



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

RAPPORT

DEMANDE D'AUTORISATION DE CREATION DU PROJET CIGEO

« GP2 » - SURETE EN EXPLOITATION - ANNEXES

PSE-ENV

Rapport IRSN N° 2024-00623

Rapport établi en support à l'avis IRSN/2024-00167 du 29 novembre 2024

TABLE DES MATIERES

PREAMBULE	4
ANNEXES ADMINISTRATIVES.....	5
Annexe A1. Saisine de l'ASN	6
Annexe A2. Engagements de l'Andra (lettre Andra CG-AMOA-LET-24-0033 du 18 novembre 2024)	16
Annexe A3. Pièces constituant le dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo 23	
ANNEXES TECHNIQUES	26
Annexe T1. Dialogue technique organisé par l'Ancli, le Clis de Bure et l'IRSN durant l'instruction du DDAC de Cigéo.....	26
Annexe T2. Recommandations, demandes et engagements issus des instructions précédentes	29
Annexe T3. Inventaire de référence	56
Annexe T4. Inventaire de réserve	64
Annexe T5. Liste des EIP	69
Annexe T6. Situations de fonctionnement retenus au stade du DDAC	74
Annexe T7. Principes de conception des ouvrages de génie civil	83
Annexe T8. Justifications de la durabilité du génie civil.....	85
Annexe T9. Exigences de comportement et critères associés au génie civil à l'égard du séisme, des actions climatiques, de la chute d'avion et de charge	88
Annexe T10. Critères de durabilité retenus pour les ouvrages souterrains.....	89
Annexe T11. Méthodes de creusement des ouvrages souterrains.....	90
Annexe T12. Architecture de la ventilation nucléaire.....	91
Annexe T13. Dimensionnement de la ventilation – scénarios de dissémination et hypothèses retenues pour les évaluations de contamination atmosphérique.....	93
Annexe T14. Conduite de la ventilation nucléaire	97
Annexe T15. Maîtrise du risque de criticité – types de colis de déchets et données correspondantes.....	99
Annexe T16. Scénarios d'incendie retenus par l'Andra	103
Annexe T17. Référentiel technique pour le dimensionnement des équipements mécaniques.....	105
Annexe T18. Aléa sismique en phase d'exploitation - Calcul IRSN de la propagation des incertitudes au niveau SMS	107
Annexe T19. Work breakdown structure (WBS) du programme Cigéo	109
Annexe T20. Chroniques prévisionnelles de livraison des colis en phase pilote	110
Annexe T21. Modifications de conception en lien avec le stockage des combustibles usés.....	112

PREAMBULE

Les références numérotées [TX-n°] sont listées à la fin de chaque annexe. Concernant les autres références numérotées [n°] ainsi que les acronymes, il convient de consulter le corps du présent rapport IRSN.

ANNEXES ADMINISTRATIVES

Annexe A1. Saisine de l'ASN



AUTORITÉ
DE SÛRETÉ
NUCLÉAIRE

Direction
des déchets, des installations
de recherche et du cycle

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Référence courrier :
CODEP-DRC-2023-030596
Affaire suivie par : Viviane NGUYEN
Tél. : 01 46 16 42 45
Courriel : viviane.nguyen@asn.fr

Monsieur le directeur général
Institut de radioprotection et de sûreté
nucléaire
BP 17
92 262 FONTENAY AUX ROSES Cedex

Montrouge, le 7 juin 2023

DEMANDE D'EXPERTISE

OBJET : Examen du dossier de demande d'autorisation de création du projet Cigéo
Saisine n° SAISI-DRC-2023-0093

RÉFÉRENCES :

- [1] Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs
- [2] Avis de l'Autorité de sûreté nucléaire du 1^{er} février 2006 sur les recherches relatives à la gestion des déchets à haute activité et à vie longue (HAVL) menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991, et liens avec le PNGDR-MV
- [3] Avis n° 2011-AV-129 du 26 juillet 2011 de l'Autorité de sûreté nucléaire sur le dossier relatif au stockage réversible profond des déchets de haute et moyenne activité à vie longue déposé par l'Andra conformément à l'article 11 du décret n° 2008-357 du 16 avril 2008
- [4] Avis n° 2013-AV-179 du 16 mai 2013 de l'ASN sur les documents produits par l'Andra depuis 2009 relatifs au projet de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde
- [5] Lettre ASN CODEP-DRC-2013-033414 du 18 novembre 2013
- [6] Lettre ASN CODEP-DRC-2014-039040 du 9 octobre 2014
- [7] Lettre ASN CODEP-DRC-2015-004834 du 7 avril 2015
- [8] Avis n° 2015-AV-0227 de l'ASN du 10 février 2015 relatif à l'évaluation des coûts afférents au projet Cigéo de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde
- [9] Lettre ASN CODEP-DRC-2016-005220 du 20 juin 2016
- [10] Lettre ASN CODEP-DRC-2018-001635 du 12 janvier 2018
- [11] Lettre Andra DG/23.008 du 16 janvier 2023
- [12] Lettre ASN CODEP-DRC-2022-002107 du 12 avril 2022
- [13] Avis ASN n° 2020-AV-0369 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 1^{er} décembre 2020 sur les études concernant la gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA et MA-VL), remises en application du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2016-2018, en vue de l'élaboration du cinquième plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs
- [14] Revue externe sur la gestion des déchets bitumés - Rapport final - 28 juin 2019

Référence du dossier saisine	SAISI-DRC-2023-0093	
Date de la réunion de concertation avec l'IRSN	17 avril 2023	
Echéance de remise de l'avis ou du rapport	31 mars 2024	
Codification du degré d'urgence	<input checked="" type="checkbox"/>	1- Priorité haute – enjeu majeur de sûreté, de radioprotection, de sécurité ou industriel important, contrainte ou délai réglementaire.
	<input type="checkbox"/>	2- Priorité moyenne – enjeu de sûreté, de radioprotection, de sécurité ou industriel normal.
	<input type="checkbox"/>	3- Priorité faible – faible enjeu de sûreté, de radioprotection, de sécurité ou industriel, prise de position ASN non urgente.

Monsieur le directeur général,

Au terme de 15 années de recherches sur la gestion des déchets de haute activité et moyenne activité à vie longue, la loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs [1] a fixé une feuille de route pour la gestion des déchets radioactifs et a notamment précisé que « les déchets radioactifs ultimes ne pouvant pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection être stockés en surface ou en faible profondeur font l'objet d'un stockage en couche géologique profonde ». **Cette loi confie à l'Andra la mission de concevoir un centre de stockage réversible de déchets radioactifs en couche géologique profonde.**

L'ASN a, jusqu'à présent, rendu des avis au Gouvernement sur les études relatives à la faisabilité du concept de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde et leur avancement (dossiers « Argile 2005 » et « Jalon 2009 ») [2, 3]. Elle a pris position sur les documents produits entre 2009 et le débat public qui s'est tenu en 2013 [4], sur le jalon intermédiaire de conception au stade de l'esquisse présenté par l'Andra en 2012 [5], sur les ouvrages de fermeture en 2014 [6], sur les risques en exploitation en 2015 [7], sur le coût du projet en 2015 [8], sur le plan de développement des composants du projet en 2016 [9] et enfin sur le dossier d'options de sûreté (DOS) en 2018 [10]. Ce dernier dossier se positionnait entre la fin des études d'avant-projet sommaire (APS) et le début de celles de l'avant-projet détaillé (APD). Son dépôt marquait l'entrée du projet dans un processus encadré par la réglementation relative aux installations nucléaires de base (INB), notamment au travers de l'article R. 593-14 du code de l'environnement.

