

SEPTEMBRE 2025

POINT SUR L'INSTRUCTION DU DDAC CIGÉO

AVIS GP3 ET CONSULTATION DES PARTIES PRENANTES

SOMMAIRE



GP3 – EXPERTISE TECHNIQUE DE L'ASNR



GP3 – AVIS DU GPD



CONSULTATION DES PARTIES PRENANTES SUR L'AVIS ASNR

01

GP3 – EVALUATION DE SÛRETÉ APRÈS FERMETURE

EXPERTISE TECHNIQUE DE L'ASNR

RAPPEL DU CONTEXTE

Expertise du dossier de demande d'autorisation de création (DDAC) de Cigéo organisée selon 3 groupements de thématiques :

- (i) les données de base retenues pour l'évaluation de sûreté de Cigéo
- (ii) la démonstration de sûreté en phase d'exploitation
- (iii) **la démonstration de sûreté après la fermeture de l'installation**

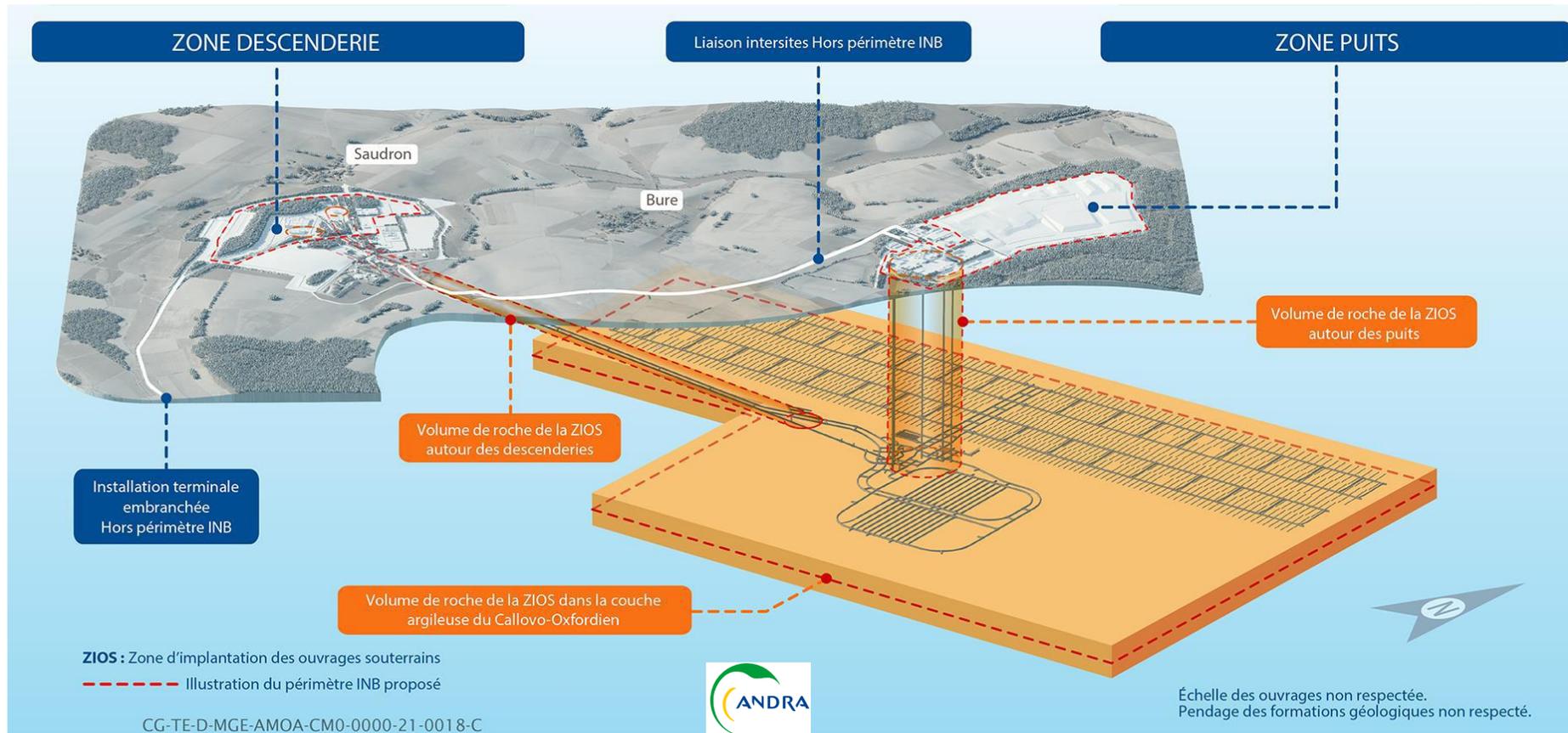
En parallèle, dialogue technique organisé à destination de la société civile par l'ANCCLI, le CLIS de Bure et l'ASNR (début 2023 - octobre 2025)

Objectifs :

- (i) prise en compte des préoccupations et des questions de la société civile pour rendre plus robuste l'expertise de l'ASNR
- (ii) permettre à la société civile de se forger sa propre opinion et participer ainsi au processus conduisant à la décision publique

