

2^{ème} session - Thème 2

- ❑ Les déchets
- ❑ **Sûreté en Exploitation**
- ❑ Récupérabilité - fermeture
- ❑ Sûreté après fermeture
- ❑ Phase pilote

Présentation du Thème 2 : Sûreté en exploitation

■ Démarche de sûreté retenue pour les installations de surface et souterraine

⇒ objectifs de protection

⇒ principes de la démarche

⇒ définition des situations retenues (dont le dimensionnement) et exclues

⇒ évaluations complémentaires de sûreté (post-Fukushima)

■ Éléments et activités importantes pour la protection (qualification, exigences...)

■ Surveillance des installations

■ Gestion des effluents et des déchets produits pendant l'exploitation

⇒ principes de gestion retenus

⇒ surveillance des exutoires

Présentation du Thème 2 : Sûreté en exploitation

■ Evaluation de sûreté des risques en exploitation

⇒ risques internes d'origine nucléaire

Exposition interne et externe
des travailleurs

Risques de dissémination
de substances radioactives

Criticité
Thermique

⇒ agressions d'origine interne

Incendie

Explosion

Transport et
manutention

Inondation
interne

Activités
humaines

coactivité

Perte
d'auxiliaires

Vieillessement
Maintenance

Retrait des colis
Opérations de réouverture

⇒ agressions d'origine externe

Séismes

Inondation
externe

Aléas
météorologiques

Présentation du Thème 2 : Sûreté en exploitation

■ Evaluation de sûreté des risques en exploitation

- ⇒ Bon dimensionnement des installations face aux risques ?
 - ⇒ Dispositions techniques et organisationnelles suffisantes ?
 - ⇒ Détection, surveillance, intervention suffisantes ?
 - ⇒ Evaluation des situations retenues pour le dimensionnement des installations ainsi que pour le dimensionnement du Plan d'Urgence Interne (PUI)
 - jusqu'à l'évaluation de l'impact (sur les travailleurs et le public)
- ⇒ **Pertinence des concepts et de l'architecture de l'installation au regard de la sûreté en exploitation**

Sûreté en exploitation - Question 2.1 - l'incendie

■ L'analyse par l'Andra du risque « incendie » est-elle correcte ?

Sûreté en exploitation - Question 2.1 - l'incendie

Options de sûreté et principes de maîtrise des risques liés à l'incendie cohérentes

- ⇒ limitation des charges calorifiques,
- ⇒ détection et extinction...

Au niveau de l'installation de surface, pour la DAC :

- ⇒ compléter les éléments de maîtrise de la propagation d'un feu entre cellules/locaux
- ⇒ détection automatique en ambiance et extinction fixe dans les zones tampon

⇒ Engagements de l'Andra sur ces points



- ⇒ scénario pris en compte pour le dimensionnement de l'installation de surface non enveloppe

⇒ **Recommandation de l'IRSN : le scénario de dimensionnement de l'installation de surface met en jeu l'intégralité du contenu du colis primaire le plus sensible à l'incendie**

Sûreté en exploitation - Question 2.1 - l'incendie

Au niveau de l'installation souterraine

- **attentes fortes sur exigences données à la façade d'accostage située entre le hall de manutention et les galeries d'accès des alvéoles MAVL (gestion de la ventilation en situation d'incendie)**



- ⇒ justification des taux de fuites retenues pour tous les éléments de la façade,
- ⇒ présentation d'un programme d'essais pour valider les performances de confinement,
- ⇒ démonstration de l'adéquation des dispositions retenues pour le confinement

⇒ **Engagement de l'Andra sur ces points (E41)**

Sûreté en exploitation - Question 2.1 - l'incendie

Cas des enrobés bitumineux (mélange « bitume + sels »)



■ Risque : reprise de réactions chimiques exothermiques et leur emballement



■ Stratégie de l'Andra repose sur un programme quadripartite (Andra, CEA, Areva, EDF) :

⇒ exclusion de l'emballement de réactions exothermiques sur la base d'un seuil de température (180°C),