Ainsi, dans l'avis et la lettre faisant suite à l'instruction du DOS [10], l'ASN soulignait les options de sûreté qu'elle considérait propres à prévenir ou limiter les risques pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement, compte tenu des conditions techniques et économiques du moment.

Depuis, le développement du projet a atteint le stade de fin d'études APD, jugé suffisant par l'Andra pour déposer, le 16 janvier 2023 [11], un dossier de demande d'autorisation de création (DAC) pour une installation de stockage réversible en couche géologique profonde, dénommée Cigéo. Le dossier soumis à l'appui de cette demande est composé des pièces suivantes :

- Pièces appelées par l'article R. 593-16 du code de l'environnement :
 - identification de l'exploitant ;
 - nature de l'installation ;
 - cartes et plans ;
 - étude d'impact ;
 - études de maîtrise des risques ;
 - capacités techniques de l'exploitant ;
 - capacités financières de l'exploitant ;
 - justification de la maîtrise foncière des terrains ;
 - servitudes et périmètres de protection et de droit exclusif ;
 - plan de démantèlement de fermeture et de surveillance ;
 - bilan du débat public et de la concertation ;
 - émission de gaz à effet de serre ;
 - plan directeur d'exploitation ;
- Pièces appelées par les articles L. 123-6 et R. 123-8 du code de l'environnement relatifs à l'enquête publique :
 - présentation non technique ;
 - informations juridiques et administratives ;
 - avis émis sur le projet et réponses de l'Andra ;
- Pièces appelées par d'autres textes ou demandes des autorités :
 - version préliminaire des spécifications d'acceptations des colis (D. 542-88 du code de l'environnement) ;
 - plan de développement de l'INB de stockage (PDIS) (lettre ASN [10]) ;
- Pièces non réglementaires ajoutées pour la lisibilité du dossier :
 - guide de lecture, glossaires et acronymes ;
- Pièces non soumises à enquête publique (application des articles L. 593-9 et R. 593-22 du code de l'environnement) :
 - version préliminaire du rapport de sûreté.

De plus, l'Andra s'est engagée à transmettre, durant la phase d'instruction, des éléments en réponse au courrier de l'ASN du 12 avril 2022 relatif à la définition de l'aléa sismique en phase d'exploitation [12]. Ces éléments de réponse sont considérés comme un complément nécessaire au dossier qui devra être intégré à l'instruction de la demande d'autorisation de création.

Périmètre de la saisine

En vue d'élaborer l'avis de l'ASN requis par l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement sur le dossier de demande d'autorisation [11], j'ai l'honneur de vous demander de bien vouloir me faire part de votre avis sur ce dossier, ainsi que sur les documents que l'Andra transmettra au cours de l'instruction technique.

Je vous demande ainsi de bien vouloir expertiser le dossier en appui à la demande d'autorisation de création, ainsi que les documents complémentaires transmis au cours de l'instruction, notamment en tenant compte des conclusions de l'ASN formalisées à l'issue de l'instruction du DOS, des réponses aux demandes et engagements formulés lors des instructions mentionnées au paragraphe précédent, et au regard du cadre réglementaire applicable aux INB.

Par ailleurs, l'ASN ayant rendu un avis [13] sur les études relatives à la gestion des déchets de haute et moyenne à vie longue remises en application du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) 2016-2018, en vue de l'élaboration du plan 2022-2027, je souhaite que vous examiniez, dans le cadre de l'instruction de la demande [11], la prise en compte par l'Andra des positions exposées dans cet avis.

Je souhaite que votre expertise soit organisée selon les trois groupements de thématiques indiqués ci-dessous et précisées de façon détaillée en annexe. Ceux-ci devront être examinés dans la mesure du possible dans l'ordre chronologique, tout en considérant certaines thématiques transverses comme celle de la phase industrielle pilote.

J'ajoute enfin que la présente saisine a fait l'objet d'une concertation¹ avec les parties prenantes, à laquelle vos services ont été associés. Celle-ci tient compte des observations et préoccupations exprimées à cette occasion.

¹ Réunions des 8 mars et 6 avril 2023

1. Evaluation des données de base retenues pour l'évaluation de sûreté de Cigéo

Je souhaite que vous examiniez les connaissances réunies et les hypothèses retenues par l'Andra pour établir la démonstration de sûreté de Cigéo relatives :

- au site retenu pour accueillir Cigéo ainsi qu'à son évolution incluant l'après-fermeture ;
- aux propriétés des composants du système de stockage et à leurs évolutions (colis de déchets, composants ouvragés et roche hôte) ;
- aux inventaires de colis de déchets dits « de référence » et « de réserve », incluant leurs caractéristiques radiologiques, physiques et chimiques.

La méthodologie d'acquisition des données, leur caractère suffisant au regard des modèles retenus ainsi que l'estimation des incertitudes prises en compte à ce stade seront plus particulièrement examinés.

2. Evaluation de sûreté en phase d'exploitation des installations de surface et souterraines

Je souhaite que vous vous prononciez sur la pertinence des dispositions de conception ayant conduit à la configuration de référence de l'installation de stockage, ainsi que celle des dispositions de construction et d'exploitation retenues, en examinant :

- la démarche de sûreté en fonctionnement jusqu'à la fermeture du stockage, comprenant la stratégie de surveillance de l'installation souterraine ;
- l'évaluation des risques d'origine interne et externe ;
- l'évaluation des impacts radiologiques et chimiques sur l'homme et l'environnement associés aux différentes situations étudiées pour la phase d'exploitation.

Vous examinerez également les dispositions prévues pour la gestion de la mémoire durant la phase d'exploitation (sélection des informations, modalités de constitution des dossier de mémoire et de conservation des données après-fermeture).

En ce qui concerne la gestion des colis de déchets bitumés, plusieurs positions ont été prises depuis 2018 [10], notamment sur la base des conclusions de la revue externe sur les déchets bitumés [14], qui se sont traduites par des demandes de l'ASN et l'ASND relatives aux études remises dans le cadre du PNGMDR 2016-2018 et l'avis de l'ASN [13]. Ainsi, **je vous demande également d'examiner la démonstration de sûreté présentée par l'Andra relative au stockage des déchets bitumés dans Cigéo**, notamment au regard des positions de l'ASN sur les études remises au titre du PNGMDR à ce

sujet, et de considérer les résultats du programme quadripartite en tant que complément au dossier dans votre examen, ceux-ci devant être transmis au cours de l'instruction technique.

3. Evaluation de sûreté en phase d'après fermeture

Je souhaite que vous vous prononciez sur la pertinence des dispositions de conception, de construction et d'exploitation retenues en examinant :

- la démarche de sûreté en après-fermeture au regard de la définition des scénarios prenant en compte les situations d'évolutions du système de stockage normales et altérées à long terme ;
- l'évaluation des performances du système de stockage au regard des risques internes et externes ;
- l'estimation des conséquences radiologiques et chimiques associées à chaque scénario.

Thèmes transverses

Je souhaite en outre, tout au long de l'examen des trois groupements de thématiques, connaître votre avis sur les éléments de définition de la **phase industrielle pilote**, notamment concernant les objectifs et le programme d'essais envisagés afin de conforter la démonstration de sûreté pour toutes les phases de vie de l'installation de stockage.

Une attention particulière sera apportée aux **optimisations présentées dans le dossier instruit**, dont le développement est suffisamment avancé et dont l'impact sur la sûreté a été évalué par l'Andra.