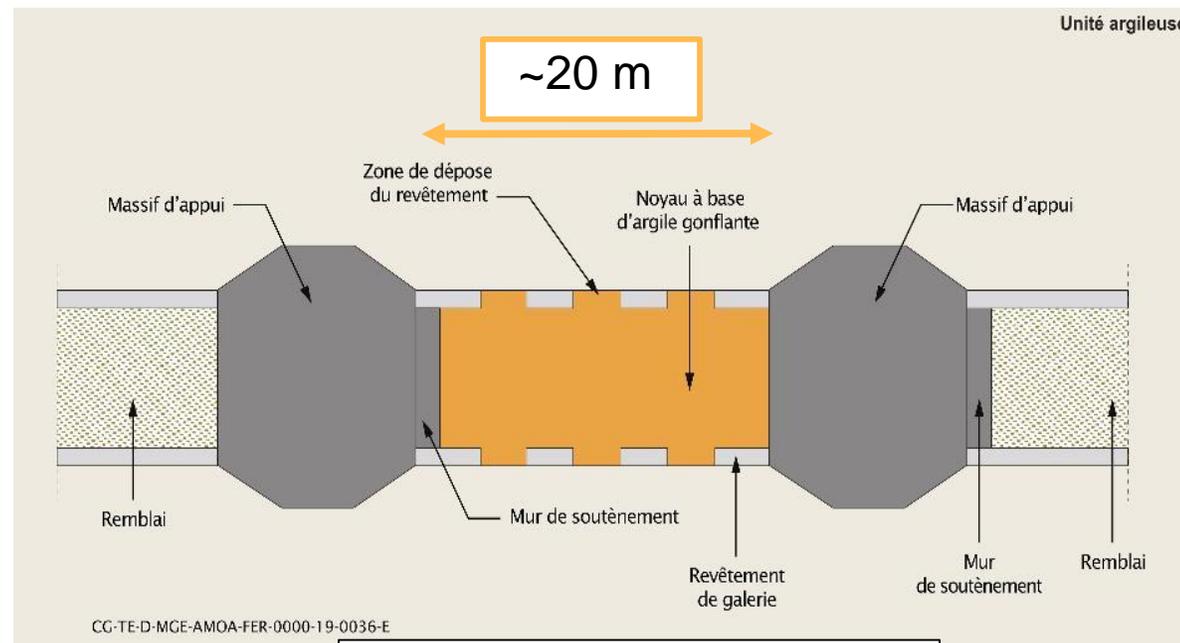
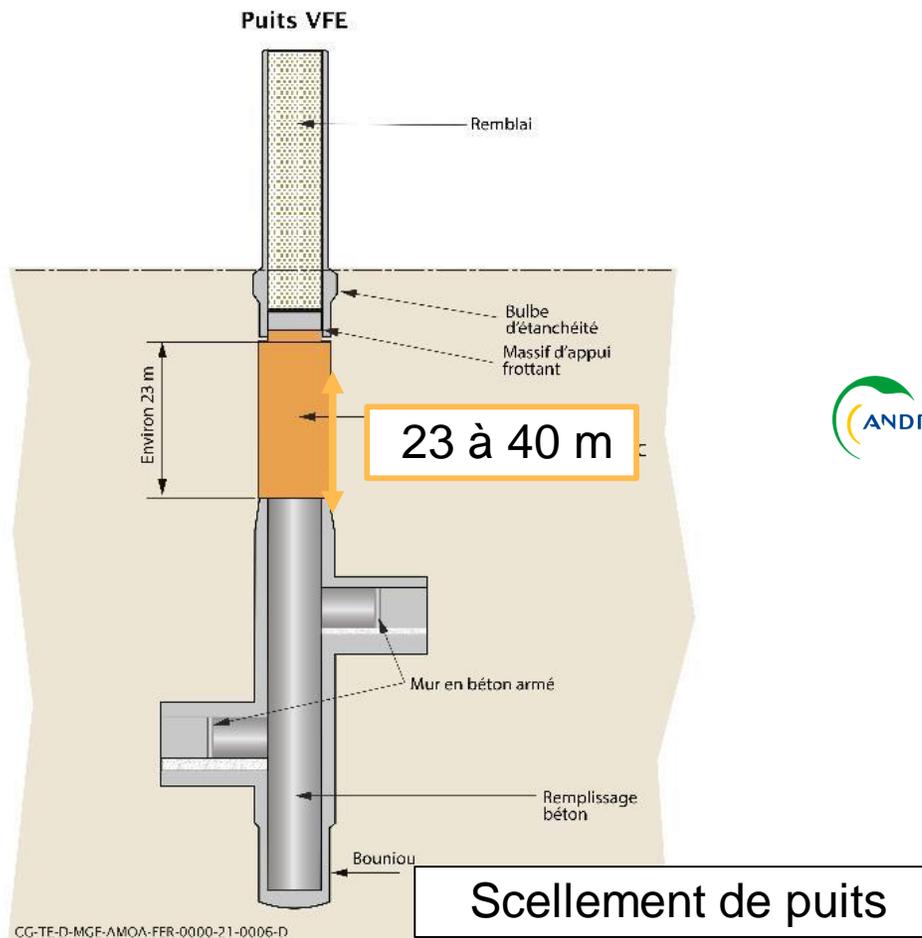
ÉLÉMENTS DE DESCRIPTION APRÈS FERMETURE

- Fermeture actuellement prévue autour de 2150 par l'Andra
- Obturation des alvéoles, **remblayage** des ouvrages souterrains et mise en place des **scellements**

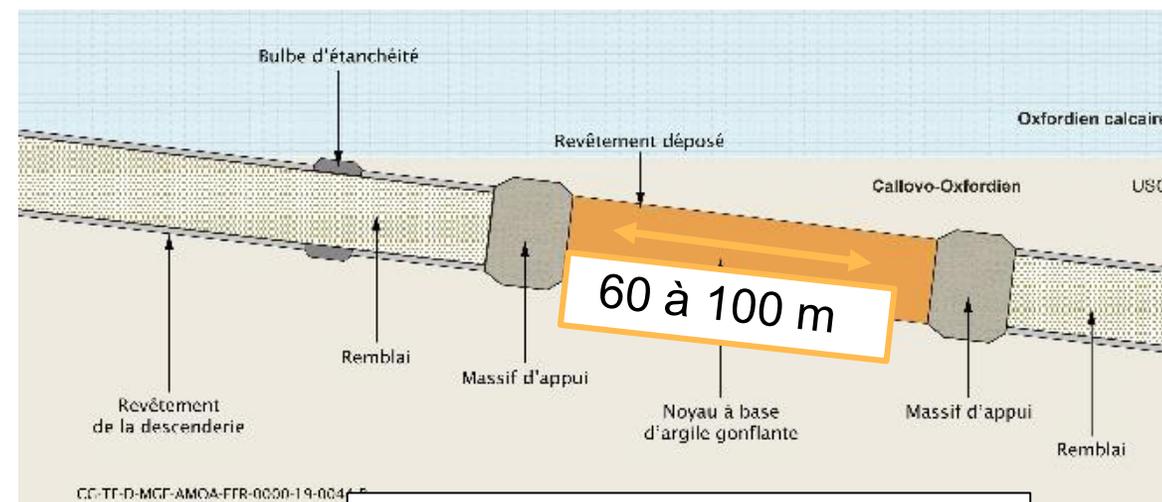


LES SCELLEMENTS

- Noyau en argile gonflante (bentonite et additifs)
- Massifs d'appui en béton de part et d'autre



