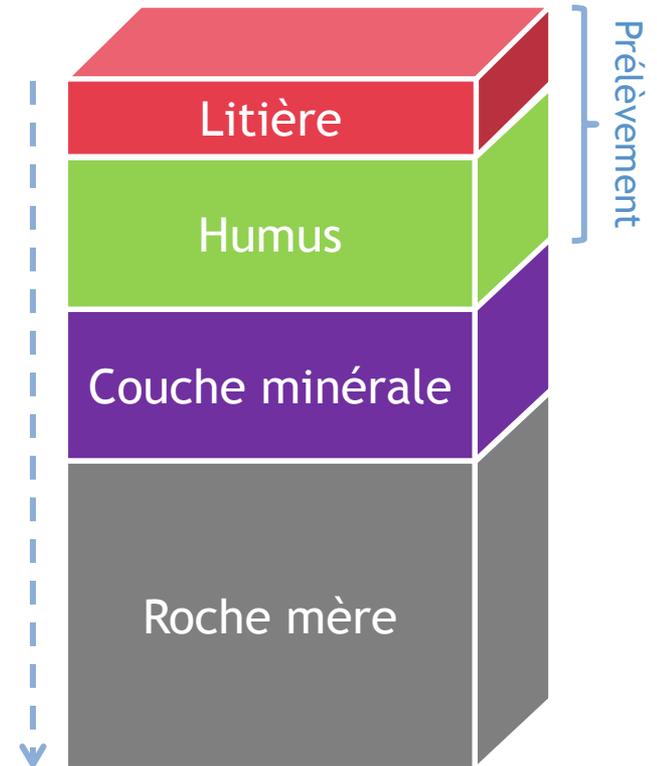
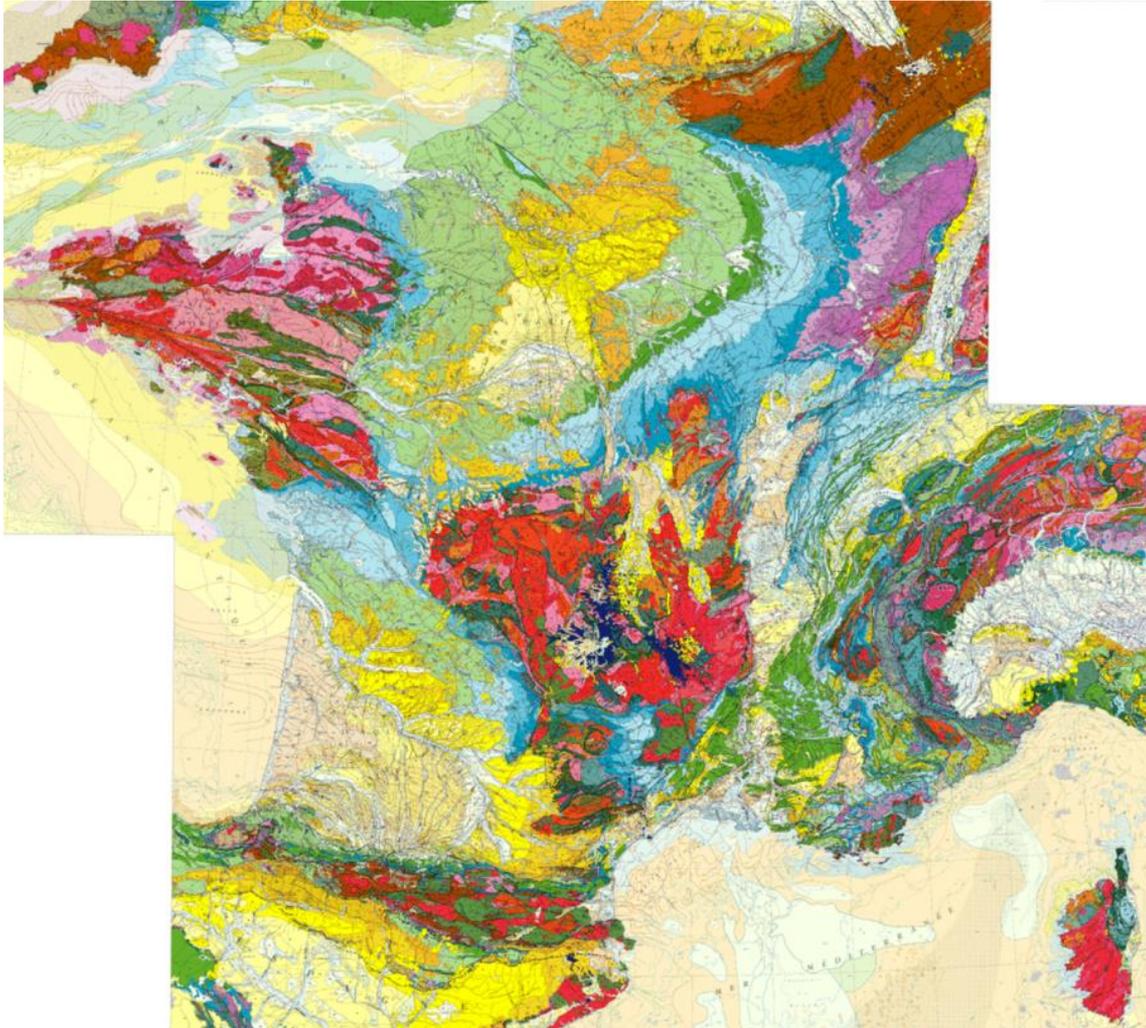


