



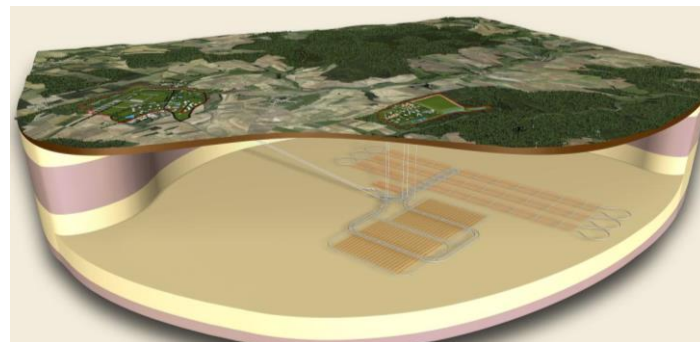
Projet Cigéo

Approche de sûreté – Sûreté après-fermeture
Formation Clis – 08 décembre 2014

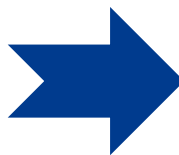
Des installations de surface similaires aux installations « classiques »



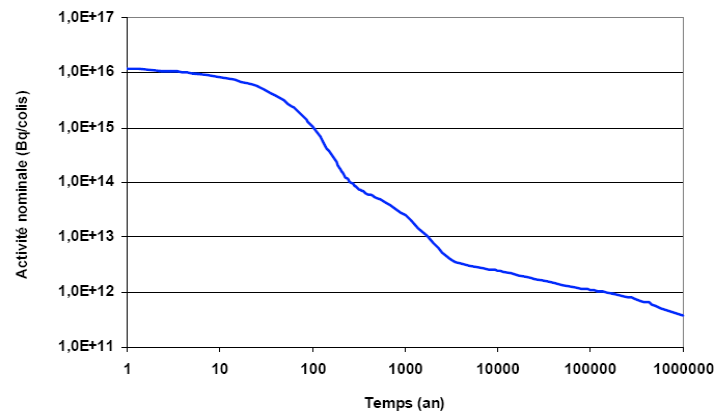
Une installation en milieu souterrain



Sûreté pendant l'exploitation des opérations



Sûreté après la fermeture de Cigéo sur de longues échelles de temps



La sûreté est au cœur des études menées par l'Andra de la conception à son évaluation



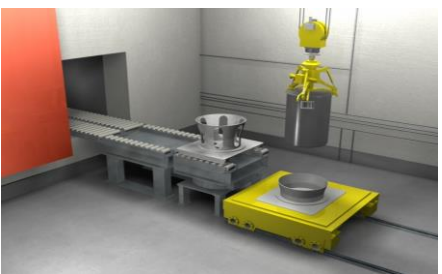
Etat de l'art scientifique



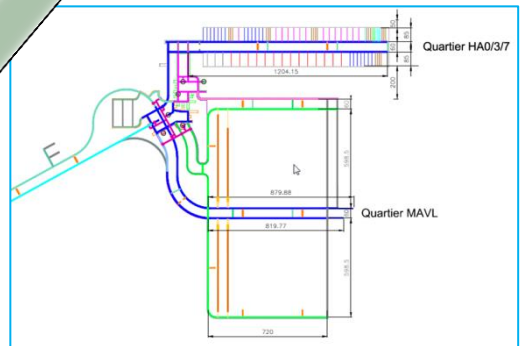
Description des Opérations

Analyse de sûreté en exploitation et après fermeture (risques et incertitudes)

Etat de l'art technologique

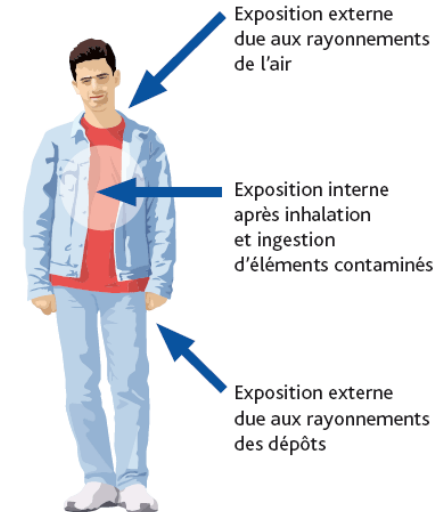


Description des installations



Quels sont les dangers liés aux déchets radioactifs ?

