



# La sûreté du stockage face au risque d'intrusion

Scénarios d'intrusion pris en compte  
par l'Andra dans le Dossier 2005

## Sommaire

- ◆ Les principes de prise en compte du risque d'intrusion dans le stockage – Le Guide de sûreté de l'ASN
- ◆ Le traitement des scénarios d'intrusion dans le Dossier 2005
  - Les situations à impacts directs
  - Les situations à impacts indirects
- ◆ Conclusion

Le guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde de l'ASN précise les principes de prise en compte de l'intrusion humaine.

- ◆ L'analyse de sûreté doit envisager des situations dites altérées correspondant à l'occurrence d'événements soit naturels, soit liés à l'activité humaine, pouvant conduire à une accélération de la migration de substances radioactives entre les ouvrages de stockage et la biosphère.
  - Les événements liés à l'intrusion humaine concernent les intrusions humaines directes ou indirectes.
  
- ◆ La définition des caractéristiques des situations d'intrusion humaine retenues est fondée sur les hypothèses pessimistes suivantes:
  - L'existence du stockage et son emplacement sont oubliés.
  - Le niveau de technologie est le même qu'aujourd'hui.
  
- ◆ Il est considéré qu'aucune intrusion humaine involontaire n'est susceptible de se produire tant que la mémoire de l'existence du stockage et de son emplacement est préservée.
  - La perte de mémoire de l'existence du stockage peut être raisonnablement située au-delà de 500 ans.
    - » Cette valeur de 500 ans est retenue comme date minimale d'occurrence d'une intrusion humaine.

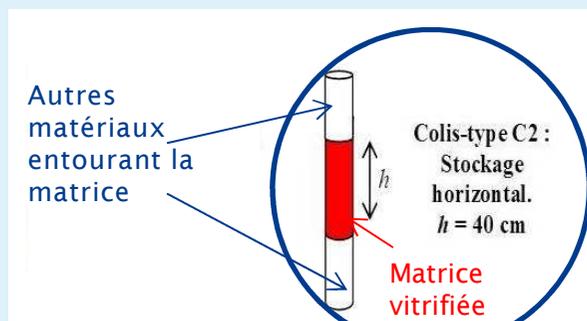
Le guide de sûreté de l'ASN précise ses attentes sur :

- ◆ Les expositions directes liées à la réalisation d'un forage exploratoire
  - « *L'exploitation de carottes constituées de déchets de haute activité donne lieu à une exposition externe qui sera évaluée en fonction du type d'examen effectué sur ces carottes* ».
  
- ◆ Les expositions indirectes liées à un forage abandonné
  - « *Il faudra étudier les conséquences liées à la mise en communication d'aquifères ou entre un aquifère et les ouvrages de stockage* ».

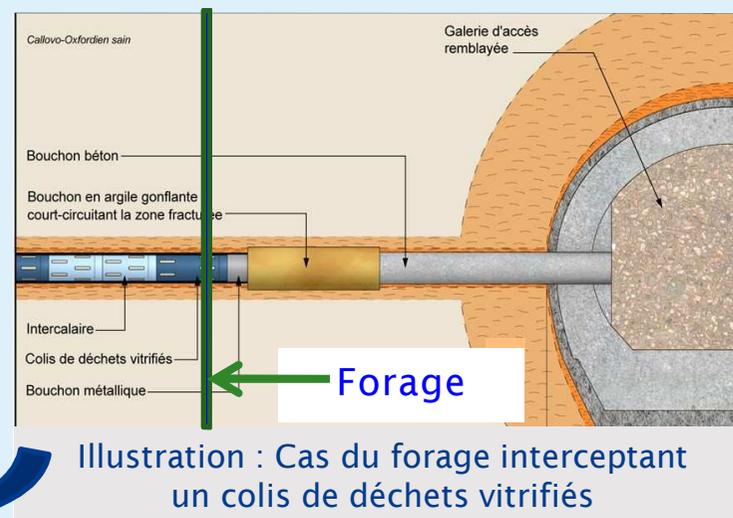
## 2.1 - Les situations à impacts directs du dossier 2005 – Cas du forage carotté au droit du stockage

Prise en compte d'un forage susceptible de générer des impacts directs :

- ◆ On postule un forage carotté au droit du stockage en supposant qu'il intercepte un ou plusieurs colis (cf. RFSIII.2.f).