La matrice sol

- Matrice composite, organique et végétale
- Grande variété de typologies et faciès, résultant de processus biologiques, chimiques et géologiques
- Surface principale de dépôt des contaminations par voie atmosphérique
- Très localisée et dépendante du contexte

➔ **Matrice intéressante pour la caractérisation**

Une matrice complexe

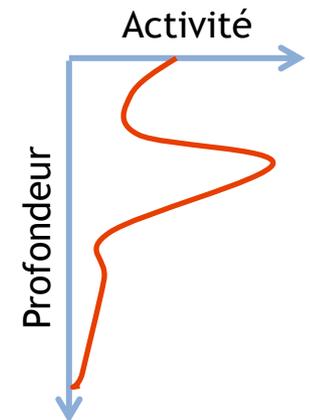
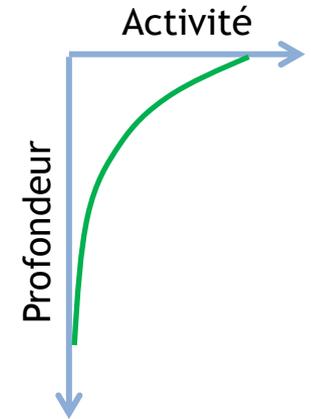


Les transferts

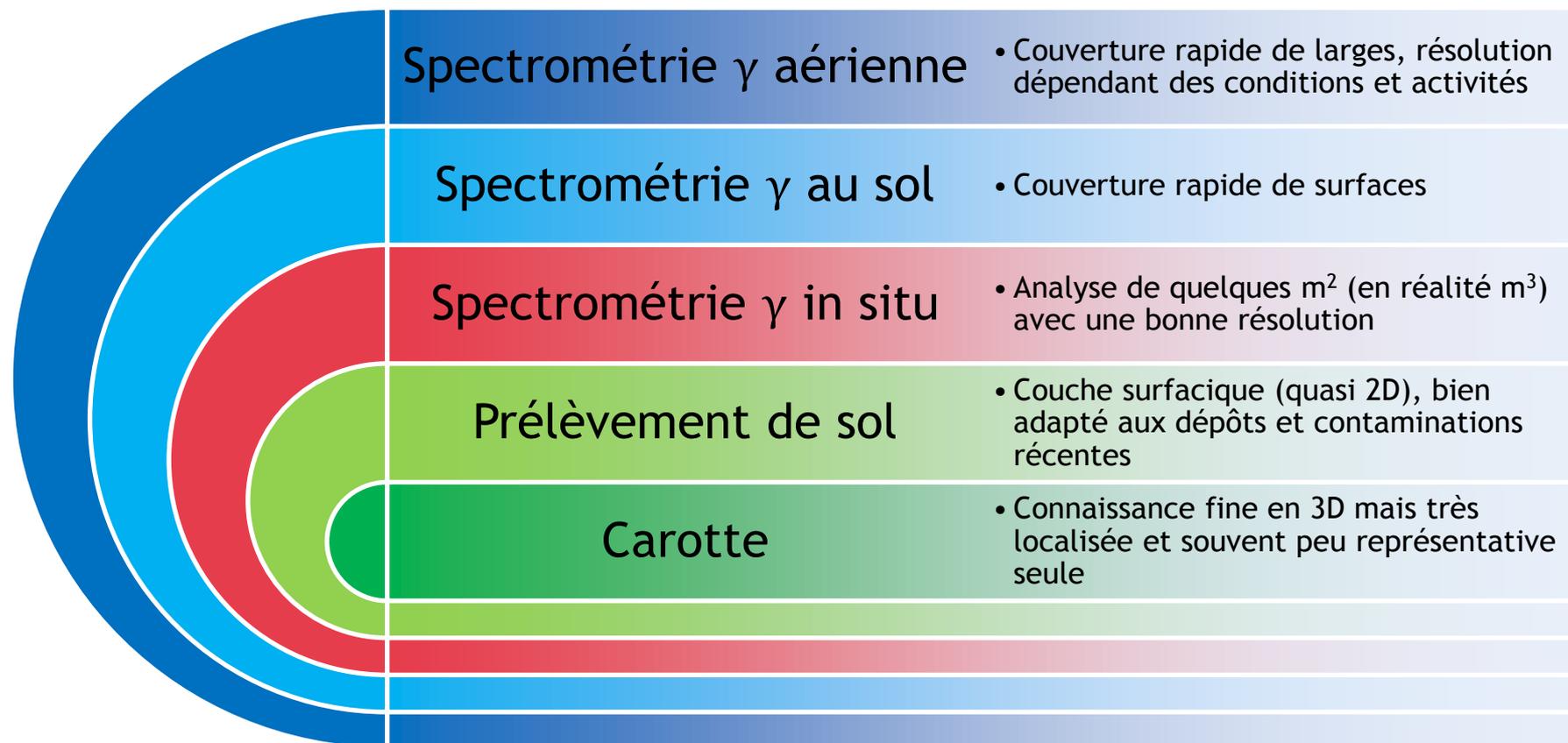
➤ Nombreux modes de migration

- Importance de la végétalisation (Sr par exemple)
- Erosion naturelle et action anthropique
- Influence des paramètres physico-chimiques sur la spéciation
- Transfert par écoulement
 - Migration en profondeur
 - Dépôt linéaire différencié selon l'irrigation et l'adsorption
- Transfert colloïdal

➤ Profil « théorique » VS profil « réel »



Moyens de caractérisation



➔ Nombreux moyens à disposition : pour quel objectif ?

Spectrométrie gamma embarquée

- Utilisation généralisée des détecteurs NaI
- Seul moyen aujourd'hui permettant de couvrir très rapidement des surfaces importantes
- Précautions à prendre
 - Performances métrologiques et SD à qualifier précisément