- ◆ Risque d'irradiation
- ◆ Risque de contamination
- ◆ Risque d'ingestion

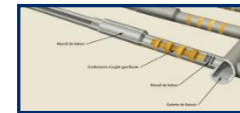


Objectif de Cigéo : confiner ces déchets tant qu'ils restent dangereux

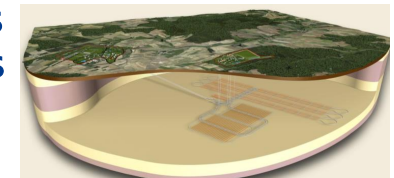
- ◆ Pendant l'exploitation :
 - Confinement assuré par les colis et les ouvrages
- ◆ Après la fermeture du stockage :
 - La couche d'argile est une barrière naturelle qui prendra le relais des ouvrages humains



Colis de déchets



Composants ouvrages



La couche géologique

Les principes :

- ◆ Prévenir ou limiter les charges sur les générations futures,
 - La protection des personnes et de l'environnement à long terme ne doit pas dépendre d'une surveillance et d'un contrôle institutionnel

Le problème posé par le long terme :

- ◆ Les ouvrages ne sont pas pérennes
- ◆ Le confinement assuré par les colis n'est pas pérenne



L'implantation et la géologie prennent le relais :

- ◆ Profondeur : éloignement de la surface
- ◆ Barrière géologique : confinement à l'échelle des temps géologiques

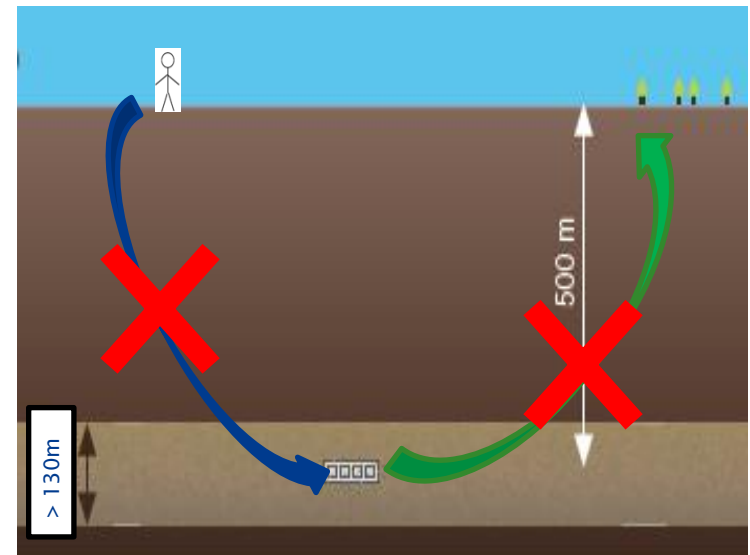
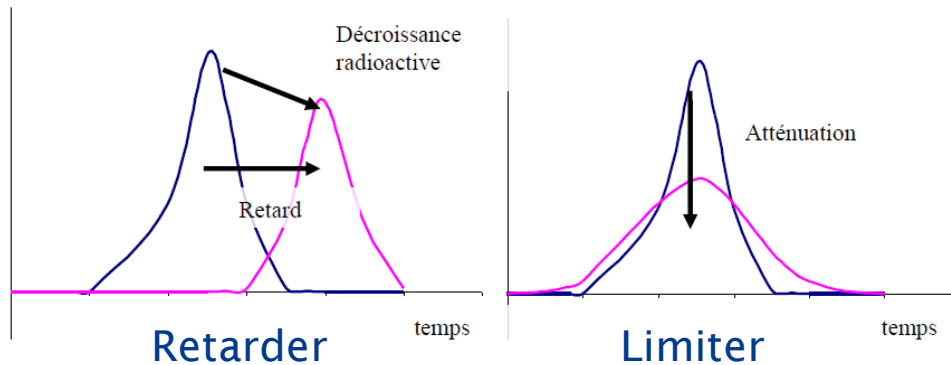
Isoler les déchets des phénomènes de surface (climat, érosion...) et des intrusions humaines :

- » Profondeur bien au delà de ce qui est nécessaire
- » Maintien de la mémoire le plus longtemps possible



Retarder et limiter le transfert jusqu'à la biosphère des substances radioactives et toxiques contenues dans les déchets.