Vous examinerez la pertinence de la méthodologie et le choix des paramètres retenus pour définir les **spécifications préliminaires d'acceptation** des colis de déchets dans Cigéo au regard de la sûreté en exploitation et la sûreté après-fermeture.

Vous vous attacherez à examiner les dispositions prévues pour la mise en œuvre de la **réversibilité** durant la phase d'exploitation, notamment les dispositions pour mettre en œuvre le principe d'adaptabilité du stockage et de récupérabilité des colis de déchets radioactifs en vérifiant l'absence d'incidences négatives sur la sûreté après la fermeture.

Les **conséquences liées au changement climatique** sont une donnée à considérer dans l'examen des risques et évolutions de l'environnement de l'INB de stockage.

Enfin, je vous demande de vérifier, pour tous les sujets examinés dans le cadre de ces trois groupements thématiques, que **les données présentées et les incertitudes qui y sont associées sont d'un niveau suffisant pour établir** la démonstration de sûreté à ce stade de développement de Cigéo.

**Je souhaite disposer de votre avis sur le premier groupement de thématiques avant le 31 mars 2024.
Je vous préciserai ultérieurement les échéances de remise des autres avis.**

Je vous demande de me tenir informé d'une part de vos échanges écrits avec l'exploitant (sites, services centraux ou centres d'ingénierie), en veillant à ce que l'ASN reçoive les documents échangés au cours de votre expertise, d'autre part de la tenue des réunions techniques.

Vous me fournirez un point d'avancement de votre analyse tous les 3 mois, à l'occasion d'une réunion entre nos services et pour laquelle vous rédigerez un compte-rendu.

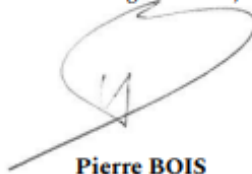
De plus, je solliciterai votre appui dans le cadre de réunions des groupes permanents d'experts pour les usines et les déchets (GP « Usines », GP « Déchets » et GP « radioprotection et environnement ») lors desquelles sera analysée la demande d'autorisation de création sur la base des trois thématiques mentionnées ci-dessus.

Vous distinguerez, dans votre avis, les recommandations qui remettent en cause la délivrance de l'autorisation de création de celles dont la réalisation peut intervenir à une échéance ultérieure.

En fonction de l'évolution du déroulement de l'instruction technique et des résultats des actions de concertation menées par l'Andra, notamment sur les sujets de la phase industrielle pilote, et par l'ASN, je pourrais être amené à compléter cette saisine.

Je vous prie d'agréer, monsieur le directeur général, l'expression de ma considération distinguée.

Le directeur général adjoint,



Pierre BOIS

ANNEXE

PLAN DE LA STRUCTURATION DE L'INSTRUCTION DE LA DEMANDE D'AUTORISATION DE CREATION EN TROIS AXES : DETAIL DES THEMATIQUES

1. Evaluation des données de base retenues pour l'évaluation de sûreté de Cigéo

1.1. L'examen de la connaissance du site au regard de l'évaluation de sûreté portera en particulier sur :

- ✓ l'environnement de surface, comprenant son état initial, ses caractéristiques météorologiques, géotechniques, son hydrologie et les activités anthropiques connexes;
- ✓ le contexte géologique, y compris ses ressources naturelles potentielles (en particulier la géothermie);
- ✓ l'hydrogéologie : modèles conceptuel et hydrogéologique des aquifères ;
- ✓ l'évolution du site, notamment sur le plan climatique et géodynamique, et ses conséquences sur l'hydrogéologie ;
- ✓ les propriétés de la roche hôte.

1.2. L'examen des composants du stockage et de leur évolution inclura notamment :

- ✓ les transitoires thermo-hydro-mécaniques et hydraulique-gaz tout au long des phases de vie du système de stockage et les propriétés chimiques de la roche hôte liés aux perturbations dues à la construction et à l'exploitation de Cigéo ainsi qu'à l'interaction entre les composants avec la roche hôte ;
- ✓ le comportement des colis et les modèles de relâchement ;
- ✓ l'évolution des matériaux (aciers, bétons, matériaux argileux) ;
- ✓ le comportement des radionucléides et des toxiques chimiques dans ces différents milieux.

1.3. L'examen des inventaires de colis de déchets dits « de référence » et « de réserve » et leurs caractéristiques radiologiques et chimiques inclura notamment :

- ✓ la démarche d'élaboration de ces inventaires ;
- ✓ les caractéristiques des colis de déchets, notamment radiologiques, chimiques et thermiques, et la pertinence des incertitudes associées retenues pour l'évaluation de sûreté ;
- ✓ les chroniques de mise en stockage des colis.

2. Evaluation de sûreté en phase d'exploitation des installations de surface et souterraines

2.1. La démarche de sûreté sera examinée, et notamment :

- ✓ les objectifs de sûreté ;
- ✓ les activités et éléments importants pour la protection (AIP et EIP) ainsi que la qualification des EIP ;
- ✓ les principes pour la mise en œuvre de la flexibilité ;
- ✓ les principes de contrôle des colis ;
- ✓ l'identification et le classement des scénarios incidentels et accidentels ;
- ✓ la définition des domaines de fonctionnement ;
- ✓ la stratégie de fermeture de l'installation ;
- ✓ la stratégie de surveillance après la fermeture de l'installation ;
- ✓ les principes organisationnels pour le passage de la phase de conception à celle de réalisation.

2.2. L'évaluation de sûreté sera examinée, et notamment :

- ✓ les risques internes d'origine nucléaire (exposition des travailleurs, criticité, dissémination de substances radioactives) ;
- ✓ les agressions internes (incendie, explosion, manutention, inondation d'origine interne, perte d'auxiliaires de puissance, risques liés à la co-activité) ;
- ✓ les agressions externes (séisme, aléas météorologiques, chute d'avion, impact des activités industrielles, inondation externe...).

2.3. L'évaluation de l'impact sanitaire et environnemental inclura notamment :

- ✓ la méthodologie d'évaluation des impacts radiologiques et chimiques sur l'homme et l'environnement ;
- ✓ les résultats des évaluations pour les différentes situations et phases successives de fonctionnement.

3. Evaluation de la sûreté en phase d'après-fermeture

3.1. La démarche de sûreté après fermeture du stockage sera examinée, notamment :

- ✓ la sélection des scénarios pour les situations d'évolution normale et altérées ;
- ✓ la démarche de sélection des biosphères tenant compte du changement climatique.

3.2. L'évaluation de sûreté après fermeture du stockage sera examinée au regard :

- ✓ de l'analyse des risques interne et externes dans les installations souterraines (criticité, séisme...);
- ✓ de la modélisation du système de stockage (pertinence des phénomènes représentés, des hypothèses et paramètres retenus, des incertitudes prises en compte...) pour évaluer la capacité de confinement ;
- ✓ des études de sensibilité associées.

3.3. L'impact sanitaire et environnemental sera examiné, notamment :

- ✓ la méthodologie d'évaluation des impacts radiologiques et chimiques sur l'homme et l'environnement ;
- ✓ les résultats de ces évaluations pour les scénarios étudiés.