Scellement de galerie



Scellement de descenderie

DÉMARCHE DE SÛRETÉ APRÈS-FERMETURE



OBJECTIF DE LA DÉMARCHE

- S'assurer de la sûreté passive du stockage sur le long terme, afin de protéger les personnes et l'environnement envers les risques liés à la dissémination des substances radioactives et toxiques chimiques
- Montrer la robustesse du système de stockage en regard des incertitudes liées à l'état des connaissances, et en particulier celles relatives à l'évolution à long terme de l'installation de stockage et du milieu géologique

DÉMARCHE GÉNÉRALE

- Deux volets :
 - (i) Analyse des risques et des incertitudes
 - (ii) Evaluation de la performance de confinement *via* des scénarios d'évolution du stockage intégrant ces risques et incertitudes puis vérification des objectifs de protection



➤ **Démarche satisfaisante (DOS, normes et guides en vigueur)**

MÉMOIRE DE CIGÉO À LONG TERME



DOSSIERS DESCRIPTIFS DU STOCKAGE

Dossier Synthétique de Mémoire (DSM) - Destiné au **grand public**

- Description de l'installation, l'inventaire des déchets stockés et leur localisation

Dossier Détaillé de Mémoire (DDM) - Destiné à l'**exploitant**

- Ensemble des **informations nécessaires à la compréhension des phénomènes**



@ Sandia National Laboratories



- Travail de préfiguration engagé sur la base du REX du CSM en particulier

➤ **Satisfaisant au stade actuel du projet Cigéo**

➤ **Méthode de sélection des données à archiver à consolider avant les travaux de terrassement et modalités de conservation à définir**



ECHANGES AVEC LE PUBLIC ET DISPOSITIONS MÉMORIELLES AU DROIT DE L'INB

- « Groupe mémoire » constitué de riverains du LSMHM et réflexion sur des capsules temporelles confiées au territoire
- Objectif de signaler à très long terme la présence du site et d'alerter sur sa dangerosité
- Nature de ces dispositions qui reste à définir (e.g. ouvrages d'art, céramiques enfouies dans le sol, etc.)



➤ **Dispositions décrites de façon sommaire mais pertinentes dans leur principe au stade actuel du projet**



ANALYSE DES RISQUES ET INCERTITUDES

Incertitudes liées à l'état des connaissances → examinées lors du **GP1**

Analyse des risques d'origine interne portant sur des perturbations thermiques, hydrauliques (surpressions liées au fluage de la roche), gazeuse (durant le transitoire hydraulique-gaz) ou encore liées à la criticité à long terme, etc.

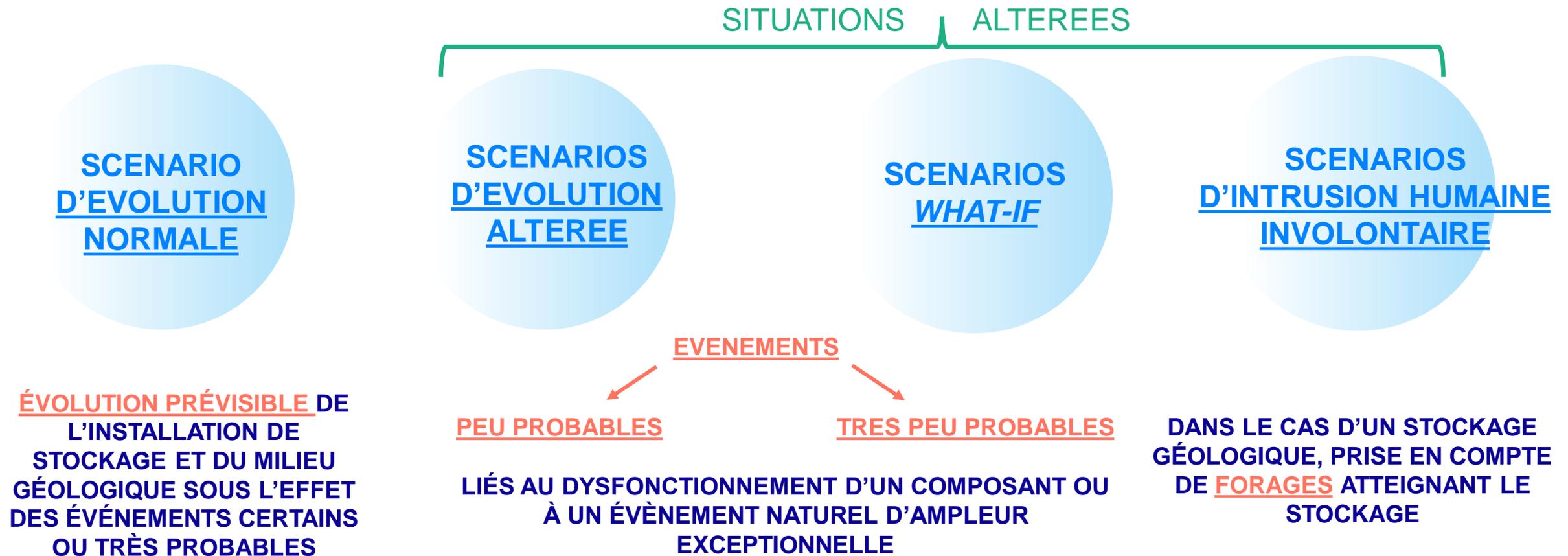
Analyse des risques externes liés aux séismes susceptibles de survenir après la fermeture du stockage en lien avec le dimensionnement des ouvrages notamment de fermeture

PSE-ENV

- **Analyse globalement satisfaisante des risques sur le long terme et des incertitudes associées à la performance des composants du stockage**
- Quelques justifications complémentaires sont attendues quant au caractère enveloppe de l'aléa sismique retenu pour le dimensionnement de certains composants, ainsi que celui des modèles d'évolution des alvéoles considérés dans les études de sûreté-criticité.