Extraction  
d'une carotte



Le forage traverse le stockage et intercepte un colis de déchets.

## 2.1 - Les situations à impacts directs du dossier 2005 – Cas du forage carotté au droit du stockage

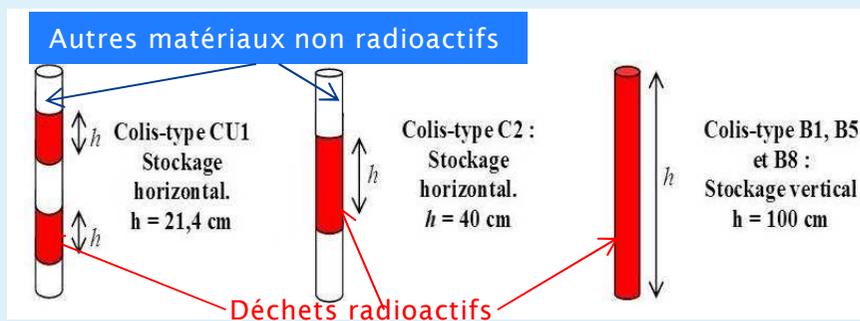
### Description de la situation

- ◆ Les carottes de matériaux constitutifs des colis de déchets sont remontées en surface avec les substances radioactives qu'ils contiennent.
- ◆ Exposition du foreur liée à l'irradiation de la carotte pendant les opérations d'extraction du carottier et de conditionnement

L'impact potentiel est fonction des hypothèses suivantes :

- ◆ Quantité/volume maximal de déchets radioactifs et des matériaux non radioactifs susceptibles d'être remontés

- Géométrie de la carotte : longueur de 1 m et diamètre de 100 mm



- ◆ Nature des déchets interceptés par le forage :

- Choix des colis les plus majorants en termes d'exposition externe
  - Quantité en radionucléides irradiants qui subsistent à la date de l'intrusion compte tenu de la décroissance radioactive

Colis intercepté	Motivations du choix
Déchets activés	Présence Argent-108 <sup>m</sup> (418 ans)
CSD-C	Forte teneur en Niobium-94 (20 000 ans)
Bloc source	Sources au radium (1600 ans)
Déchets vitrifiés	Plus fort inventaire radiologique
Combustibles usés	Plus fort inventaire radiologique

## 2.1 - Les situations à impacts directs du dossier 2005 – Cas du forage carotté au droit du stockage

Impact sur le foreur :

- ◆ Les modalités d'exposition au rayonnement émis par la carotte déterminent la dose reçue du foreur en fonction de :
  - La durée d'exposition retenue
  - La distance du foreur par rapport à la carotte
  - La date d'occurrence du forage



Résultats

- ◆ Pour illustration ⇔ Calcul du débit de dose délivrée au foreur :
  - Pour 10 minutes d'exposition
  - Se situant à 40 cm de la carotte
  - Deux dates d'occurrence de forage : 500 ans après fermeture et 1000 ans



Colis intercepté	à 500 ans	à 1000 ans
	Dose au foreur (mSv)	Dose au foreur (mSv)
Déchets activés	7.36	3.21
CSD-C	0.71	0.70
Bloc source	3.94	3.17
Déchets vitrifiés	1.35	1.02
Combustibles usés	0.21	0.17