Annexe A2. Engagements de l'Andra (lettre Andra CG-AMOA-LET-24-0033 du 18 novembre 2024)



Châtenay-Malabry, le 18/11/2024

Monsieur Olivier GUPTA
Directeur général de l'Autorité de
Sûreté Nucléaire

15-21, rue Louis Lejeune
CS 70013
92541 MONTROUGE CEDEX

Affaire suivie par Marine LEVIEUX

Tél. 01 46 11 63 77 / 06 44 36 04 90

V/réf : DG/23-0008

N/réf : CG-AMOA-LET-24-0033

Objet : Examen par l'IRSN du dossier de demande d'autorisation de création de l'INB CIGEO - GP2 -
Evaluation de la sûreté en exploitation

Monsieur le Directeur Général,

Par le présent courrier, vous trouverez les engagements de l'Andra dans le cadre de l'instruction du GP2 du dossier en support à la demande d'autorisation de création de l'INB Cigéo cité en référence.

Ces engagements constituent de nouveaux engagements et ne reprennent pas ceux des instructions précédentes. Certains de ces engagements présentent une échéance intitulée « prochaine révision de la version préliminaire du rapport de sûreté de l'INB Cigéo ». Cette échéance, définie conjointement avec l'ASN et l'IRSN au regard de la mise à jour du planning de développement de Cigéo jusqu'à la mise en service prévue désormais à un horizon 2050, est envisagée au plus tard dans les dix ans après la délivrance du décret d'autorisation de création.

Vous en souhaitant bonne réception, je vous prie de croire, Monsieur le Directeur général, à l'assurance de ma considération distinguée.

Frédéric PLAS

Directeur du Programme Cigéo

Digitally
signed by:
PLAS-F

Engagements de l'Andra dans le cadre du GP2

- 2024-E17** L'Andra affinera, dans la prochaine révision de la version préliminaire du rapport de sûreté de l'INB Cigéo, la justification de l'exclusion de scénarios au regard des dispositions de conception, de réalisation et d'exploitation retenues.
- 2024-E18** L'Andra fournira :
- avant le début des travaux de creusement des ouvrages souterrains, l'ensemble des paramètres-clés associés à chaque CIP qu'elle prévoit de surveiller ;
 - suivant la temporalité de réalisation des ouvrages concernés, les dispositions de surveillance associées.
- 2024-E19** L'Andra présentera, avant le début des travaux de creusement, les dispositions lui permettant de caractériser l'état initial avant et après creusement du CIP « Callovo Oxfordien » et de suivre son évolution.
- 2024-E20** L'Andra précisera, avant le creusement du démonstrateur MA-VL, sa stratégie de surveillance déportée en alvéole témoin MA-VL, en précisant les paramètres effectivement suivis du domaine de fonctionnement normal et les dispositions de surveillance qui seront in fine retenus dans cet alvéole.
- 2024-E21** L'Andra précisera, dans la prochaine révision de la version préliminaire du rapport de sûreté de Cigéo, sa stratégie de qualification des EIP inaccessibles.
- 2024-E22** L'Andra présentera, dans la prochaine révision de la version préliminaire du rapport de sûreté de Cigéo, les critères et les méthodes permettant de justifier la qualification des EIP au regard du respect de leurs ED »
- 2024-E23** L'Andra démontrera, au plus tard pour le dossier de demande de mise en service de l'INB Cigéo, que le dernier niveau de filtration du bâtiment EP1 conserve les performances requises en cas d'incendie dans les locaux secteurs de feu ou zones de feu de classe de confinement C2, après fermeture des clapets coupe-feu lorsque présents, pour permettre la filtration des fumées reprises par les locaux du secteur de confinement adjacents classés C2.
- 2024-E24** L'Andra consolidera, au plus tard pour le dossier de demande de mise en service de l'INB Cigéo, sa stratégie d'adaptation du dimensionnement de la ventilation d'extraction et de soufflage de l'installation souterraine (dimensionnement des ventilateurs, suffisance des débits, gestion des phases transitoires, etc.), à chaque phase de développement de l'installation souterraine, dans l'objectif de maintenir les plages de dépressions et les taux de renouvellement, ainsi que les essais et modélisations prévus pour démontrer l'atteinte des performances aérauliques de la totalité de l'installation.

- 2024-E25** L'Andra confirmera, dans un premier temps lors des essais de mise en service, puis après chaque ouverture de tranche, l'efficacité des solutions retenues pour pallier la perte de la ventilation de soufflage au regard notamment des débits de ventilation minimaux à maintenir.
- 2024-E26** L'Andra consolidera son analyse de sûreté-criticité, dans la prochaine révision de la version préliminaire du rapport de sûreté de l'INB Cigéo, en présentant l'ensemble des hypothèses relatives à la démonstration des masses de matière fissile admissibles et leurs justifications.
- 2024-E27** L'Andra précisera, dans la prochaine révision de la version préliminaire du rapport de sûreté de l'INB Cigéo, les colis primaires pour lesquels les masses de matière fissile maximales évaluées par les producteurs de déchets et celles autorisées à Cigéo sont proches et quantifiera les marges en situation anormale de dépassement des limites, en recourant si besoin à des hypothèses de modélisation aussi réalistes que possibles et nécessaires.
- 2024-E28** L'Andra présentera, avant le creusement du quartier pilote HA, les résultats du programme de démonstrateurs d'alvéole HA et complètera sur cette base la démonstration de sûreté du stockage des colis HA.
- 2024-29** L'Andra justifiera, au plus tard pour la demande de mise en service de l'INB Cigéo, le classement des scénarios relatifs à la défaillance du compartimentage ou de la sectorisation incendie. A ce titre, l'Andra identifiera notamment le cas où la défaillance est couverte par celle de la perte d'un EIP.
- 2024-30** L'Andra justifiera, dans la prochaine révision de la version préliminaire du rapport de sûreté de l'INB Cigéo, le classement du scénario d'incendie consécutif à une collision entre un engin de transfert de colis et un autre type de véhicule.
- 2024-E31** L'Andra consolidera au plus tard pour la demande de mise en service de Cigéo, les exigences attribuées aux dispositions mises en place pour la maîtrise des risques liés à l'incendie.
- L'Andra identifiera parmi ces dispositions celles relevant d'un classement EIP conformément à sa démarche d'identification des EIP.
- 2024-E32** L'Andra complètera, avant la construction du bâtiment EP1, les justifications des dispositions permettant de limiter les conséquences en cas d'incendie dans une cellule contenant un colis de déchets bitumés dans le bâtiment EP1.

- 2024-E33** L'Andra confortera, avant le début des travaux de creusement, la justification :
- des dispositions de protection contre l'incendie retenues dans les liaisons surface fond, en particulier l'absence de besoin d'un compartimentage pour les descenderies et l'efficacité des dispositions compensatoires en lien avec les performances d'intervention et de désenfumage attendues pour ces ouvrages ;
 - de la suffisance des dispositions de compartimentage des galeries en regard des incendies possibles dans ces zones.
- 2024-E34** L'Andra retiendra, avant le début des travaux de creusement et les premiers bétons des bâtiments nucléaires de surface, pour la vérification des exigences de résistance au feu des ouvrages de génie civil, des agressions thermiques enveloppes pouvant s'y produire durant la phase d'exploitation.
- 2024-E35** L'Andra évaluera, avant le début des travaux de creusement, le besoin d'éventuelles dispositions supplémentaires à prévoir dans l'installation souterraine par rapport à celles présentées dans le dossier de DAC pour permettre une intervention suffisamment rapide et efficace en cas d'incendie. Avant le début de la construction de chaque tranche, elle intégrera notamment le retour d'expérience.
- 2024-E36** L'Andra consolidera, dans la prochaine révision de la version préliminaire du rapport de sûreté de l'INB Cigéo, les scénarios d'emballement enveloppes en s'appuyant sur des considérations phénoménologiques de la réactivité des enrobés bitumés et du comportement des fûts d'enrobés sous sollicitation thermique.
- Sur cette base, l'Andra consolidera sa stratégie de détection et d'intervention présentée dans le dossier de DAC et justifiera sa suffisance pour exclure la propagation d'un emballement de réactions exothermiques aux colis voisins dans les alvéoles de stockage dédiés au colis de déchets bitumés.
- 2024-E37** L'Andra justifiera, dans la prochaine révision de la version préliminaire du rapport de sûreté de l'INB Cigéo, le respect des exigences de comportement attribuées aux structures de génie civil des bâtiments nucléaires de surface constituant la dernière barrière de confinement à l'égard des effets induits par la chute d'un avion suivie d'un incendie. A défaut de justification de l'exigence de non-introduction de kérosène, l'Andra définira les charges calorifiques dont la combustion est à cumuler à celle du kérosène en cas de chute d'un avion.
- 2024-E38** L'Andra justifiera, dans la prochaine révision de la version préliminaire du rapport de sûreté de l'INB Cigéo, la résistance au feu des voussoirs ainsi que celle du revêtement, par une méthode à l'état de l'art applicable aux ouvrages souterrains, en tenant compte des risques d'éclatement du béton et sur une durée permettant le refroidissement des structures.