DÉFINITION DES SCÉNARIOS

GUIDE DE SÛRETÉ ASN (2008), STANDARDS INTERNATIONAUX



DÉFINITION DES SCÉNARIOS D'ÉVOLUTION DU STOCKAGE



- Dysfonctionnement de composants participant à la réalisation de fonctions de sûreté après fermeture : les ouvrages de scellement ou les conteneurs de stockage HA (idem DOS)
- Au stade du DDAC, deux scénarios supplémentaires où les fonctions de sûreté associées à la roche hôte sont dégradées :
 - ◆ Faille non détectée
 - ◆ Effondrement dans un alvéole MA-VL
- Scénarios d'intrusion humaine par forage



- **Sélection de scénarios d'évolution pertinente au regard des risques et des incertitudes identifiés**
- Prise en compte d'événements perturbateurs supplémentaires en cohérence avec l'expertise du DOS → **amélioration notable de la démonstration de sûreté**

SCÉNARIO D'ÉVOLUTION NORMALE (SEN)



Deux situations considérées :

- (i) Une **situation de référence** correspondant à l'état des connaissances
- (ii) Une **situation enveloppe** retenant les exigences spécifiées (épaisseur de garde saine), des valeurs conservatives (propriétés hydrauliques du COx, solubilité du sélénium, etc.) couplées à des hypothèses pénalisantes (distribution de l'inventaire radiologique, choix des exutoires)



- **Approche satisfaisante sur le principe qui permet d'estimer l'impact radiologique attendu au regard des connaissances actuelles, en complément de l'impact radiologique maximal qui tient compte de l'ensemble des incertitudes identifiées ou des valeurs spécifiées.**
- **Point d'attention pour la situation enveloppe : domaine d'évolution prévisible étendu qui conduit à majorer la quantité et la vitesse de transfert des radionucléides dans le COx et dans les formations encaissantes jusqu'aux exutoires**

SCÉNARIO D'ÉVOLUTION NORMALE (SEN)

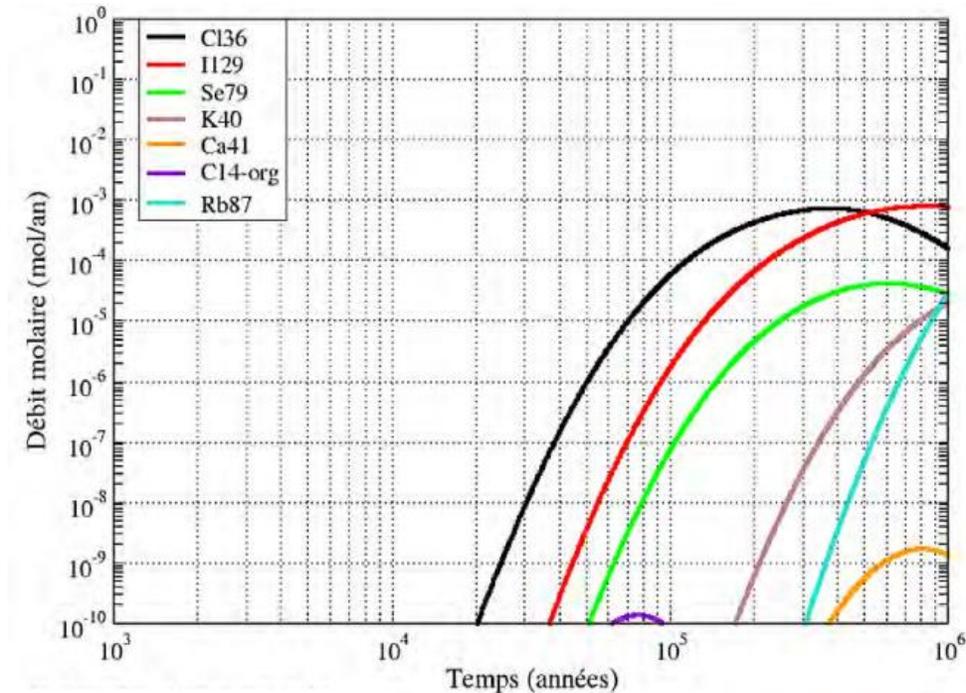
DÉBITS MOLAIRES EN SORTIE DU COX



- Contributeurs principaux : ^{36}Cl , ^{129}I , puis ^{79}Se
- Contribution des éléments **vie-longue, peu sorbés**
- Une grande partie des RNs est retenue et/ou a déçu (temps de transfert)
- Débits molaires en sortie du COx >> en sortie des liaisons surface-fond : **prédominance de la voie Callovo-Oxfordien (COx)**



- **Contre-calculs confirment les résultats de l'Andra**
- **Bonne capacité globale de confinement du système de stockage en « situation de référence » et « en situation enveloppe »**
- **Large prédominance des transferts par diffusion, phénomène lent, via la voie COx, par rapport à la voie « ouvrages » (galeries et liaisons surface-fond).**



SEN situation de référence

SCÉNARIO D'ÉVOLUTION NORMALE

IMPACT SANITAIRE RADIOLOGIQUE

- En situation de référence : **Impacts très inférieurs à l'objectif de protection** (valeur repère de 0,25 mSv/an)
- En situation enveloppe : **impact du même ordre de grandeur que l'objectif de protection.**

 PSE-ENV

- **Importance de poursuivre les efforts de consolidation des données (solubilité du sélénium, propriétés hydrauliques du COx) afin de disposer de marges par rapport aux objectifs de protection en situation enveloppe**

IMPACT SANITAIRE CHIMIQUE

- **Impact très faible**
- **Compléments méthodologiques attendus sans toutefois être de nature à remettre en cause les ordres de grandeur estimés**

 PSE-ENV

IMPACT ENVIRONNEMENTAL

- **Impact négligeable** pour la faune et la flore est négligeable

DYSFONCTIONNEMENT DES SCELLEMENTS

DÉFINITION DES SCÉNARIOS

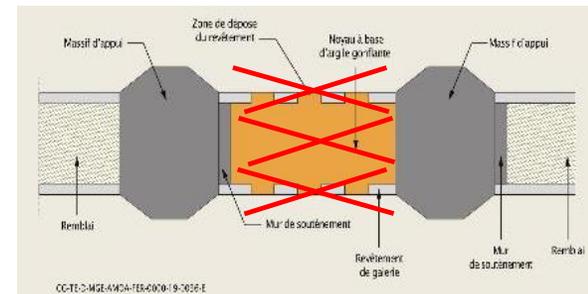
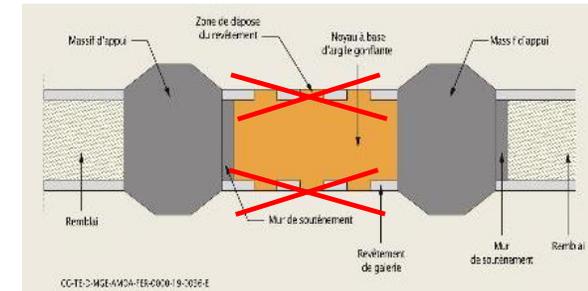