⇒ seule source d'incendie possible dans l'alvéole : pont stockeur

→ détection et extinction embarquées sur le pont

→ intervention personnel impossible

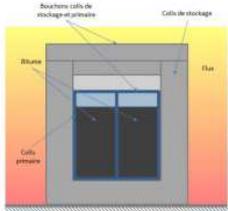
→ conteneur de stockage offre une protection

IRSN ■ Non prise en compte de l'auto-irradiation du bitume (bulles d'hydrogène + durcissement de la matrice)

■ Grande variabilité de la composition des enrobés bitumineux : ne rend pas accessible la définition d'un seuil de température en dessous de laquelle un emballement serait très improbable

Sûreté en exploitation - Question 2.1 - l'incendie

IRSN | Modélisation à l'IRSN pour estimer le temps nécessaire :



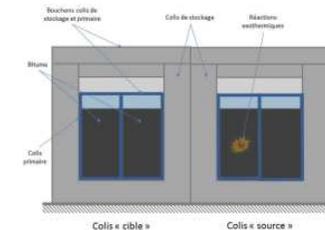
⇒ pour atteindre différents seuils de température en peau de colis primaire situé dans un conteneur de stockage

→ 1 à 3 heures selon le seuil et le conteneur

⇒ pour propager une onde de chaleur depuis un colis primaire « initiateur » vers un colis primaire « cible »

→ possible en 16 à 38 h

⇒ Fragilité de la stratégie de sûreté retenue par l'Andra



⇒ pour l'IRSN la solution de neutralisation de la réactivité des déchets bitumés doit être privilégiée

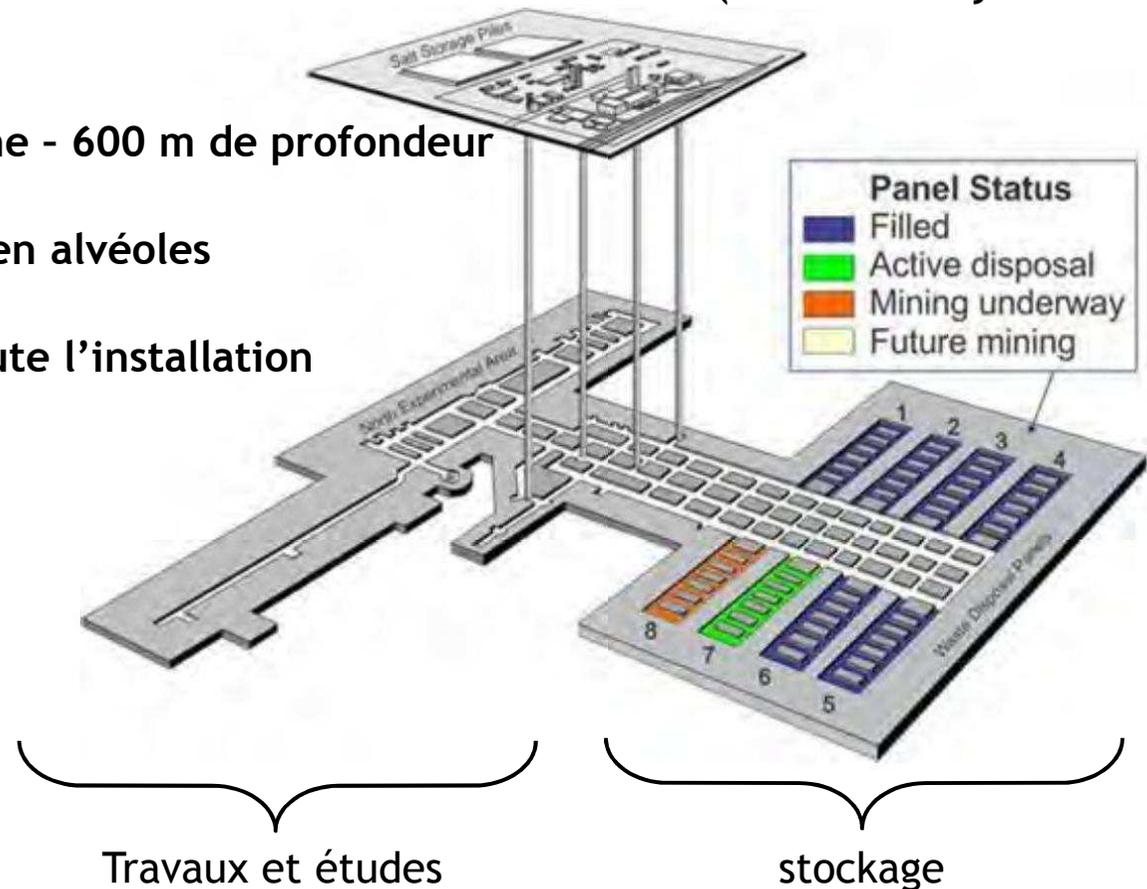
⇒ **Recommandation de l'IRSN : apporter un ensemble d'éléments permettant de statuer sur la possibilité de mettre en œuvre un procédé permettant cette neutralisation**