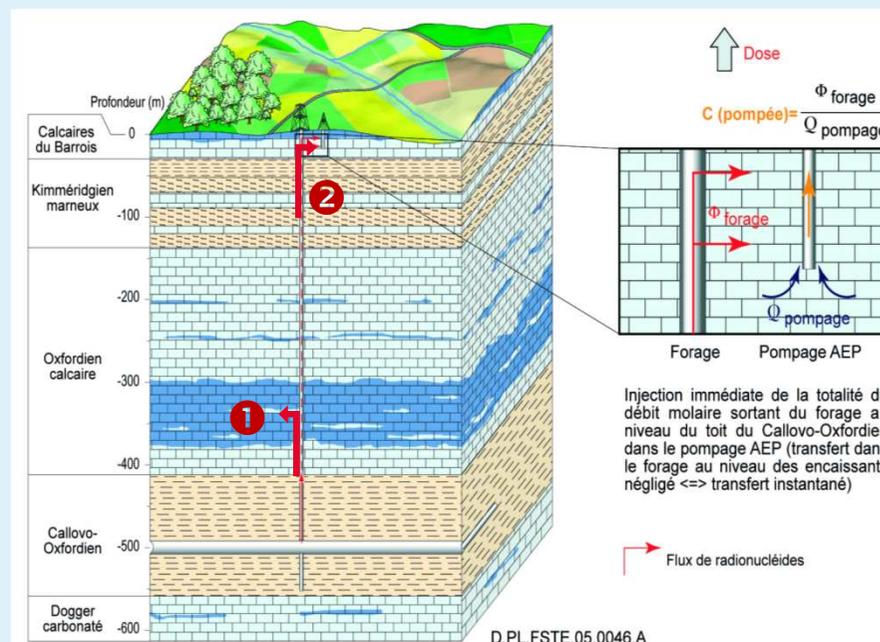
Forte atténuation liée à la décroissance radioactive dès les premières centaines d'années pour la plupart des colis

## 2.2 – Situations à impact indirect du dossier 2005 – Cas de forage(s) abandonné(s) traversant le stockage

Prise en compte d'un ou deux forages exploratoires susceptibles de générer des impacts indirects

Forage(s) traversant le stockage et susceptible(s) de générer une contamination des eaux souterraines

- ◆ S'écoulant vers les exutoires naturels
- ◆ S'écoulant à proximité d'un ouvrage d'exploitation des aquifères superficiels



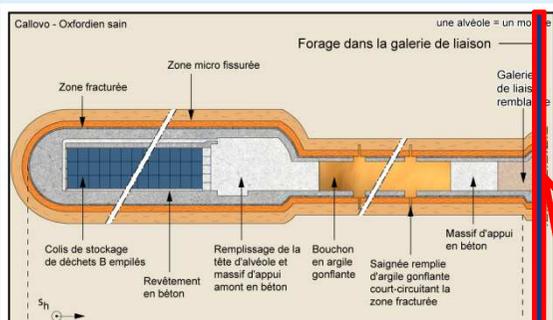
On postule le (les) forage(s) abandonné(s)

- ◆ Sans scellement, constituant ainsi une voie de migration potentiellement plus rapide des radionucléides
- ◆ Perdurant dans cet état sans prise en considération de sa (leur) probable fermeture avec le temps
- ◆ De diamètre de 200 mm

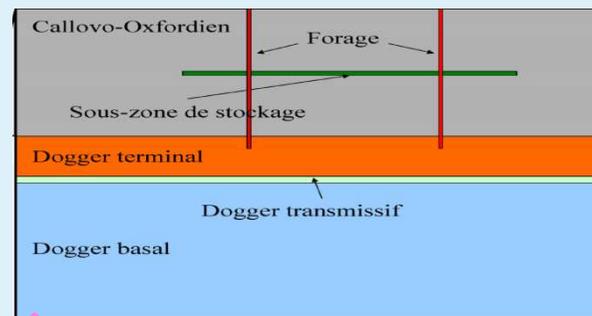
## 2.2 – Situations à impact indirect du dossier 2005 – Cas de forage(s) abandonné(s) traversant le stockage

Deux cas de forage(s) exploratoire(s) traversant le stockage pour chaque zone de stockage HA, CU et MAVL

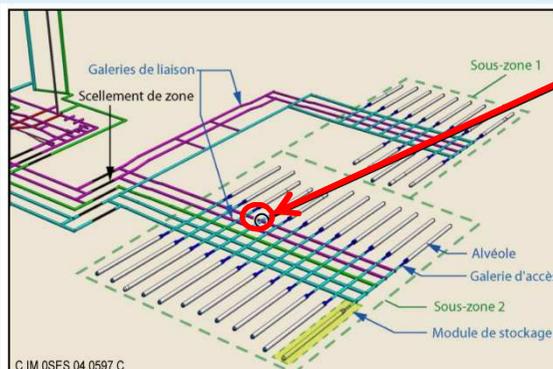
- ◆ Traversée d'un alvéole de stockage dans le but de favoriser la proximité par rapport aux déchets,
- ◆ Traversée d'une galerie d'accès aux alvéoles
  - On postule de manière pénalisante un cumul du forage à proximité de l'alvéole HA ou CU avec la présence d'un « surconteneur » défaillant