 - Repose souvent sur une analyse algorithmique : « boîte noire » pour certains utilisateurs
 - Effets d'atténuation de l'air à prendre en compte, notamment entre les modes d'utilisation (aérien VS terrestre)
 - Etalonnage

Spectrométrie gamma in situ

- Utilisation répandue des détecteurs Ge
- Hypothèse de distribution (β) dans le sol permettant de déterminer une activité *massique* puis un débit (nGy/h)
- Pour des dépôts, on peut directement obtenir une activité *surfactive* (intérêt fort en crise)
- Points forts :
 - Identification fiable des radionucléides
 - Mesure rapide et sensible
 - Résultats représentatifs de la moyenne de l'activité
- Risques : étalonnage, sensibilité aux hypothèses !



En pratique

En environnement

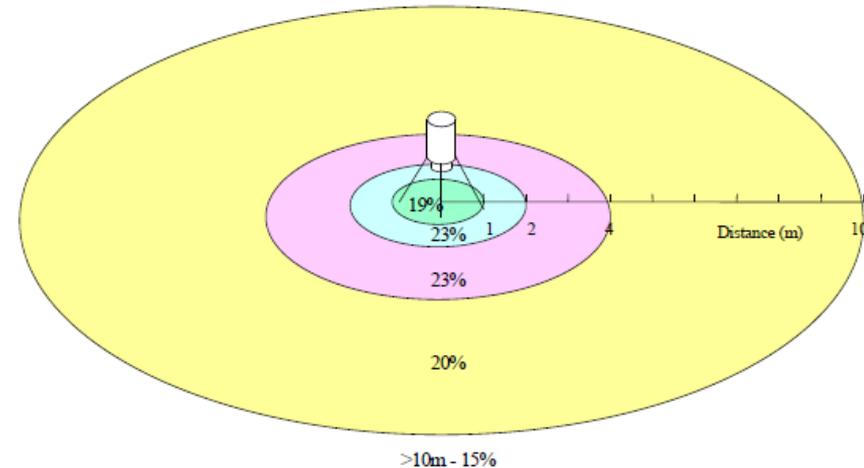
- Retombées anciennes et naturel
- Hypothèse d'homogénéité de répartition adaptée
- Isotropie dans le champ de vision

Sur des zones polluées ou contaminées

- Distribution dans le sol avec spéciation : hypothèse forte sur le β
- L'effet moyenne est pénalisant selon le champ de vision du détecteur... Qui dépend du β !
- Le champ de vision dépend du radionucléide (lien entre énergie du γ et atténuation)

En situation post-accidentelle

- Isotropie en surface avec écrantage
- Effet de l'air uniquement...