⇒ si un tel procédé n'était pas possible : évolutions de conception majeures à apporter aux alvéoles MAVL pour permettre le stockage des enrobés bitumineux

Sûreté en exploitation - REX du WIPP



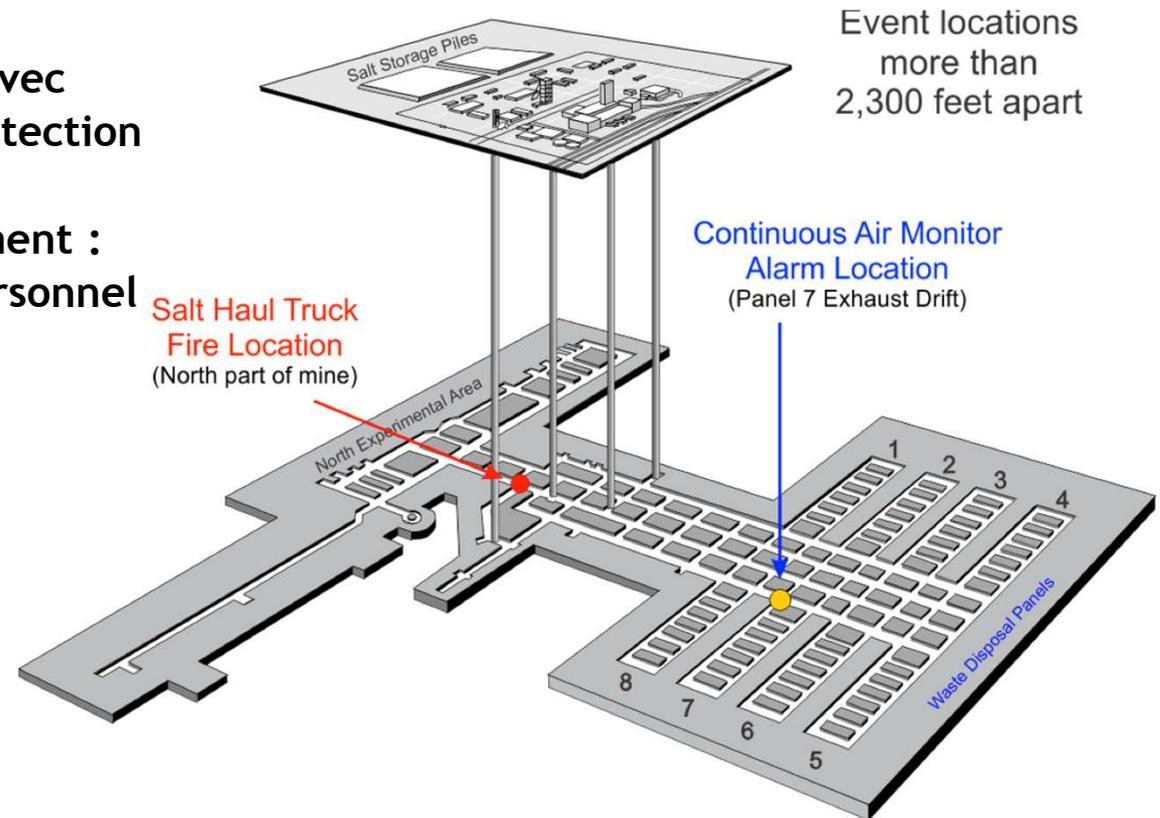
- Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) exploité depuis 1999
- Stockage de déchets nucléaires issus des activités de défense (faible et moyenne activité)
- Formation géologique saline - 600 m de profondeur
- Stockage en chambres ou en alvéoles
- Ventilation commune à toute l'installation