- » Choix de la couche pour ses caractéristiques, sa localisation et son épaisseur.



Maîtrise de la connaissance technologique

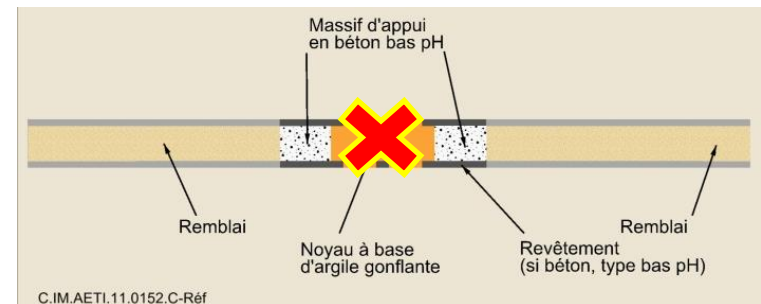
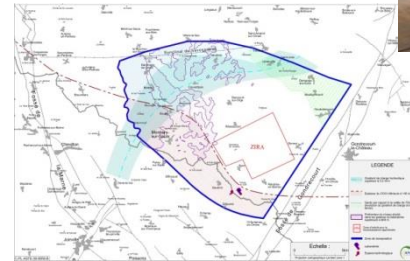
- ◆ Matériaux et des solutions techniques simples, robustes et éprouvés
- ◆ Mettre en place des essais

Maîtrise de la connaissance scientifique

- ◆ 20 ans de recherche
 - Campagnes de reconnaissances successives
 - Laboratoire souterrain
 - Nombreux échanges avec le monde académique

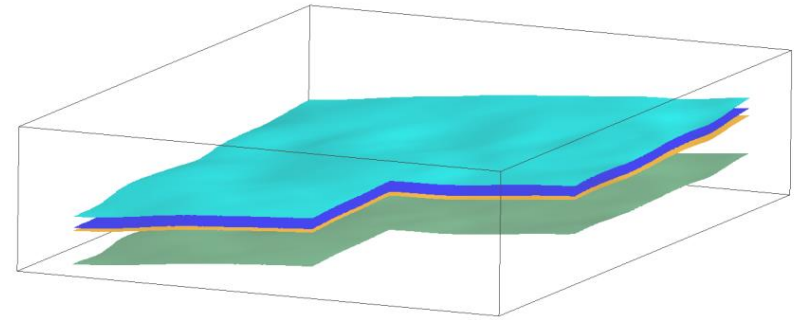
Analyse de sûreté fondée sur des hypothèses prudentes

- ◆ On postule des défaillances
- ◆ On gère les incertitudes



Une couche épaisse

- ◆ Stockage implanté en milieu de couche avec une garde d'au moins 50 m d'argile saine de part et d'autre