- 2024-E39** L'Andra, avant les premiers bétons des bâtiments nucléaires de surface :
1. effectuera, pour l'ensemble des cas de chute de charges retenus, des calculs complémentaires prenant en compte des configurations de chute inclinée sur un angle ou un coin ;
 2. réalisera systématiquement des études de sensibilité pour les études du comportement des structures, reposant sur des calculs numériques en dynamique rapide non-linéaire, effectuées à l'égard des impacts d'avion et des chutes de charge ;
 3. démontrera le non-écaillage et la non-perforation des dalles pour chaque cas de chute de charges à l'aide des formules empiriques usuelles. A défaut, en ce qui concerne la non-perforation, l'Andra justifiera l'absence de rupture des armatures en s'appuyant sur une approche numérique plus complète dédiée à la justification de la non-perforation et faisant appel à des études de sensibilité.
- 2024-E40** L'Andra confortera, au plus tard dans le dossier de demande de mise en service, la démonstration de la maîtrise des risques liés à l'incendie et à l'explosion pendant les phases transitoires de livraison et de fermeture d'alvéoles.
- 2024-E41** L'Andra établira, d'ici fin décembre 2024, un nouveau SDD en se basant sur une mise à jour de son exploration des incertitudes au niveau SMS en tenant compte d'une majoration de 0,5 de la Mw d'une part et en propageant l'ensemble des spectres explorés pour construire la distribution d'autre part.
- 2024-E42** L'Andra, afin de compléter l'évaluation des risques d'inondation par les pluies locales :
- o étudiera, avant les premiers bétons des bâtiments nucléaires de surface, des solutions alternatives à celles présentées dans le dossier de DAC permettant de limiter l'accumulation d'eau à proximité des entrées n°5 et n°6 du bâtiment EP1 ;
 - o justifiera, avant les premiers bétons des bâtiments nucléaires de surface, les valeurs de coefficients de rugosité retenues pour le réseau pluvial vis-à-vis du programme d'entretien retenu, ou à défaut, à prendre en compte de valeurs conservatives pour le dimensionnement du réseau ;
 - o mettra à jour, au plus tard pour la demande de mise en service, les modélisations du réseau pluvial et de ruissellement après construction du réseau afin de vérifier que les aménagements réalisés ne remettent pas en cause les éléments présentés dans la démonstration de sûreté.
- 2024-E43** L'Andra mènera, avant les premiers bétons des bâtiments nucléaires de surface, une analyse de robustesse de l'installation en regard des préconisations du GT « Vent et Neige ».

- 2024-E44** L'Andra justifiera, avant les premiers bétons des bâtiments nucléaires de surface, que les dispositions prévues pour protéger le bâtiment de surface EP1 contre les effets directs de la foudre permettent d'atteindre un haut niveau de protection. L'adéquation des caractéristiques des éléments de structure éventuellement valorisés, avec le niveau de protection visé, sera justifiée.
- 2024-E45** Pour le dimensionnement des cibles de sûreté présentes en surface, l'Andra retiendra, avant les premiers bétons des bâtiments nucléaires de surface, une onde de pression dont le caractère enveloppe est justifié au regard des risques liés aux activités industrielles et aux voies de communication dans l'environnement de l'INB Cigéo.
- 2024-E46** L'Andra prendra en compte, avant les premiers bétons des bâtiments nucléaires de surface, des trajectoires d'impact de l'avion militaire en cohérence avec l'état de l'art. Au stade de la DAC, cet état de l'art correspond à une trajectoire d'impact de l'avion militaire normale aux parois extérieures (dalles de toiture et voiles périphériques).
- 2024-E47** L'Andra complètera, avant les premiers bétons des bâtiments nucléaires de surface, les éléments relatifs à la chute d'avion présentés dans le dossier de DAC en présentant :
- une analyse fonctionnelle permettant d'identifier les EIP requis en cas de chute d'avion et leurs agresseurs potentiels ;
 - les spectres vibratoires induits par la chute d'avion représentatif de l'aviation militaire sur le bâtiment EP1 et de l'aviation générale sur l'émergence de puits VVE, ainsi que les études d'ébranlement associées aux EIP dimensionnés à la chute d'avion.
- 2024-E48** L'Andra démontrera, avant les premiers bétons des bâtiments nucléaires de surface, la non-perforation des dalles et voiles extérieurs pour les impacts de l'avion militaire à l'aide de méthodes simplifiées éprouvées. A défaut, l'Andra justifiera l'absence de rupture des armatures en s'appuyant sur une approche numérique plus complète dédiée à la justification de la non-perforation et faisant appel à des études de sensibilité.
- 2024-E49** L'Andra mettra en œuvre des coupleurs dans les dalles et voiles extérieurs du bâtiment EP1 en regard de la chute d'avion.
- 2024-E50** Avant accord de l'ASN sur les spécifications d'acceptation, l'Andra justifiera, sur la base notamment des conditions d'environnement des alvéoles de stockage et des propriétés des matériaux constitutifs des colis primaires, les épaisseurs qu'elle retient pour l'option « épaisseur suffisante » de la spécification d'acceptation relative au maintien du confinement statique.
- 2024-E51** Avant accord de l'ASN sur les spécifications d'acceptation, l'Andra s'assurera pour la spécification relative au confinement statique que les critères retenus sont opérationnels.