Sûreté en exploitation - REX du WIPP



- 5 février 2014 : incendie d'un engin de travaux → évacuation du personnel
- Entre le 14 et le 18 février 2014 : relâchement de radioactivité détectée au niveau de la zone 7
- Passage en régime réduit avec filtres THE en surface dès détection
- Conséquences du relâchement :
 - faible contamination de personnel en surface
 - contamination des galeries
- Installation arrêtée



Sûreté en exploitation - REX du WIPP



Après les deux évènements

- Le lien entre l'incendie et le relâchement d'activité a été écarté par l'AIB (Accident Investigation Board - Commission d'enquête sur l'accident) et le TAT (Technical Assessment Team - Equipe d'évaluation technique)
- Relâchement dû à des réactions exothermiques dans un fût de déchets entre un absorbant organique et des sels de nitrate entraînant une montée en température et en pression du fût, la rupture de son couvercle et le relâchement des matières radioactives qu'il contenait
- Le système de filtration de l'air extrait, situé en surface, présentait des fuites (aggravées par les phénomènes de corrosion liés à l'atmosphère saline extraite de l'installation souterraine)
 - ⇒ insuffisance des contrôles de maintenance
 - ⇒ système de filtration plus considéré important pour la sûreté de l'installation depuis 2008 entraînant des contraintes de contrôle relâchées

Sûreté en exploitation - REX du WIPP



Actions de réhabilitation mises en place après le relâchement

- **Identification et caractérisation des zones contaminées**
- **Décontamination des parois**
 - ⇒ projection d'eau sur les parois puis mise en place d'un revêtement de polyéthylène au sol recouvert de sel concassé non contaminé
 - ⇒ fixateur pulvérisé sur les parois où la contamination est la plus importante
- **Chambres 6 et 7 de la zone de stockage 7 trop contaminées : fermées**
- **Puits d'extraction d'air contaminé : non décontaminé car difficultés techniques**

Quelques conséquences de cet accident sur l'installation

- **Fermeture anticipé de deux chambres de stockage**
- **Refonte du système de ventilation de l'installation souterraine :**
 - ⇒ puits contaminé → filtration continue de l'air extrait (contrairement à avant l'accident)
 - ⇒ augmentation du débit d'air extrait
 - ⇒ séparation des flux d'air provenant des parties contaminées et non contaminées (notamment mise en place de barrières dans les galeries)

Sûreté en exploitation - REX du WIPP



Enseignements tirés par l'IRSN

- **Importance de considérer le colis primaire comme première barrière de confinement**
⇒ position réaffirmée
- **La surveillance est une des dispositions de sûreté fondamentale**
⇒ recommandation en 2014 qu'un programme de surveillance soit établi permettant de détecter au plus tôt une montée progressive en température des colis de stockage présentant des risques de réactions exothermiques
- **La relaxation des dispositions de sûreté avec le temps ne peut être exclue**
⇒ importance de considérer cette relaxation par le biais de l'étude de scénarios incluant des défaillances et ce même s'ils apparaissent improbables