3 scénarios SEA : dysfonctionnement impliquant l'interface entre le noyau argileux et les argilites :

- (i) des scellements des liaisons surface-fond
- (ii) des scellements des galeries
- (iii) SEA-3 de dysfonctionnement de tous les scellements

3 scénarios *What-if* : cumul des dysfonctionnements du noyau argileux et de l'interface entre le noyau argileux et les argilites :

- (i) des scellements des liaisons surface-fond
- (ii) des scellements des galeries
- (iii) SEA-3 de dysfonctionnement de tous les scellements



DYSFONCTIONNEMENT DES SCELLEMENTS



ENSEIGNEMENTS ISSUS DE L'EXPERTISE (DONT CONTRE-CALCULS)

En situation de référence :

- redondance entre les scellements des galeries et les scellements des LSF
- prédominance du transfert diffusif via le COx
 - **maintien de la bonne capacité de confinement du stockage**

En situation enveloppe :

- Transfert significatif de solutés par les ouvrages
- rôle essentiel des scellements des LSF pour s'opposer à la circulation de l'eau et ainsi favoriser les transferts diffusifs via le COx
- Impact radiologique maximal du même ordre de grandeur (jusqu'à 0,3 mSv/an) que pour le SEN

DYSFONCTIONNEMENT DES CONTENEURS DE STOCKAGE HA



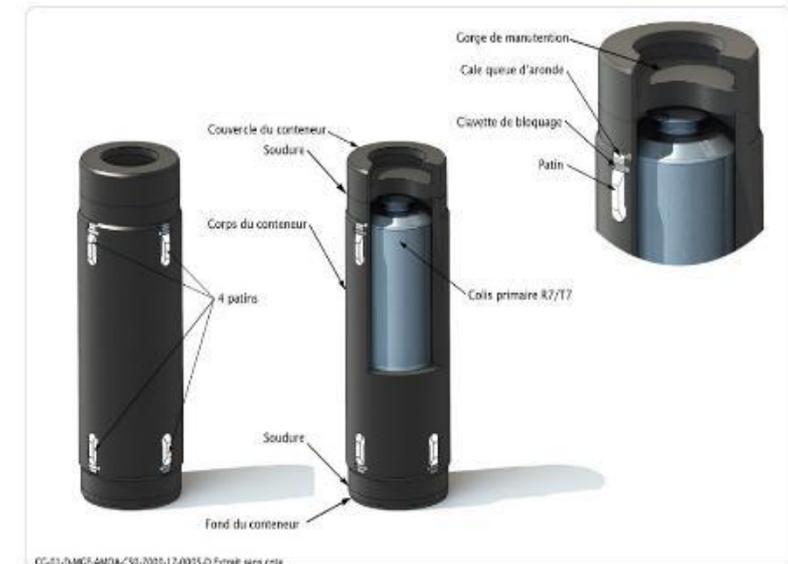
SCÉNARIOS

- Perte d'étanchéité d'un conteneur de stockage (SEA) ou de l'ensemble (*What-if*) dès la fermeture de l'installation
- Relâchement labile des substances contenues dans la matrice vitrifiée en phase thermique

RÉSULTATS ANDRA

- Débits molaires des trois espèces mobiles, par les deux voies de transfert, identiques à ceux du SEN
- Impacts sanitaire et environnemental similaires à ceux du SEN

- **Hypothèses très pénalisantes (relâchement labile)**
- **Impact très limité**



CC-01-D-MGE-ANDRA-CS0-7000-17-0025 © Extrait sans cote

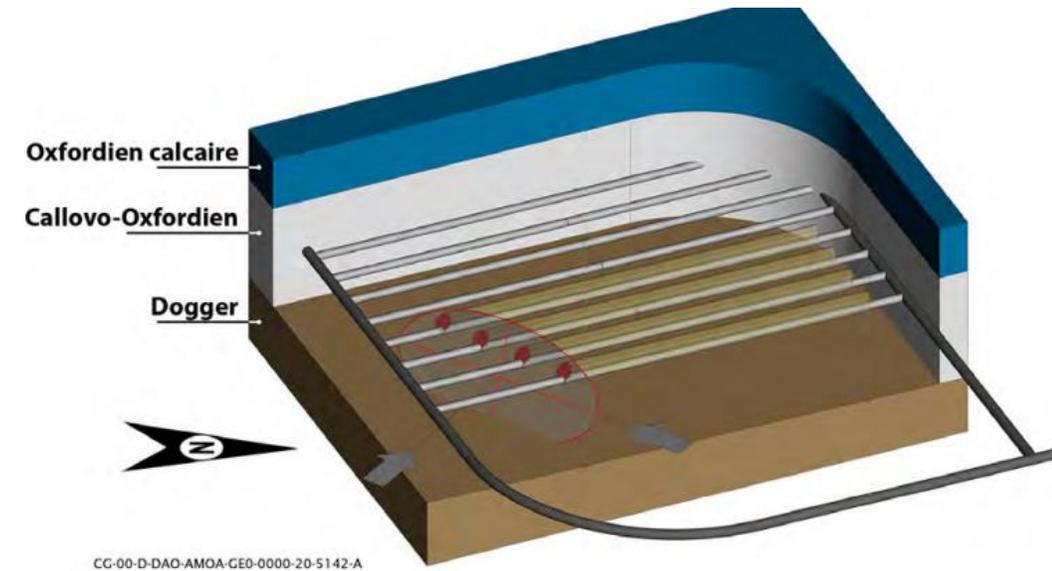


FAILLE NON DÉTECTÉE DANS LE COX

DÉFINITION DES SCENARIOS ET RESULTATS



- Discontinuité traversante dans la roche hôte (court circuit hydraulique) localisée dans le quartier de stockage MA-VL
- En situation enveloppe, dose maximale de 22 mSv portée par le ^{229}Th (chaîne de filiation 4N+1)