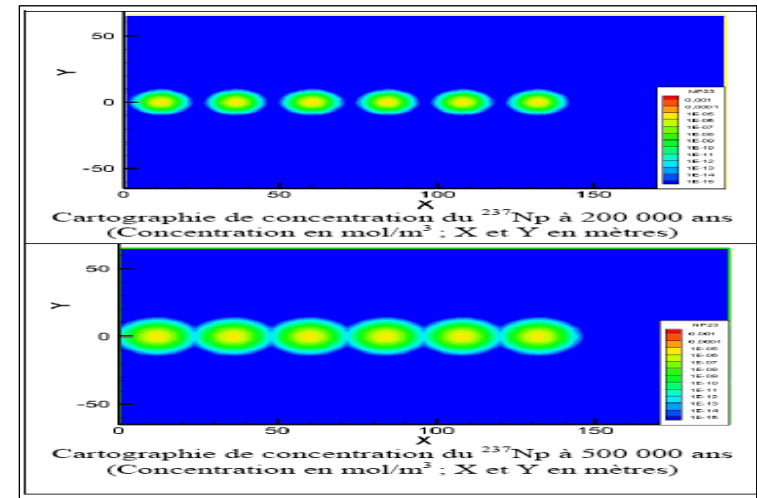


Epaisseur du COx entre 140m et 160 m du SO au NE

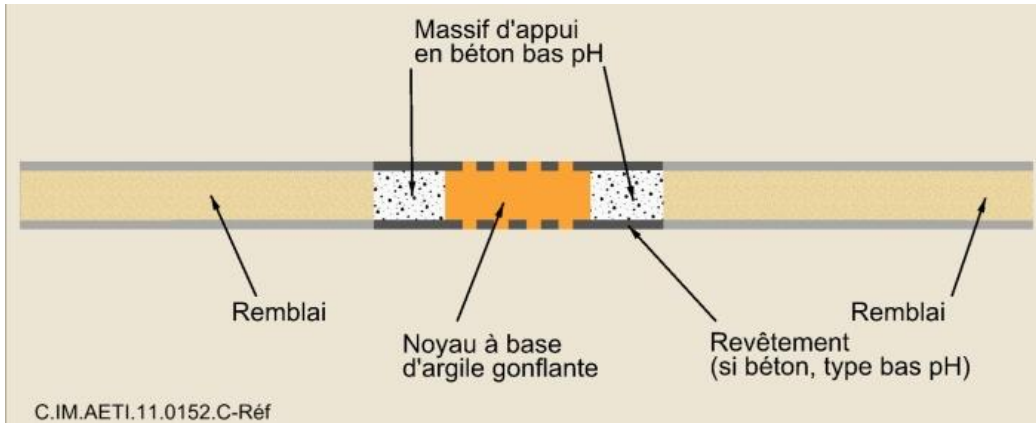
Une couche géologique stable dans le temps

Des caractéristiques physiques et chimiques favorables :

- ◆ Une majorité d'éléments sorbés,
- ◆ Une très faible perméabilité



Une conception s'appuyant sur de nombreux essais de scellements en France et à l'étranger, à différentes échelles



On ne se contente pas d'évaluer l'évolution normale du stockage .

On envisage que des dysfonctionnements peuvent faire dévier l'histoire présentée :

◆ Événements externes :

- Événements naturels exceptionnels,
- Intrusion humaine

◆ Dysfonctionnements internes :

- Défaut d'un composant

Une analyse systématique de l'état de la connaissance technologique et scientifique pour identifier si les incertitudes (de toute nature) ou les événements externes sont pris en compte.



Par conception :

- Dispositions particulières ou génériques

Ou

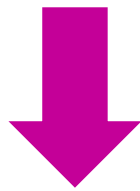


Dans la définition des scénarios :

- Dans le scénario d'évolution normale (incluant les études de sensibilité)
- Ou dans les scénarios d'évolution altérée (et leurs études de sensibilité)

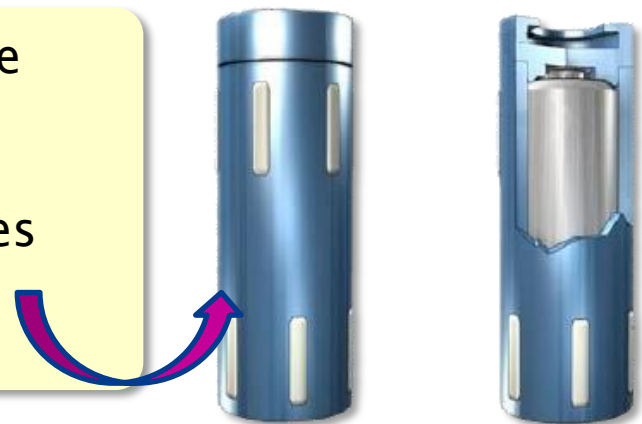
Analyse de la connaissance

Besoin de maîtrise du relâchement des éléments radioactifs pendant la phase thermique des alvéoles HA