- 2024-E52** L'Andra précisera, dans la prochaine révision de la version préliminaire du rapport de sûreté de l'INB Cigéo, le programme des travaux à réaliser en phase pilote « inactive » permettant de conforter la démonstration de sûreté.
- 2024-E53** L'Andra complètera, d'ici fin 2024, son référentiel de projet en lien avec le système de management intégré, notamment pour ce qui concerne la gestion de la configuration technique et la gestion des modifications du programme Cigéo.
- 2024-E54** D'ici fin 2025, afin de renforcer les modalités d'organisation de la maîtrise des risques du programme Cigéo, l'Andra :
- présentera une feuille de route permettant d'appréhender les enjeux liés à l'exploitation et les modalités organisationnelles associées ;
 - présentera une feuille de route pour l'intégration des FOH ;
 - justifiera que son organisation permet de prendre en compte, de façon transverse, les exigences de la radioprotection lors de la conception détaillée de l'INB Cigéo pour sa construction, en vue de sa future exploitation.
- 2024-E55** D'ici fin 2025, l'Andra présentera une feuille de route de la formalisation de son REX, y compris sur les dimensions organisationnelles et humaines.
- 2024-E56** L'Andra justifiera, avant le début des travaux de creusement, la possibilité de concilier les flux relatifs aux activités nucléaires et ceux relatifs aux activités de fermeture sans impact sur la maîtrise des risques.
- 2024-E57** L'Andra complètera, avant le début des travaux de creusement, la démonstration de sûreté des opérations de fermeture des alvéoles MA-VL au regard des risques d'explosion, fondée notamment sur une évaluation (i) du devenir des gaz dans les alvéoles MA-VL, en considérant notamment les échanges avec la galerie d'accès de l'alvéole, et (ii) des conséquences d'une explosion dans la partie utile des alvéoles.
- 2024-E58** L'Andra présentera, avant le début des travaux de creusement et les premiers bétons des bâtiments nucléaires de surface, son évaluation de l'évolution de la performance des bétons du génie civil dans le temps, basée notamment sur les résultats de l'approche performancielle, en vue d'une potentielle extension de durée de vie du projet et modifie en conséquence, si besoin, les dispositions constructives des ouvrages concernés.
- 2024-E59** L'Andra présentera, lors de la première revue de réversibilité, (i) les dispositions organisationnelles et matérielles prises pour s'assurer du caractère flexible de l'INB Cigéo, et (ii) les évolutions des niveaux de flexibilité et d'adaptabilité au regard des étapes possibles du déploiement de l'installation.

Annexe A3. Pièces constituant le dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo

Par lettre DG/23.008 du 16 janvier 2023, l'Andra a informé l'ASN avoir déposé le DDAC du projet Cigéo auprès de la Ministre de la Transition énergétique en charge de la sûreté nucléaire. Le DDAC est composé d'un ensemble de « pièces de base » et de « notes support ». Les pièces de base sont :

- Pièces appelées par l'article R. 593-16 du code de l'environnement :
 - identification de l'Andra ;
 - nature de l'installation ;
 - cartes et plans ;
 - étude d'impact ;
 - version préliminaire du rapport de sûreté ;
 - études de maîtrise des risques ;
 - capacités techniques de l'Andra ;
 - capacités financières de l'Andra ;
 - justification de la maîtrise foncière des terrains ;
 - servitudes et périmètres de protection et de droit exclusif ;
 - plan de démantèlement de fermeture et de surveillance ;
 - bilan du débat public et de la concertation ;
 - émission de gaz à effet de serre ;
 - plan directeur d'exploitation ;
- Pièces relatives à l'enquête publique (L. 123-6 et R. 123-8 du code de l'environnement) :
 - présentation non technique ;
 - informations juridiques et administratives ;
 - avis émis sur le projet et réponses de l'Andra ;
- Pièces appelées par d'autres textes ou demandes des autorités :
 - version préliminaire des spécifications d'acceptations des colis (D. 542-88 du code de l'environnement) ;
 - plan de développement de l'INB de stockage ;
- Pièces non réglementaires ajoutées pour la lisibilité du dossier :
 - guide de lecture, glossaires et acronymes ;

Les notes suivantes viennent en support du dossier de base, répondant à des thématiques diverses afférant à l'une ou plusieurs des trois instructions du DDAC :

- Bilan des concertations sur la phase industrielle pilote et sur la gouvernance du projet Cigéo ;
- Choix et description (démarche biosphère(s), biosphères pour les évaluations d'impact à l'Homme après fermeture du stockage, évaluations d'impacts aux populations en situation accidentelle) ;
- Concepts de stockage profond pour les déchets HA et MA-VL à l'international ;
- État de la maîtrise foncière des terrains d'emprise du périmètre de l'INB ;
- Liste des codes et normes utiles à la sûreté nucléaire ;
- Dossiers de justification des choix de conception (architecture souterraine, alvéole HA, bâtiment nucléaire de surface EP1, conteneurs de stockage des colis MA-VL, conteneurs de stockage HA, process nucléaire souterrain, alvéole MA-VL, alvéoles dédiés au stockage des fûts de déchets bitumés mis en conteneur renforcé, liaisons surface-fond, systèmes support, ouvrages de fermeture) ;

- Notes d'analyse des risques en exploitation (inondation externe, risque sismique, dispersion de substances radioactives, manutention, incendie en zone nucléaire, exposition externe et interne, gaz de radiolyse et de corrosion, dégagement thermique, criticité) ;
- Note de synthèse de l'analyse des risques et incertitudes ;
- Référentiel incendie pour la conception des installations souterraines de Cigéo ;
- Performances attendues des colis en termes de maintien du confinement ;
- Stockage en l'état des colis de déchets bitumés - Maitrise des risques et évolution de conception ;
- Liste des EIP et AIP et exigences définies ;
- Note scénarios, hypothèses et résultats des calculs de conséquences (exploitation) ;
- Evaluation complémentaire de sûreté ;
- La stratégie de surveillance de l'INB du centre de stockage Cigéo ;
- Démarche d'élaboration des inventaires de l'INB du centre de stockage Cigéo ;
- Inventaires de référence, de réserve de l'INB Cigéo ;
- Dossier de justification de la version préliminaire des spécifications d'acceptation des colis ;
- Méthode d'élaboration des spécifications d'acceptation des colis primaires à Cigéo - Etat des lieux de la définition des exigences préliminaires ;
- Méthode de définition de critères d'acceptation liés à la réactivité chimique des colis de déchets bitumés ;
- Notes conceptuelles :
 - L'activité bactérienne et l'évolution phénoménologique du stockage dans le temps ;
 - La charge thermique et le comportement thermo-hydro-mécanique (THM) du COX autour des quartiers HA ;
 - Le comportement hydrique et hydraulique du stockage et le devenir des gaz pendant la période d'exploitation réversible ;
 - Le comportement mécanique des alvéoles MA-VL en après fermeture ;
 - Le comportement mécanique et la corrosion des composants métalliques des alvéoles HA dans le temps (exploitation et après-fermeture) ;
 - Le comportement mécanique des ouvrages d'accès (puits et descenderie) et des ouvrages souterrains (alvéoles MA-VL et galeries) pendant la phase de fonctionnement réversible
 - État initial et évolution de la zone endommagée ;
 - L'évolution chimique des alvéoles MA-VL et du COX en champ proche ;
 - L'évolution des galeries en après-fermeture ;
 - L'évolution phénoménologique des scellements de Cigéo (après fermeture) ;
 - L'évolution du site du centre de stockage Cigéo sur le prochain million d'années du fait des évolutions géodynamiques et des effets en grand du stockage ;
 - Modèle conceptuel du milieu géologique ;
 - Le modèle hydrogéologique à l'actuel et son évolution sur le prochain million d'années Les modèles de relâchement phénoménologiques des radionucléides des colis de déchets HA et MA-VL en fonction des conditions d'environnement : synthèse des connaissances ;
 - Comportement des CU en stockage - Modèles de relâchement des radionucléides ;
 - Les modèles de relâchement phénoménologiques, en fonction des conditions d'environnement, des radionucléides pour les différentes familles de colis :
 - des CU ;
 - de déchets HA et MA-VL ;
 - des déchets FA-VL ;
 - Le relâchement et la migration des radionucléides et toxiques chimiques depuis le stockage jusqu'aux exutoires naturels ;
 - Le transitoire hydraulique-gaz et le devenir des radionucléides gazeux en après-fermeture ;