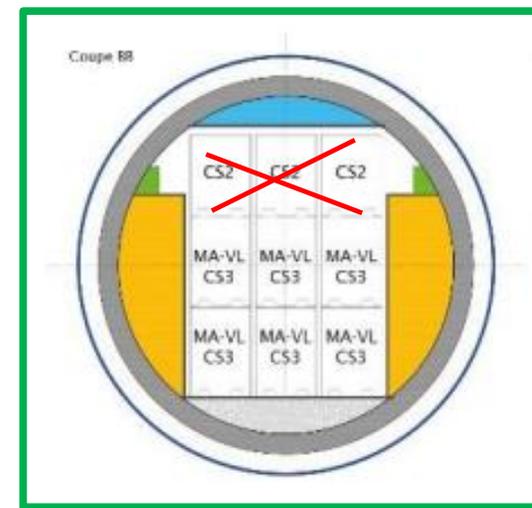
- **Relâchement significatif *via* la discontinuité de RN à vie longue peu mobiles**
- **Dose élevée générée par les actinides et leurs descendants - de l'ordre de grandeur des objectifs de protection pour ce type de scénario (1 - 20 mSv/an)**
 - **Bon niveau de robustesse du système de stockage en cas de faille en regard de la vraisemblance du scénario et des hypothèses pénalisantes**
- **Des compléments devront être apportés pour confirmer l'absence d'impact d'un tel scénario dans le quartier de stockage HA au-delà de cet ordre de grandeur.**

EFFONDREMENT D'UN ALVÉOLE MA-VL



DÉFINITION DU SCENARIO ET RÉSULTATS

- Effondrement d'un alvéole MA-VL pendant la phase d'exploitation
- Alvéole fermé avec les colis déjà stockés avant effondrement sans que les vides supplémentaires apportés par la partie non remplie par les colis ne soient comblés
- En situation d'effondrement, le débit molaire en sortie du toit du COx est inférieur à celui du SEN.
- Le terme source pilote le débit molaire et non la diminution d'épaisseur de garde saine liée au taux de vide.



- Contre-calcul et étude d'autres situations d'effondrement au sein du stockage (effondrement de deux alvéoles MA-VL adjacents, effondrement de galeries dans les quartiers MA-VL et HA)
- **L'impact limité de l'effondrement d'un alvéole MA-VL illustre la capacité de la roche hôte à assurer ses fonctions de sûreté, malgré sa dégradation locale, et démontrent ainsi la robustesse du système de stockage vis-à-vis de ce type de scénario.**

ABANDON DU STOCKAGE



CONTEXTE

- Situation qui ne peut être exclue au regard de la durée séculaire de l'exploitation de Cigéo
 - Sujet identifié d'intérêt et co-construit dans le cadre du **dialogue technique** durant l'expertise
- Étudié à des fins exploratoires par PSE-ENV pour évaluer la **robustesse du stockage** en l'absence de mise en œuvre des dispositions de fermeture

PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS

- **La mise en place d'un remblayage simple, de perméabilité relativement faible, permettant de conserver une épaisseur résiduelle de quelques mètres d'argilite saine, pourrait contribuer à maintenir la capacité globale de confinement du stockage.**
- **Engagement Andra d'étudier une situation d'abandon du stockage avant sa fermeture afin d'en tirer des enseignements, notamment en matière de fermeture préventive anticipée du stockage, et ainsi d'en limiter les conséquences sur la sûreté à long terme.**

INTRUSION HUMAINE INVOLONTAIRE

SCÉNARIOS D'IMPACTS AU FOREUR ① ④

- Expositions d'un foreur suite à une remontée de déchets ou un panache de gaz radioactifs, de l'ordre de quelques mSv

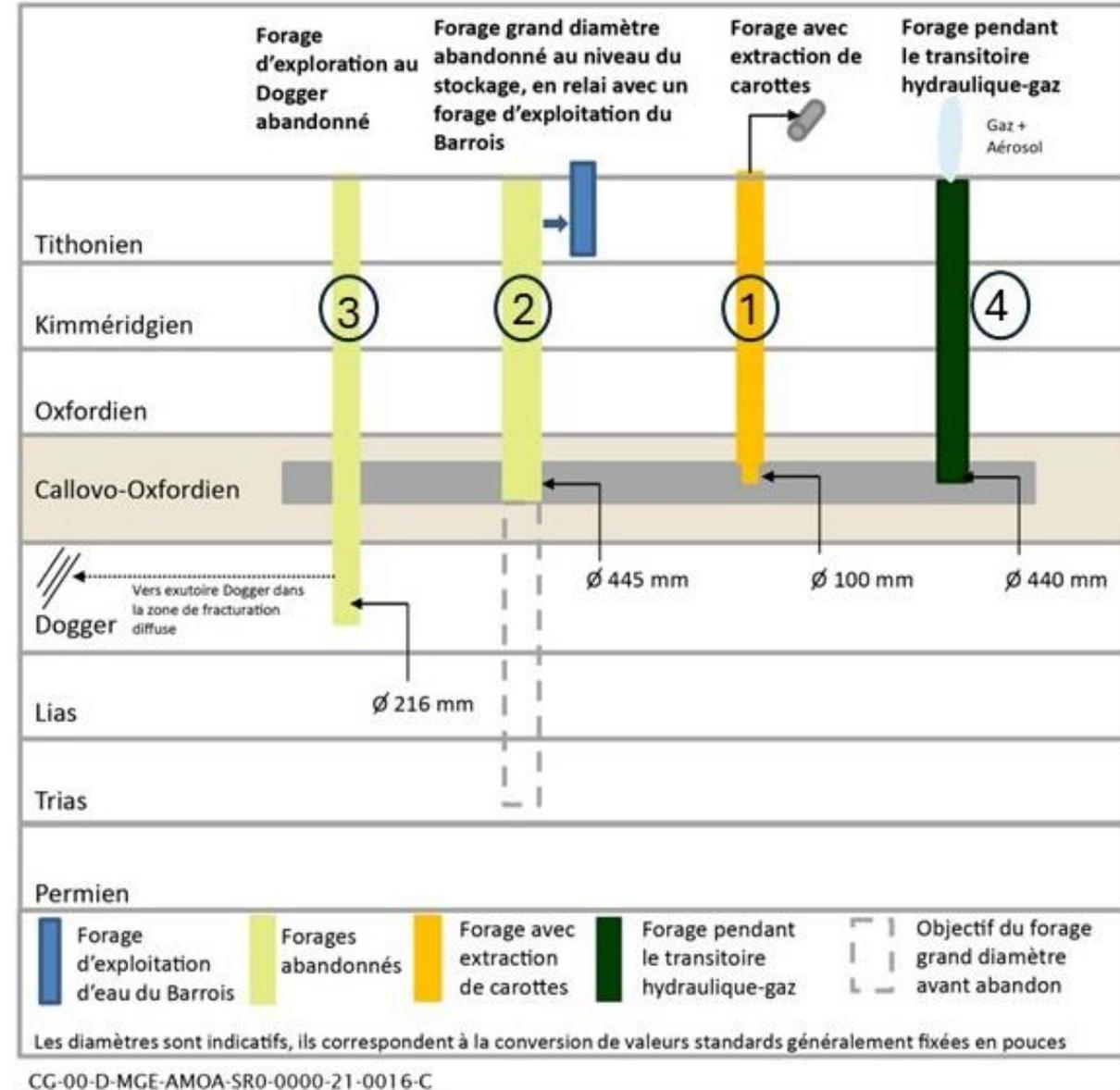
→ Pas rédhibitoires notamment compte tenu de la sévérité de l'hypothèse de remontée de déchets en surface