Sûreté en exploitation - REX du WIPP



Enseignements tirés par l'IRSN

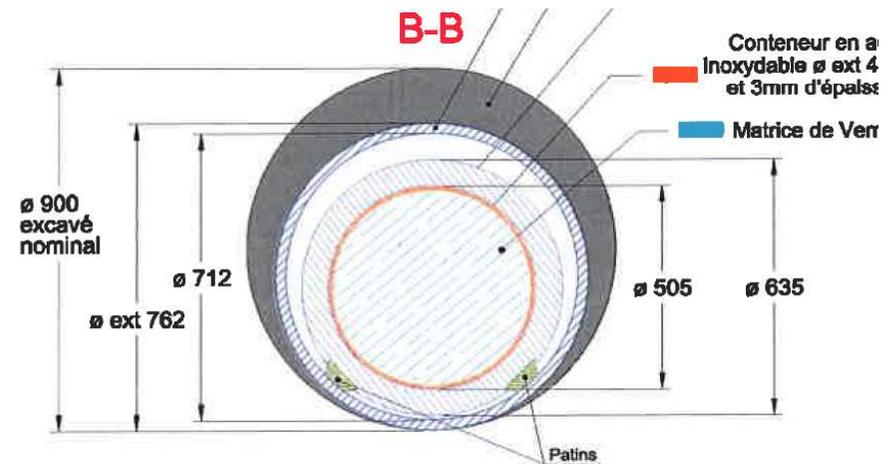
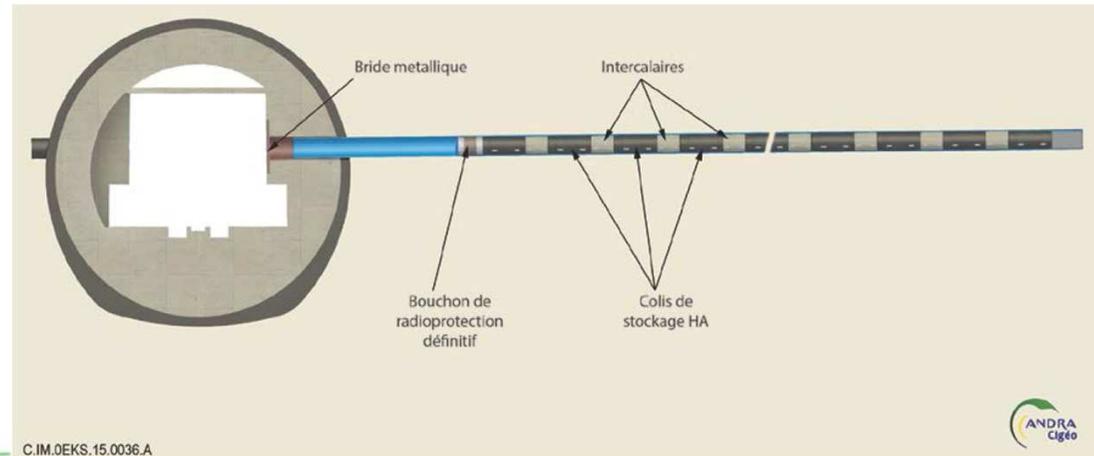
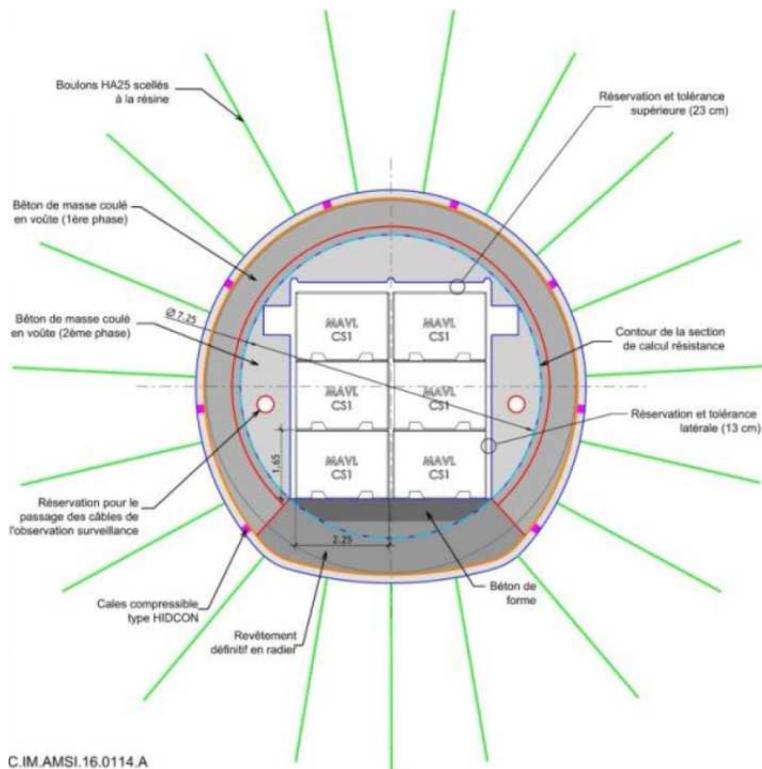
- **Nécessité de prévenir toute situation accidentelle dont les conséquences seraient préjudiciables aux conditions d'exploitation (avant que l'accident ne survienne)**
- **Durées d'indisponibilités importantes**
 - ⇒ impact sur l'exploitation et sur la filière de gestion des déchets (amont)
- **Possibilités de réaction après un accident**
 - ⇒ anticipation forte nécessaire
 - ⇒ plans d'actions visant à une réhabilitation de l'installation