- L'évolution chimique des alvéoles HA et du COX en champ proche ;
- Bilan des observations de l'OPE sur l'état de l'environnement de surface ;
- Les référentiels de connaissances :
 - Le référentiel des expérimentations scientifiques et technologiques menées sur le centre de MHM ;
 - Le comportement des combustibles ;
 - Le comportement des déchets MA-VL ;
 - Le comportement des déchets vitrifiés (HA et MA-VL) ;
 - Le comportement des radionucléides et des toxiques chimiques, volume 1 et 2 ;
 - La corrosion des matériaux métalliques ;
 - Les déchets « Graphite » ;
 - Les dispositifs de caractérisation et d'auscultation mis en œuvre sur le centre de MHM ;
 - Les matériaux cimentaires ;
 - Les matériaux argileux ;
 - Les matériaux innovants prospectifs pour Cigéo ;
 - Référentiel de site, Tomes I, II, III, IV ;
 - Recueil des fiches bilan scientifiques et techniques ;
- Etude du scénario conventionnel d'effondrement dans les ouvrages ;
- Influence des éléments d'architecture et de conception sur l'évolution phénoménologique et la performance de Cigéo en après-fermeture ;
- Hypothèses et valeurs paramètres retenus dans évaluations quantitatives performance et sûreté après fermeture ;
- L'importance des itérations entre sûreté, conception et connaissances dans le développement progressif du centre de stockage Cigéo ;
- Études relatives à l'adaptabilité de l'INB au stockage des colis de déchets de l'inventaire de réserve,
- La phase industrielle pilote : éléments sur son déroulé, ses objectifs et ses limitations.

ANNEXES TECHNIQUES

Annexe T1. Dialogue technique organisé par l’Anccli, le Clis de Bure et l’IRSN durant l’instruction du DDAC de Cigéo

Un dialogue technique est organisé à destination de la société civile par l’Association nationale des comités et commissions locales d’information (Anccli), le Comité local d’information et de suivi (Clis) du laboratoire de Bure et l’IRSN durant l’expertise du DDAC de Cigéo. Il a commencé lors du lancement de l’instruction, début 2023, et se prolonge jusqu’à son terme, soit sur une durée d’environ deux ans et demi. Ce dialogue technique s’inscrit dans la continuité des actions d’ouverture à la société civile sur les déchets HA-MAVL organisées depuis 2012, en particulier du dialogue technique réalisé à l’occasion de l’expertise du DOS de Cigéo en 2016 et 2017. Il réunit des membres de l’Anccli, du Clis de Bure, de Cli, d’associations, ainsi que des experts non institutionnels, qui forment au total un groupe pluraliste d’une quarantaine de personnes de la société civile. L’ASN et l’Andra, qui ne sont pas des organisateurs du dialogue technique, participent également aux réunions organisées dans ce cadre pour apporter des informations relevant de leurs responsabilités, en particulier sur le DDAC et le projet Cigéo concernant l’Andra, et sur ses saisines et la réglementation pour ce qui est de l’ASN.

Ce dialogue technique concerne l’expertise de l’IRSN portant sur le DDAC déposé par l’Andra, en termes de sûreté nucléaire du centre de stockage et de radioprotection du personnel, du public et de l’environnement. Dans cette optique, les objectifs du dialogue technique sont de :

- tenir compte des préoccupations et des questions des participants de la société civile pour rendre plus robuste l’expertise de l’IRSN ;
- permettre aux participants de la société civile de se forger leur propre opinion sur les sujets de sûreté nucléaire et de radioprotection et participer ainsi au processus conduisant à la décision publique.

La participation de la société civile au dialogue technique repose sur la structure suivante :

- un groupe central, pérenne sur toute la durée du dialogue technique, dans la continuité du groupe d’échanges mis en place pour le DOS de Cigéo, étendu à de nouveaux participants de manière à apporter d’autres regards et points de vue ;
- des groupes thématiques, qui travaillent de manière ponctuelle dans le temps et indépendamment les uns des autres sur des sujets spécifiques.

Différents niveaux de participation de la société civile sont ainsi possibles, allant d’une participation générale et continue sur le long terme à une participation ciblée sur un thème précis et ponctuelle dans le temps, en fonction des souhaits et des possibilités des participants.

Le déroulement du dialogue technique est intimement lié au séquençage dans le temps de l’instruction technique en trois volets, chacun donnant lieu à un rapport d’expertise de l’IRSN et à une réunion d’examen par le Groupe permanent d’experts pour les déchets (GPD) saisi par l’ASN. Les sujets techniques à traiter, définis par la société civile, ont été répartis en trois séquences appelées « saisons », correspondant à ces trois volets de l’instruction technique :

- les données de base retenues pour l’évaluation de sûreté (saison 1) ;
- l’évaluation de sûreté en exploitation (saison 2) ;
- l’évaluation de sûreté en après fermeture (saison 3).

Par la suite, les participants de la société civile ont voté pour que ces sujets techniques soient traités par le groupe central ou par un groupe thématique.

Comme l’instruction technique, la saison 2 a débuté alors que la saison 1 n’était pas encore terminée (fin en mars 2024), avec le programme suivant :

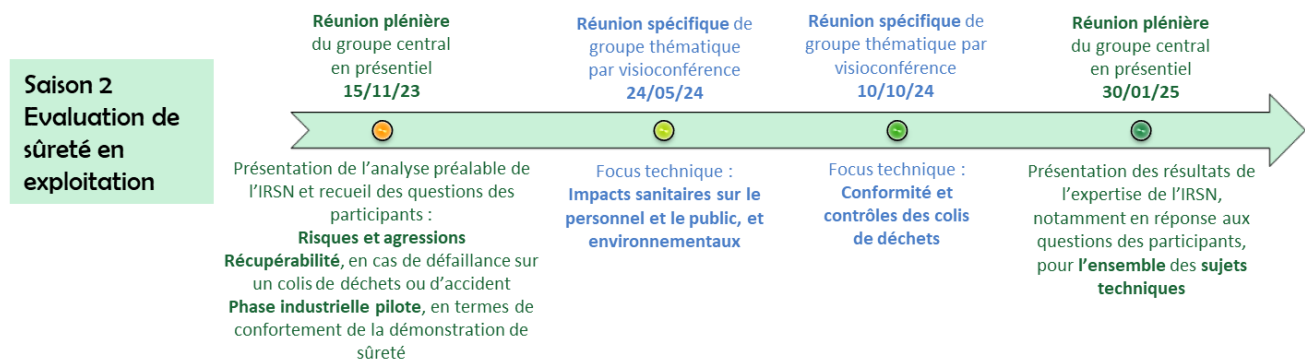


Figure 1. Programme de la saison 2 du dialogue technique

Lors de la saison 2, les participants de la société civile ont posé environ 170 questions. En écartant les questions en dehors du champ de compétences de l’IRSN (inspection du travail, expropriations...), relevant de l’organisation du dialogue technique, concernant l’expertise de l’IRSN en dehors du DDAC (transport sur voie publique ...) et relatives aux autres saisons, il subsiste environ 100 questions relatives aux sujets techniques de la saison 2. Mises à part les questions de compréhension et d’éclaircissement, ainsi que celles portant sur des données et des informations factuelles, il reste environ 60 questions relatives à l’expertise de l’IRSN sur l’évaluation de sûreté en exploitation présentée dans le DDAC, auxquelles il convient d’ajouter celles qui avaient été posées lors des réunions de la saison 1, ce qui conduit à un total d’environ 110 questions.