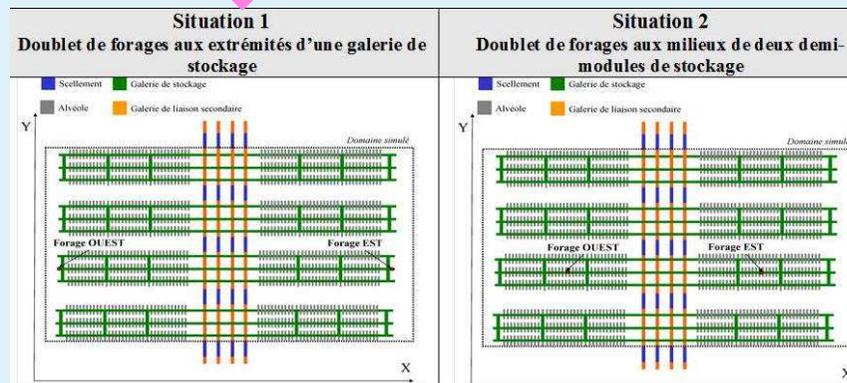
Illustration



Deux forages jusqu'au Dogger abandonnés et traversant le stockage



Forage jusqu'au Dogger abandonné et traversant une galerie du stockage



## 2.2 – Situations à impact indirect du dossier 2005 – Cas de forage(s) abandonné(s) traversant le stockage

On retient les alvéoles contenant des colis susceptibles d'engendrer les impacts les plus pénalisants (quantité de radionucléides mobiles...)

- ◆ Déchets activés
- ◆ Boues bitumées
- ◆ Déchets vitrifiés
- ◆ Combustibles usés



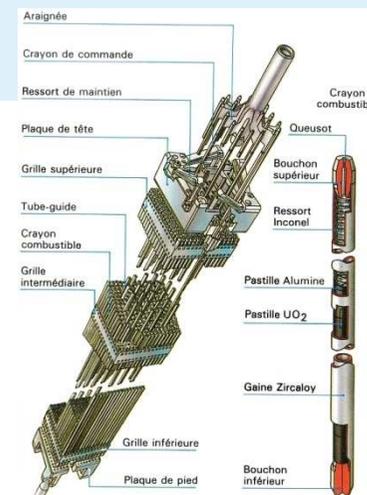
Colis de déchets activés



Colis de déchets de boues bitumées



Colis de déchets vitrifiés



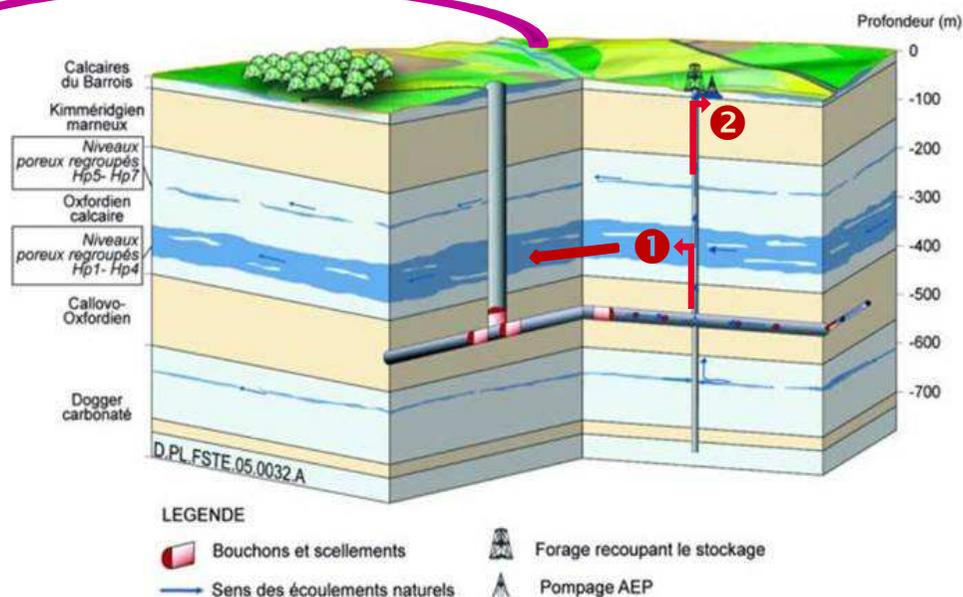
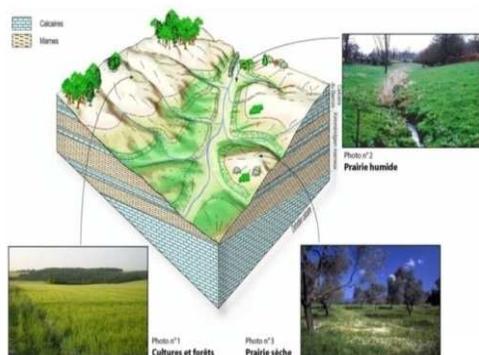
Assemblage combustible REP