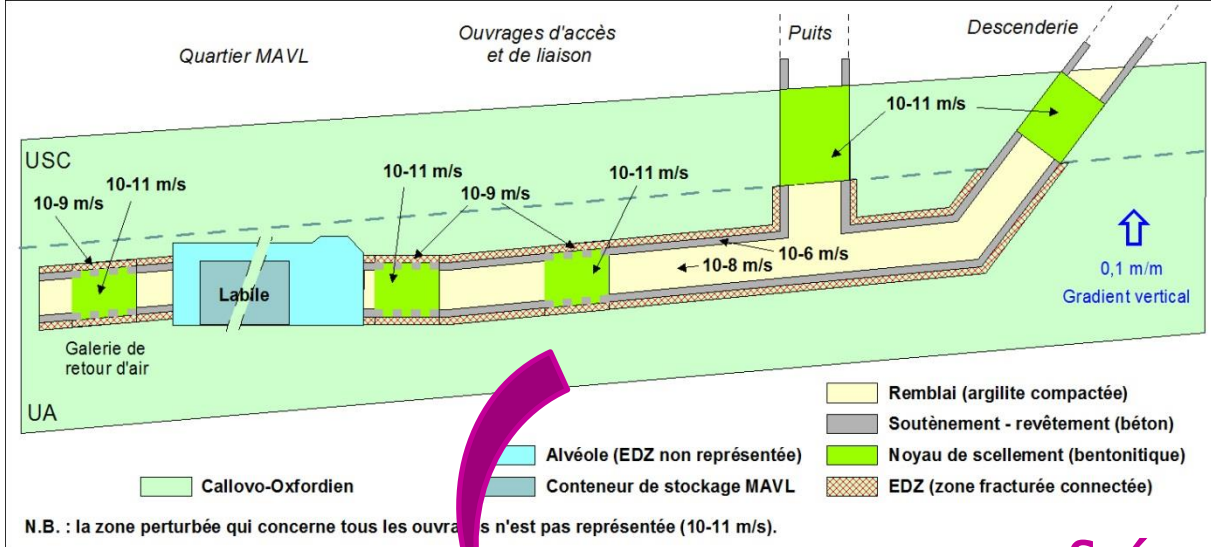


Dispositions de conception

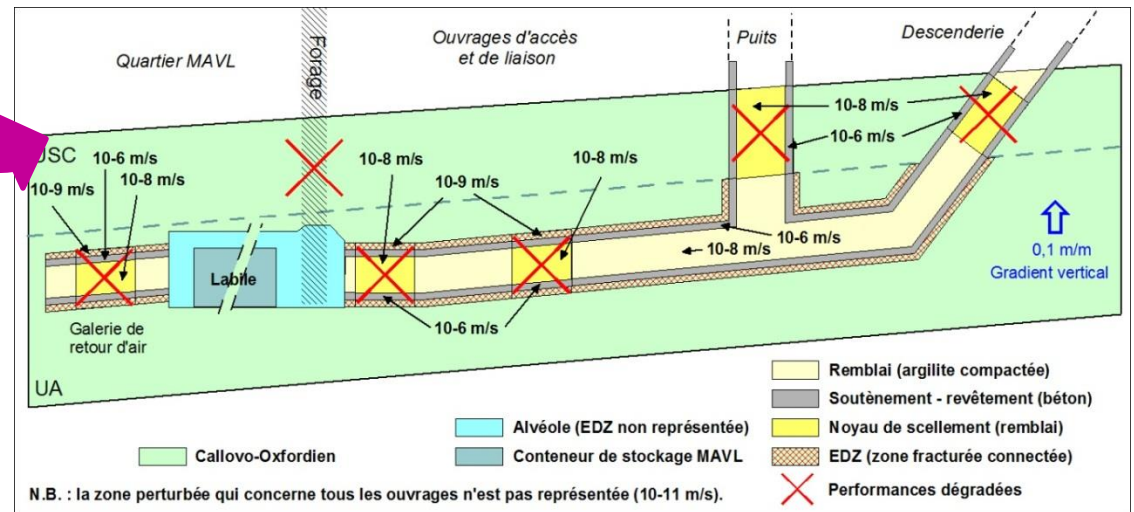
- Architecture conçue pour limiter la température dans la couche ($< 100^{\circ}\text{C}$)
- Un sur-conteneur empêchant le relâchement des éléments radioactifs pendant la période dite thermique