Sûreté en exploitation - Mécanique

Question 2.2 : Le poids de la roche enlevée en creusant est-il supérieur ou inférieur au poids de l'installation et la roche supportera-elle ce poids ?



Fig. 12, 14, 15 du tome 1 du rapport IRSN : les colis ne sont pas posés directement sur la roche



Sûreté en exploitation - Mécanique

- IRSN** | Colis de stockage HA : masse max. 3,2 tonnes (L=2,30m)
- | Colis de stockage MAVL : masse max. 17 t, 1,28~2,25m de côté, possiblement empilés sur 2~3 niveaux

- | Pression maximale : sous une pile de colis MAVL < 25 t/m²

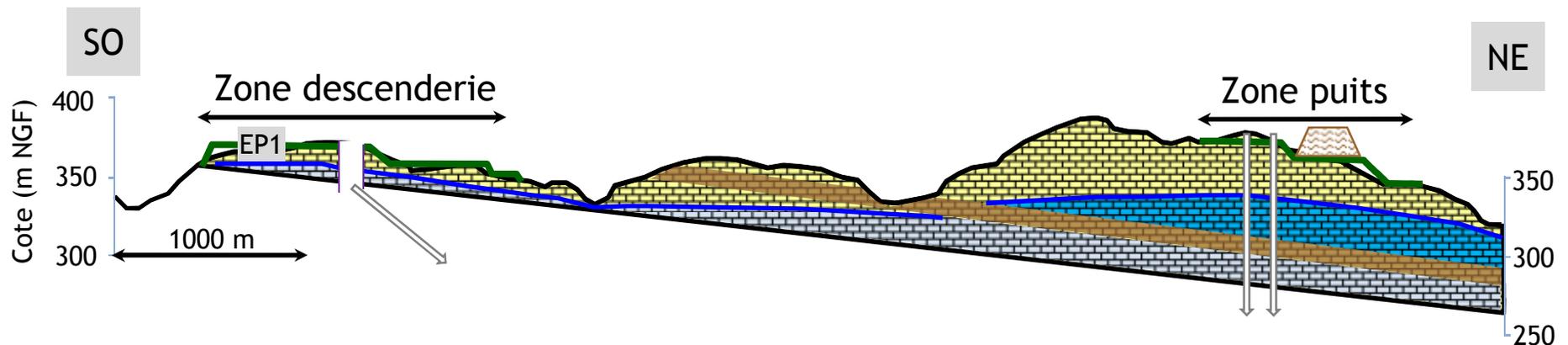
- | Cette pression est très inférieure à celle exercée par le poids des formations de couverture :
 - 500 m de couverture : $\rho \cdot g \cdot h \approx 12 \text{ MPa} = 1\,200 \text{ t/m}^2$
 - Prépondérance de la « convergence » (fermeture des vides)

Sûreté en exploitation - Question 2.3 - Inondation



Question 2.3 : 1° - Les perturbations du milieu (en particulier pour la circulation de l'eau) dues au creusement sont-elles suffisamment prises en compte par l'Andra (notamment en ce qui concerne la descenderie) ?