« Vision » du détecteur pour d'anciennes retombées de ^{137}Cs

Prélèvement

- Le prélèvement reste souvent incontournable
 - Permet de s'affranchir de l'humidité
 - Analyse des RN émetteurs α et β
 - Meilleure métrologie possible (analyse destructive)
 - Détermination de la migration des RN en 3D sur la profondeur choisie (surface à plusieurs dizaines de cm)
- Il est toutefois peu représentatif spatialement
 - Nécessité de mailler pour couvrir un espace
 - Variabilité spatiale du sous-sol à déterminer



Paramètres à considérer

Historique

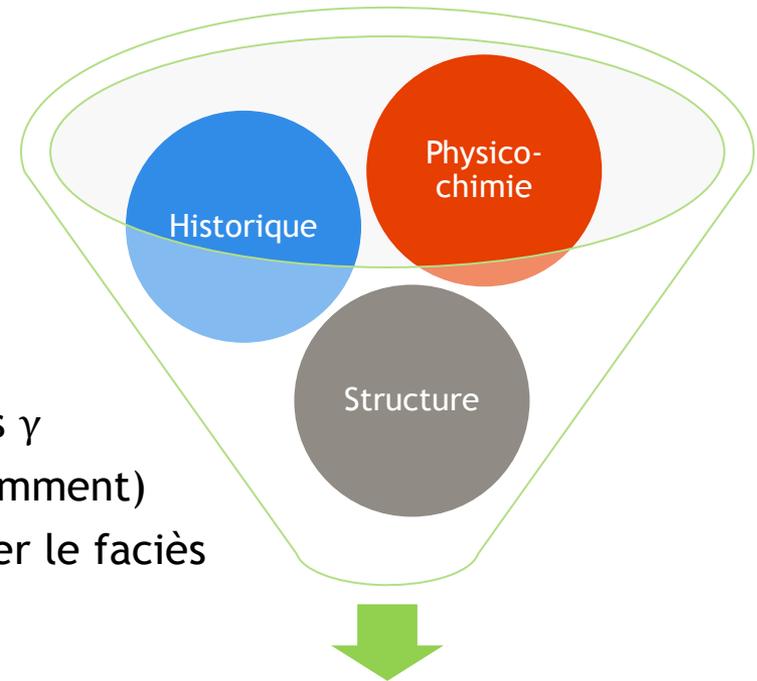
- Sol inaltéré ou remanié ?
- Présence de végétaux ? Lesquels ?

Physico-chimie

- Le pH influe sur la mobilité ionique
- L'humidité influe sur l'atténuation des γ (important pour la spectrométrie notamment)
- La conductivité peut aider à déterminer le faciès

Structure

- La composition (organique / minérale) influe sur le comportement de certains RN
- La granulométrie permet de mieux comprendre la fixation des RN



Exploitation ?

Traitement / analyse des échantillons

■ Les sols sont les matrices les moins réductibles (10 % par étape environ)

■ Dilemme de la définition des horizons lors de carottages :

- Des horizons trop espacés vont moyenniser l'activité sur la tranche et atténuer le profil
- Des horizons trop proches diminuent la quantité à analyser

■ Extension des méthodes d'analyse à haute performance

- AMS pour très bas niveau
- ICP-MS (avec détermination des ratios isotopiques possible)
- Gamme complète, du niveau environnemental aux effluents voire contaminations

Facteur de conversion

1 kg frais

0,9 kg sec

0,8 kg cendres

Quelques problématiques aujourd'hui

- Prélèvement sous les installations
- Interfaces sol / autres milieux (dont les nappes phréatiques)
- Multiples moyens de mesure / prélèvement
 - Traitement de données de multiples sources
 - Représentation unifiée, représentation des incertitudes
 - Comparaison des résultats et performances

Merci !

Questions