Scénario d'évolution normale



Scénario d'évolution altérée



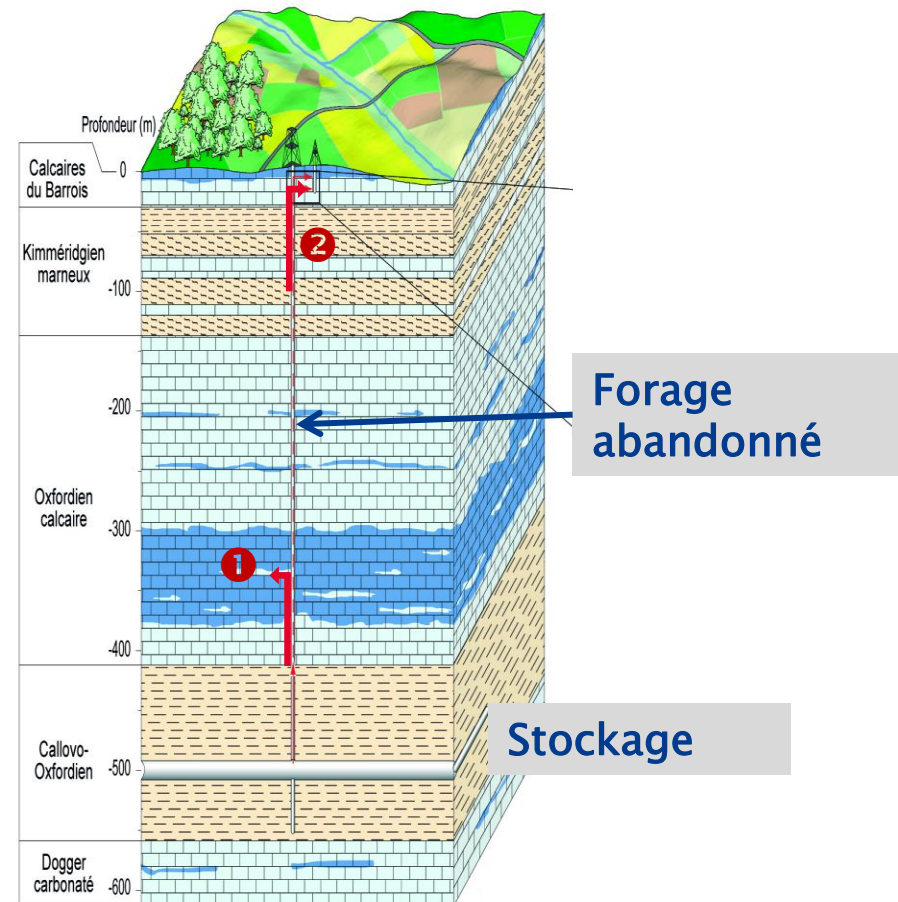
Prise en compte dans l'évaluation de sûreté de scénarios comprenant des dysfonctionnements

Perte de mémoire (500 ans)

- ◆ Evaluation de scénarios d'intrusions en profondeur

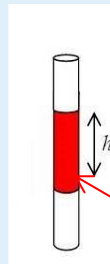
On postule le forage exploratoire abandonné

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



Perte de mémoire (500 ans)

- ◆ Evaluation de scénarios d'intrusions en profondeur



Extraction d'une carotte

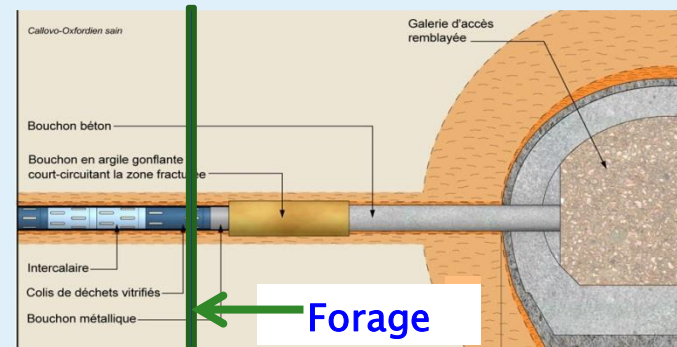
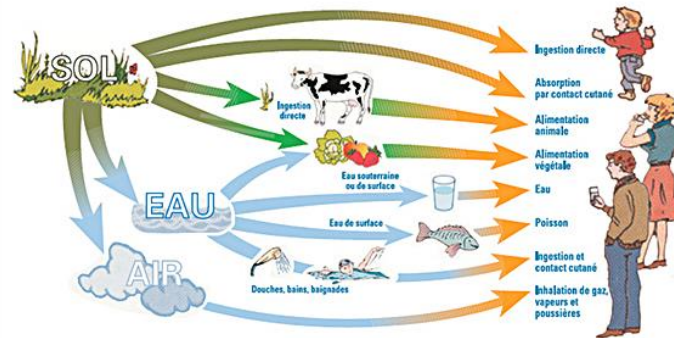