- Eau venant du milieu géologique = risque « **inondation externe** »

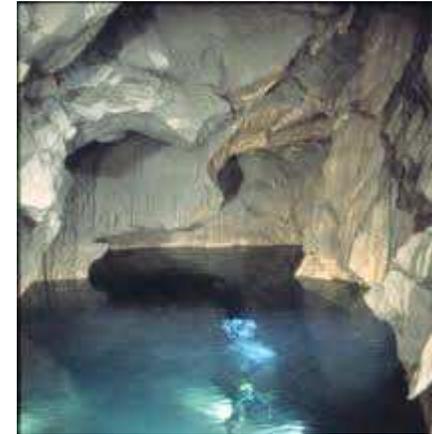


Risque d'infiltration des eaux souterraines :

- Descenderie : Ouvrage de tête construit hors d'eau (paroi étanche)
- Puits étanches au Barrois + drainage des eaux du Kimméridgien et de l'Oxfordien
- Rétentions à dimensionner en fonction des volumes à gérer

Sûreté en exploitation - Question 2.3 - Inondation

- IRSN** | Enjeu important + **Groupe Expert AIEA**
- | Gestion d'une éventuelle inondation externe prévue *sans apports du Barrois* → à fiabiliser au regard de l'ensemble des sources possibles
 - | Débit des niveaux aquifères de l'Oxfordien aux puits du Laboratoire : 4 à 6 L/min (7m³/j)
 - | Débit des niveaux aquifères du Barrois dans la ZT : > 10 m³/heure (jusqu'à >1000)
 - | Risque principal (volume/débit à gérer) : **zones fracturées et karsts du Barrois**
- ⇒ **Opportunité d'exclure ce risque par**
- | reconnaissances détaillées avant & lors du creusement
 - | traitement des formations calcaires avant & après creusement à l'explosif
 - | Disposer d'une étanchéité sur la parois des puits reposant sur différents composants



➤ Engagement E58-2017

Sûreté en exploitation - Question 2.3 - Inondation



Question 2.3 : 2° - interrogations sur les volumes d'eau récupérés (en cours de creusement et en cours d'exploitation), sur leur évacuation, et sur la localisation des exutoires ?

- Cf. ci-avant pour inondation externe
- eau servant à l'exploitation = risque « **inondation interne** »



- liste des différents réseaux (alimentation en eau, collecte des effluents liquides)
- principes en termes de dispositions de surveillance (détecteurs de pression ou débit, des sondes et des rondes de surveillance)
- principes en termes de limitation des conséquences (vannes de sectionnement sur détection de variations brutales de débits, dimensionnement cuves de rétention & caniveaux de récupération)

IRSN ⇒ pas de commentaire sur ces principes

- ⇒ à ce stade, pas d'élément d'évaluation des quantités d'eau d'exploitation
→ pour la DAC, recenser par source d'eau les situations à risque d'inondation d'origine interne pour l'ensemble des installations de Cigéo, indiquer les volumes mobilisables et le mode de gestion prévu

Sûreté en exploitation - Question 2.3 - Inondation



Question 2.3 : 2° - interrogations sur les volumes d'eau récupérés (en cours de creusement et en cours d'exploitation), sur leur évacuation, et sur la **localisation des exutoires** ?



Schémas de principe de gestion des effluents liquides → **Exutoires** :

- L'Orge (via la Bureau) pour les eaux pluviales de la zone descendrière
- L'Ormançon pour les eaux pluviales issues de la zone puits et, après contrôle et traitement, pour les eaux des verses
- La Marne pour effluents liquides (eaux d'exhaure des zones en exploitation, eaux d'extinction d'incendies et eaux usées), après contrôle et traitement



L'évolution du débit sur ces cours d'eau présente de fortes fluctuations liées aux apports et aux pertes karstiques des calcaires du Barrois : en aval de Cigéo, leur **écoulement n'est pas pérenne** → pour la DAC :

- ⇒ Présenter des débits, adapter les rejets aux chroniques...
- ⇒ Réaliser un recensement des usages de l'eau en aval des installations



➤ **Engagement E63-2017** / caractéristiques des cours d'eaux envisagés comme exutoires des effluents d'exploitation ; impacts sur usages de l'eau en aval

Sûreté en exploitation - Question 2.4 - Contamination

■ Comment est traité l'intrusion d'animaux dans l'installation souterraine, pouvant remonter de la contamination en surface ?