SCÉNARIOS D'IMPACTS LIÉS AUX TRANSFERTS PAR L'EAU ② ③

- Exposition radiologique liée à l'utilisation d'eau contaminée à travers un court-circuit induit par un forage d'exploration abandonné et mal scellé

→ Pas d'exposition au-delà des objectifs de protection à retenir pour ce type de scénario

→ Diminution à rechercher (compartimentage supplémentaire dans le quartier MA-VL par exemple)



ARCHITECTURE DU STOCKAGE

DEMANDE ASN AU STADE DU DOS (2018)

- « [l'Andra] étudie une **architecture de stockage qui renforce la capacité globale de confinement de l'installation**, en prenant en considération **au moins les lignes de défense suivantes et leur combinaison** :
 - ♦ **le nombre et la performance des scellements de galerie,**
 - ♦ **la distance entre les quartiers de stockage et la base des liaisons surface-fond,**
 - ♦ **et le positionnement des quartiers de stockage par rapport aux liaisons surface-fond.** »
- L'ASN précisait que « *l'architecture retenue dans la demande d'autorisation de création sera justifiée par une étude des avantages et inconvénients de différentes options [...]* »



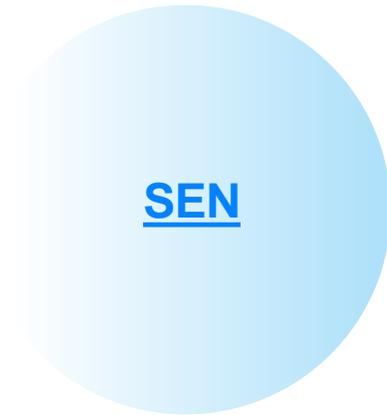
STADE DDAC

- Etude de sensibilité liée à la deuxième ligne de défense uniquement



- **Seule une comparaison de plusieurs options d'architecture combinant les différentes lignes de défense est de nature à démontrer qu'une architecture donnée est optimisée.**
- **L'architecture DDAC fait reposer un poids supplémentaire sur les scellements.**
- **Engagement pris par l'Andra de justifier, avant l'enquête publique, le nombre, la localisation et la performance des scellements des galeries dans l'architecture à terminaison.**

ÉTUDES D'ADAPTABILITÉ



SITUATIONS DE RÉFÉRENCE
ET ENVELOPPE

SEA:
DEFAILLANCE DES
SCELLEMENTS

SITUATION ENVELOPPE DU SEN



SITUATION ENVELOPPE DU SEN



- **Maintien de la capacité globale de confinement en SEN en cas de stockage de l'inventaire de réserve.**
- **Les évaluations du SEA et SIHI tendent à montrer la **robustesse du stockage**.**
 - **Aucun élément rédhibitoire identifié à ce stade des études d'adaptabilité**
- **Des efforts encore à mener pour démontrer l'absence de risque de criticité à long terme du stockage des CU.**

CONCLUSION GP3

PSE-ENV

- Démonstration de sûreté de Cigéo après fermeture au **niveau de maturité requis au stade d'une demande d'autorisation de création** d'un stockage.
- En particulier, notamment au vu de ses propres modélisations, PSE-ENV estime que le système de stockage, dans l'architecture retenue, est **robuste vis-à-vis de l'ensemble des événements perturbateurs considérés**.
- Les principaux compléments identifiés par PSE-ENV ont tous fait l'objet d'un engagement de la part de l'Andra en vue des prochaines étapes du développement de Cigéo.

[Lien vers le rapport d'expertise de l'ASNR](#)

- **Avancées notables** de la démonstration de sûreté de Cigéo depuis le DOS :
 - Démonstration **globalement au niveau de maturité requis à ce stade** pour l'architecture retenue qui doit désormais être complétée et consolidée.
 - **Spécificité temporelle** du projet Cigéo :
 - ◆ Phase industrielle pilote destinée à asseoir la démonstration de sûreté du stockage
 - ◆ Durée estimée à une trentaine d'années à partir de la délivrance du décret d'autorisation de création.
- **Compléments et consolidations à apporter** durant cette phase qui feront l'objet de **rendez-vous d'évaluation en amont de la mise en service de l'installation** (horizon 2050)
- ◆ Propriétés de la roche hôte au droit des structures profondes détectées dans le nord du quartier HA, sûreté du stockage des déchets bitumés, de la fermeture des alvéoles MA-VL et de l'exploitation des alvéoles HA, surveillance des ouvrages pendant la phase d'exploitation, scellements, etc.
- **Phase industrielle pilote désormais indispensable** pour compléter et consolider la démonstration de sûreté **dans des conditions d'environnement et de fonctionnement industriel**, en vue de la mise en service de l'installation.