Illustration : Cas du forage interceptant un colis de déchets vitrifiés

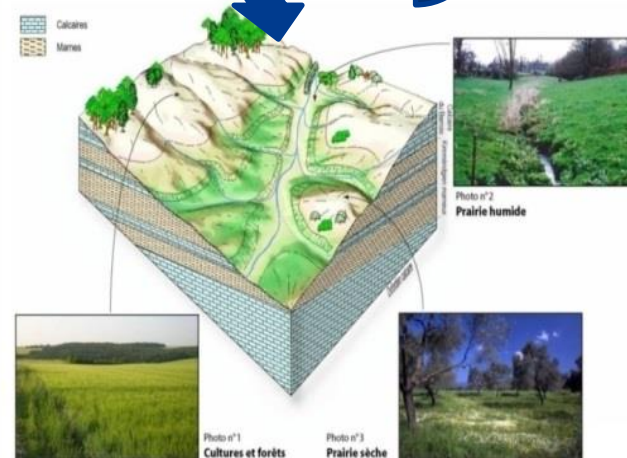
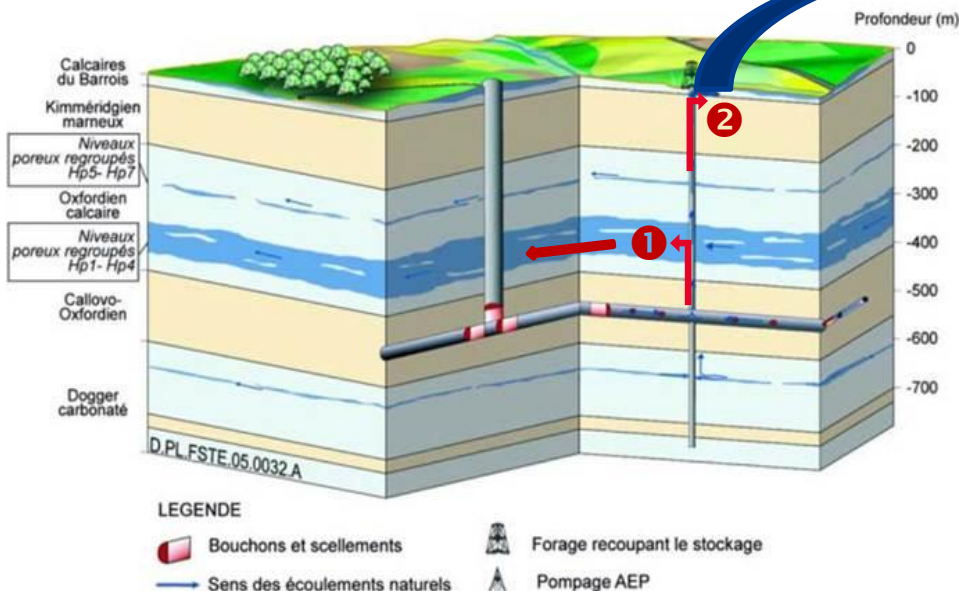
Le forage traverse le stockage et intercepte un colis de déchets.

On retient les alvéoles contenant des colis susceptibles d'engendrer les impacts les plus pénalisants

L'homme et son environnement : Dernier maillon pour l'évaluation de l'impact



Source : Ineris 2001 - fiche « sites et sols potentiellement



- Sur la totalité des radionucléides (144), seuls quatre présentent une masse non totalement atténuée en sortie de Callovo-Oxfordien.
- Les actinides ne parcourent pas plus de 10 mètres (pour les plus mobiles) en un million d'années.
- Les maxima de débits d'activité de ces radionucléides se situent au-delà de 100 000 ans.
- L'impact radiologique pour le scénario d'évolution normale est de l'ordre de 0,01 mSv/an.