■ En situation normale :

- Déchets pas accessible de suite (surcolisage), donc limite les risques de « grignotage » des déchets
- Pas de contamination des colis de stockage
- Atmosphère : filtration de l'air extrait

■ Protection des alimentations électriques :

- Non traité/cause : l'hypothèse est faite que le système important pour la sûreté est « perdu » afin d'en analyser les conséquence (démonstration de sureté)

■ Remarque :

- En surface, on retombe sur le REX des installations existantes

⇒ Intrusion d'animaux non versée à l'instruction

⇒ Bactéries versées en tant qu'agresseur potentiel → cf. question suivante



Sûreté en exploitation - Question 2.4 - Contamination

■ Origine de l'activité microbienne et conséquences potentielles (pour la roche et/ou les colis)



- Fiche Orientations « Paramètres du Callovo-Oxfordien » p38/45 et « effets microbiologiques » p39/45

■ Le COX ne permet pas un développement bactérien significatif à cause d'un manque d'espace, d'eau ou de nutriments

■ Les scénarios d'évolution ne prennent pas en compte l'impact des bactéries, même dans les argilites endommagées (ZFC et ZFD)

■ Panache alcalin → relargage éventuel du C organique → nutriment (p.ex. extrados HA)

IRSN

■ Incertitudes sur autocicatrisation des argilites endommagées → Importance d'un éventuel développement bactérien non encore appréhendé

➤ Engagement E22-2017

S'assurer pour la DAC, que les propriétés de transport des ZFC et ZFd considérées dans les évaluations des scénarios d'évolution, soient bien enveloppées des potentiels effets des perturbations chimiques qui pourraient se produire dans ces zones

Sûreté en exploitation - Question 2.4 : contamination

■ Origine de l'activité microbienne et conséquences potentielles (pour la roche et/ou les colis)



- Fiche Orientations « Paramètres du Callovo-Oxfordien » p38/45 et « effets microbiologiques » p39/45

■ Composants acier : activité bactérienne limitée à l'extrados par coulis de ciment bentonitique (maîtrise transitoire acide) et l'intrados du chemisage



■ Programme d'études de l'Andra vise à confirmer les conditions d'environnement

IRSN

- différents paramètres d'évolution, impact du matériau de remplissage (homogénéité du coulis?), irradiation...
- ne présente pas explicitement l'impact des bactéries sur les phénomènes et les vitesses de corrosion



➤ Engagement E19-2017

Présentation à la DAC des travaux du programme R&D Andra sur la corrosion des aciers :

- Effets d'une activité bactérienne / aux conditions d'environnement attendues pour alvéoles HA

➔ vérifier que l'activité des bactéries ne remet pas en cause les performances du chemisage et des conteneurs de stockage

**Groupe
Experts AIEA**

Inclure l'activité bactérienne présente au niveau de l'interface entre le chemisage et le matériau de remblai dans sa démonstration de sûreté

Sûreté en exploitation - Question 2.4 - Contamination

*Groupe
Experts AIEA*

■ Observations du groupe d'Experts AIEA (ERI)

- L'ERI a constaté que les scénarios n'ont pris en compte aucun effet dû à une quelconque activité microbienne dans les composants en béton, la roche argileuse saine ou les noyaux de scellement en argile. L'activité microbienne présente au niveau des interfaces (chemisage/argile, par exemple) dans la zone d'excavation perturbée ou au niveau de matériaux cimentaires est susceptible d'accélérer la corrosion des pièces métalliques de l'installation de stockage. Une corrosion accélérée, et donc une perte précoce de la fonction de protection du chemisage, risque alors de conduire à l'accélération de la corrosion des conteneurs de déchets HA. L'activité microbienne peut impacter la structure des alvéoles de déchets HA.

■ Recommandation du groupe d'Experts AIEA (ERI)

- L'Andra doit inclure, dans son rapport de sûreté et sa démonstration de sûreté, l'activité microbienne présente au niveau de l'interface entre le chemisage et le matériau de remblai, étayé, si nécessaire, par la recherche sur cette activité.