## 2.2 – Situations à impact indirect du dossier 2005 – Cas de forage(s) abandonné(s) traversant le stockage

Principales voies de transfert des radionucléides vers les exutoires :

- ◆ Deux voies potentielles d'atteinte (voies ❶ et ❷) par transfert de radionucléides dans le forage
- Vers les exutoires naturels (voie ❶) ou vers un ouvrage de pompage dans les aquifère superficiels du Barrois (voie ❷)
- Effet de « drain » du stockage par le forage est local et limité par la petite section du forage.

Biosphère : Dernier maillon pour les calculs de sûreté



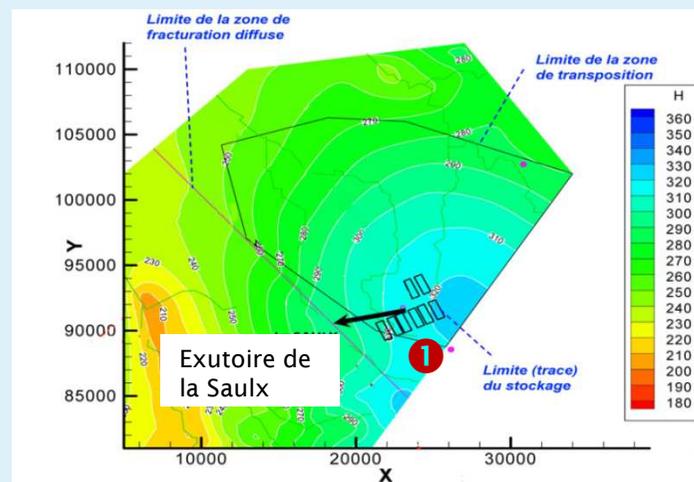
Exutoires :

- ◆ Constituent les points d'entrée des radionucléides dans la biosphère sous forme de sources, étangs, cours d'eau, puits (forage), rivière,...

### Description des transferts vers la biosphère via les exutoires

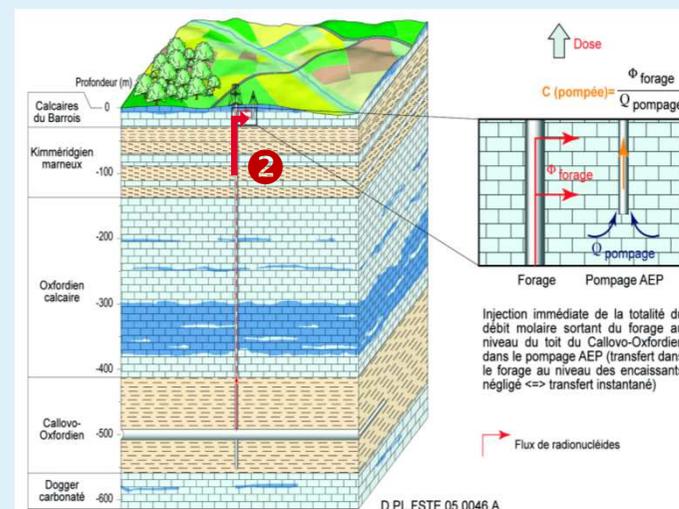
#### ◆ Migration avec les écoulements naturels dans l'Oxfordien : 1

- L'exutoire est un pompage au droit de la Saulx, au sud-ouest de la position du stockage, qui correspond à l'impact le plus fort en scénario d'évolution normale



#### ◆ Migration via le forage : 2

- Exutoire est un pompage dans le Barrois supposé à proximité du forage abandonné et alimentant une distribution d'eau potable.