02

GP3 – EVALUATION DE SÛRETÉ APRÈS FERMETURE

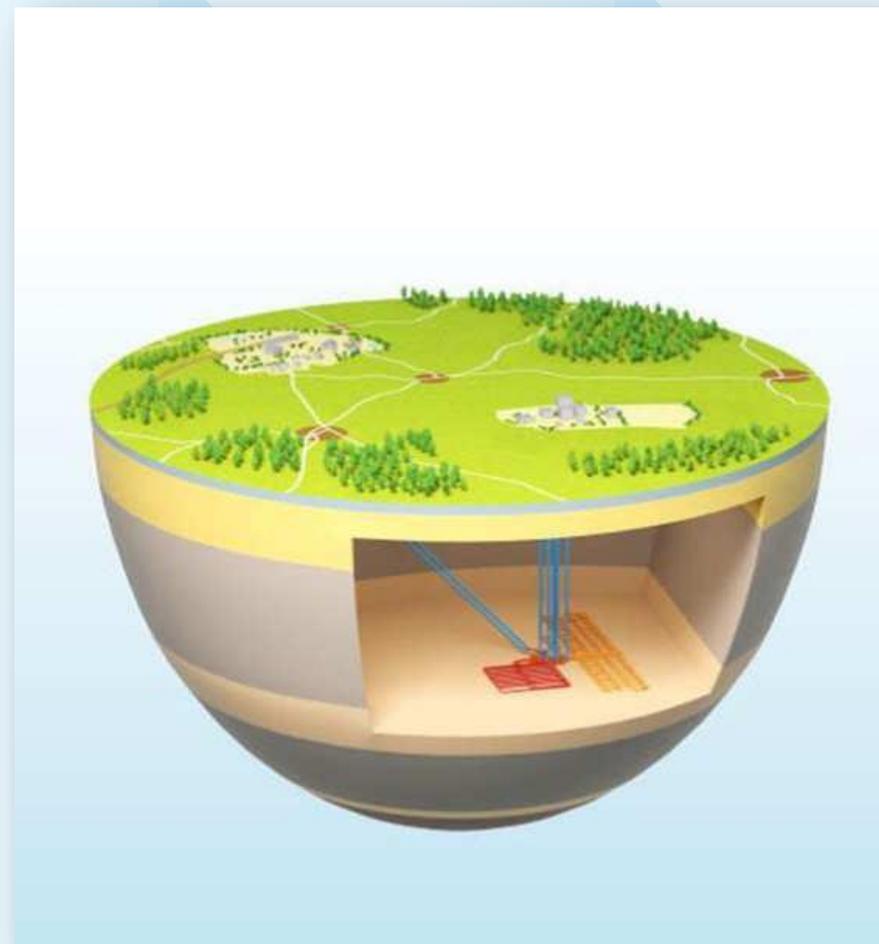
AVIS DU GPD

9 SEPTEMBRE 2025

Présentation de l'avis du GPD

Réunion des 25 et 26 juin 2025

Démonstration de sûreté en après-fermeture



Conclusions du GPD – Sûreté en après-fermeture

- Lors de sa réunion des 25 et 26 juin 2025, le GPD a **confirmé les principaux éléments de conclusion** de l'expertise réalisée par l'ASNR.
- La **démonstration de la sûreté en après-fermeture** est **satisfaisante pour ce stade de développement du projet**, compte tenu des **engagements** pris et sous réserve de la **prise en compte des observations** formulées.
- Le **système de stockage**, dans **l'architecture retenue**, présente une **bonne capacité globale de confinement** et est **robuste** vis-à-vis de l'ensemble des **risques** et **incertitudes** considérés en après-fermeture.

Points soulignés par le GPD – Sûreté en après-fermeture

- Nécessité d'évaluer le degré de conservatisme par rapport aux objectifs de protection radiologique de l'évaluation en situation enveloppe du scénario postulant un **forage abandonné** au niveau du stockage.
- Concernant le **risque de criticité** : l'exclusion de ce risque, satisfaisant sur le principe, peut s'avérer délicate à démontrer eu égard aux échelles de temps à considérer.
- Concernant l'**optimisation de l'architecture** actuellement retenue, l'Andra a étudié l'incidence de la longueur des galeries sur les gains possibles en termes de performance de confinement, mais n'a pas répondu à l'ensemble de la demande de l'ASN formulée à ce sujet à l'issue de l'instruction du DOS.
- Justification attendue concernant le **positionnement du quartier de stockage MA-VL** par rapport aux liaisons surface-fond, ainsi que le **nombre** et la **localisation des scellements** des galeries.
- Le travail de préfiguration engagé pour la **préservation de la mémoire** de Cigéo en phase d'exploitation et de post-fermeture est satisfaisant au stade actuel de développement du projet et doit se poursuivre

Conclusions générales du GPD

- À l'issue de l'examen de l'ensemble du dossier de demande déposé par l'Andra, le groupe permanent considère que la démonstration de sûreté de Cigéo repose sur une **base solide de connaissances** (site de Meuse/Haute-Marne, composants du système de stockage et évolution à long terme, inventaires) et a atteint le **niveau de maturité requis à ce stade**.
- Il a néanmoins soulevé certains **enjeux importants**, qui appellent des **compléments** et **consolidations** et devront faire l'objet d'évaluations à l'occasion des futurs jalons dans le développement du projet.
- Le GPD a rappelé l'**importance de la phase industrielle pilote**, dont les **objectifs et critères de réussite restent préliminaires**. Les compléments demandés devront être pris en compte dans l'établissement du programme de cette phase.
- Concernant l'**adaptabilité**, le GPD n'a **pas identifié de point rédhibitoire** au stockage de l'inventaire de réserve.
- Le GPD a souligné que l'Andra devrait conforter son organisation pour maîtriser les « **risques projets** ».

Conclusions générales du GPD - Suite du processus

- Souhait du GPD que les points majeurs soulevés au cours de l'examen du dossier fassent l'objet de **rendez-vous d'évaluations programmés**.
- Ces différents rendez-vous ont vocation à être **encadrés par des prescriptions techniques** que l'ASNR pourra prendre en application du décret d'autorisation de création.
- Ils donneront lieu le cas échéant à des **actions de dialogue** avec les parties prenantes et le public, afin de conforter la participation des citoyens tout au long de la vie de l'installation.
- **Etapas à venir :**
 - ✓ Présentation du projet d'avis au collège de l'ASNR le 23 septembre 2025
 - ✓ Consultation sur le projet d'avis : du 3 octobre au 6 novembre 2025
 - ✓ Publication de l'avis ASNR à la mi-novembre

03

CONSULTATION DES PARTIES PRENANTES SUR L'AVIS DE L'ASNR