## 2.2 – Situations à impact indirect du dossier 2005 – Cas de forage(s) abandonné(s) traversant le stockage

### Résultats du dossier 2005 :

#### ◆ Forage abandonné traversant le stockage

Situation	Dose Scénario d'évolution normale (SEN) à l'exutoire « Saulx »	Dose ajoutée à l'exutoire « Saulx » par le forage	Dose à l'exutoire « Barrois »
Déchets activés - forage abandonné <u>dans un alvéole</u> de stockage	0.00033 mSv/an à 310 000 ans (CI-36 et I-129)	< au SEN	0,012 mSv/an à 770 ans (CI-36 et Mo-93)
Boues bitumées - forage abandonné <u>dans un alvéole</u> de stockage	0.000021 mSv/an à 370 000 ans (I-129 et CI-36)	< au SEN	0,00022 mSv/an à 12 000 ans (CI-36 et I-129)
Déchets vitrifiés - forage abandonné dans une galerie d'accès	0.00047 mSv/an à 490000 ans (I-129 et CI-36)	< au SEN	0.00065 mSv/an À 25000 ans (CI-36 et I-129)
Combustibles usés - forage abandonné dans une galerie d'accès	0,019 mSv/an à 330 000 ans (I-129)	< au SEN	0.0072 mSv/an à 42 000 ans (I-129 et CI-36)
Combustibles usés - forage abandonné dans une galerie d'accès	0,019 mSv/an à 330 000 ans (I-129)	< au SEN	0,1 mSv/an à 30 000 ans (Nb-94 I-129 Pu-239)

- ◆ La voie de transfert passant par le Callovo-oxfordien reste majoritaire à l'exutoire de la Saulx
- ◆ Une faible fraction de radionucléides atteint la surface par transfert dans le forage
- ◆ Les radionucléides qui dominent l'impact sont des éléments mobiles (I-129, CI-36) sauf pour le cas d'un forage traversant un alvéole de CU (Nb-94 et Pu-239)

### Résultats du dossier 2005 :

- ◆ A titre d'illustration : Doublet de forages abandonnés
  - Calcul limité à l'I129, radionucléide le plus contributeur de l'impact

Cas des Combustibles usés ( cas le plus pénalisant)	Dose à l'exutoire « Barrois»
Situation 1 : cumul de 2 forages abandonnés éloignés traversant des galeries	0.0066 mSv/an à 57 000 ans (I-129)
Situation 2 : cumul de 2 forages abandonnés au centre des sous-modules traversant des galeries	0.011 mSv/an à 45 000 ans (I-129)

- ◆ L'impact est du même ordre de grandeur que celui d'un forage exploratoire abandonné.

Des situations d'intrusion humaine involontaire par forage répondant aux demandes du guide de sûreté de l'ASN

L'intrusion humaine « involontaire » via la réalisation de forages suppose un oubli de la présence du stockage

- ◆ Pour rappel : un objectif de maintien de la mémoire le plus longtemps possible
- ◆ Par prudence on postule une date de perte de mémoire du stockage dès 500 ans
  - Date considérée comme minimale au regard du retour d'expérience sur pratiques actuelles de maintien de la mémoire ( archivage ... )

Cas du forage carotté interceptant un colis et de son impact potentiel sur un foreur :

- ◆ Forte atténuation dans le temps en raison de la décroissance de la majorité des radionucléides contributeurs à l'exposition externe
- ◆ Impact de l'ordre de la dizaine de millisievert pour un forage à 500 ans

Cas des forages exploratoires abandonnés (forage unique ou doublet) :

- ◆ A l'exutoire de la Saulx, la voie de transfert par le Callovo-oxfordien reste prédominante
- ◆ La fraction de l'inventaire en radionucléides arrivant au toit du Callovo-oxfordien par transfert dans le forage puis jusqu'aux exutoires reste faible