Les questionnements ont porté principalement sur :

- les critères d’acceptation des colis de déchets, leurs contrôles et le devenir des colis non conformes ;
- les risques d’incendie, en particulier les déchets bitumés, ainsi que les interventions pour maîtriser l’incendie et les secours apportées au personnel dans un milieu profond et confiné, et les risques d’explosion (risques d’origine interne) ;
- les changements climatiques et la chute accidentel d’aéronefs (risques d’origine externe) ;
- le comportement du génie civil ;
- les facteurs organisationnels et humains, notamment les erreurs humaines ;
- le caractère enveloppe des scénarios d’accident retenus, en particulier la prise en compte d’aggravants et de cumul d’événements ;
- les impacts sanitaires, sur le personnel et le public, et environnementaux, en fonctionnement normal, incidentel et accidentel de Cigéo, notamment les effets des faibles doses ;
- le retrait de colis de déchets dégradés à la suite d’un incident ou d’un accident ;
- le sujet transverse de la phase industrielle pilote, en particulier les objectifs, les résultats attendus, les limites, le programme d’essais à réaliser et les colis de déchets prévus d’être stockés pendant cette phase.

La particularité d’une durée d’exploitation très longue a été soulignée à plusieurs reprises par les participants de la société civile, par exemple à propos des facteurs organisationnels et humains, des travaux de maintenance et de jouvence ou de réhabilitation après un accident pour poursuivre l’exploitation, ainsi que de l’évolution des aléas climatiques et de la nature des aéronefs à considérer.

Par ailleurs, en termes de participation active de la société civile, il convient de souligner que lors de la réunion spécifique du 24 mai 2024 dédiée aux impacts sanitaires et environnementaux de Cigéo, outre des présentation par l’IRSN, le Clis de Bure a présenté l’avancement de l’Observatoire de la santé des riverains du projet Cigéo (Osarib), qui vise à ce stade à établir un « point zéro » afin notamment d’identifier d’éventuelles évolutions sanitaires dues à ce potentiel centre de stockage.

La dernière réunion de la saison 2, concernant la présentation des résultats de l'expertise de l'IRSN, notamment en réponse aux questions des participants de la société civile, aura lieu le 30 janvier 2025. A cette occasion, comme cela a été effectué pour la saison 1, des pictogrammes, relatifs aux questions et aux positions de l'IRSN, seront utilisés de manière à permettre aux participants de la société civile de se repérer plus facilement et de faire ressortir les résultats d'expertise les plus importants (cf. annexe T1 du rapport d'expertise de l'IRSN relatif au volet 1).

En outre, une innovation de ce dialogue technique consiste à expérimenter un travail commun entre la société civile et l'IRSN sur la base d'un scénario co-construit d'une situation du stockage postulée, en vue d'une évaluation partagée des enjeux de sûreté associés. Une première réunion, en octobre 2023, avait mis en évidence trois possibilités de scénario, relatives aux préoccupations et intérêts de la société civile :

- en phase d'exploitation, incendie dans l'installation souterraine ;
- rupture sociétale conduisant à un arrêt de l'exploitation du stockage et à un abandon du site ;
- après fermeture, oubli de l'existence du centre de stockage et intrusion tel qu'un forage traversant le stockage.

Les participants ont retenu, lors d'une deuxième réunion tenue le 18 juin 2024, le scénario d'arrêt de l'exploitation du stockage et d'abandon du site comme celui à étudier parmi les trois possibles. Au contraire des deux autres scénarios, il n'est pas traité en tant que tel dans le DDAC, qui considère uniquement un effondrement local. En ce sens, le choix de ce scénario constitue une véritable plus-value pour l'expertise de l'IRSN. Ce scénario a ensuite été approfondi, notamment par un vote des participants de la société civile, pour fixer les hypothèses relatives à l'inventaire de déchets stockés, au niveau de fermeture des ouvrages et aux colis en transit dans les galeries de liaison. Les hypothèses retenues sont les suivantes :

- inventaire de déchets stockés : quartier MAVL, avec quelques alvéoles laissées vides, et quartier HA en cours de remplissage ;
- niveau de fermeture des ouvrages : fermeture « au plus tard » (pas de scellement, ni de remblais) ;
- colis en transit : un colis HA et un colis MA-VL présents dans les galeries de liaison.

L'IRSN réalisera des modélisations supplémentaires sur la base de ces hypothèses. Les résultats de calcul et les enseignements en termes de sûreté après fermeture seront présentés lors de la réunion plénière, qui aura lieu les 8 et 9 juillet 2025, consacrée à la présentation des résultats de l'expertise de l'IRSN relative à l'évaluation de sûreté en après-fermeture (saison 3).

Par ailleurs, la concertation conduite par l'ASN sur les saisines de l'IRSN et du GPD, et le dialogue technique, constituent des associations distinctes et complémentaires de la société civile pour améliorer l'expertise et la décision. Elles s'enrichissent mutuellement.

Annexe T2. Recommandations, demandes et engagements issus des instructions précédentes

Le Tableau T2-1 ci-dessous a été réalisé à partir de celui élaboré à l'issue de l'instruction du DOS et publié en annexe C à la lettre CODEP-DRC-2018-001635 [27]. Les lignes correspondant aux recommandations, demandes et engagements sans lien avec le GP2 ont été ôtées.

Tableau T2-1 : Recommandations, demandes et engagements issus des instructions précédentes et chapitre du rapport en lien avec le sujet.

(cf. page suivante)

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
1. Référentiels			
1.1. Référentiels (réglementaire, normatif et technique) et REX (national et international) retenus (au regard notamment du chapitre II du titre III de la décision relative au rapport de sûreté)			
Jalon 2009	2010-E-17.2	[Pour ce qui concerne la prise en compte du REX du Laboratoire Souterrain] L'Andra présentera la manière dont elle a exploité et exploitera les connaissances et le savoir-faire acquis au Laboratoire souterrain pour améliorer les activités d'exploitation et d'auscultation dans le futur stockage.	§ 3.5, 4.1.2, 4.3.2.2 (2024-E28), 6.1.3, 6.2, 6.4, 6.5.2.3
Avis DOS	2018-Avis-D-1	Dans son avis du 11 janvier 2018, l'ASN estime que : « le dossier de demande d'autorisation de création doit avoir un niveau de détail permettant, compte tenu du principe de réversibilité et du développement prévu de l'installation, d'avoir, conformément aux dispositions de l'article 3.1.6 de la décision de l'ASN du 17 novembre 2015 susvisée, la raisonnable assurance que la démonstration de sûreté nucléaire sera confirmée au moment de la remise de la version du rapport de sûreté établie pour la demande d'autorisation de mise en service de la partie concernée de l'INB. »	§ 4.2, 4.3, 4.4, 6.2, 6.3
LdS DOS	2018-D-31	Je vous demande d'intégrer, dans les pièces mentionnées à l'article 8 du décret du 2 novembre 2007, les dispositions (études de sûreté notamment) prises au titre de la réversibilité, telle que définie par la loi du 25 juillet 2016 et conformément à la décision du 17 novembre 2015 en particulier son article 3.1.6.	§ 6.4, 6.5
2. Description de l'installation et de son environnement			
2.1. Performances des composants du système de stockage (Site ; colis ; composants ouvrages dont scellements ; architecture, dont implantation, répartition de l'inventaire et gestion du pendage) pris isolément puis dans leur ensemble			
Jalon 2009	2010-E-16	[Pour ce qui concerne les nouvelles options de conception] L'Andra évaluera la sûreté en phase d'exploitation et de post-fermeture de l'option de conception qui sera retenue pour les colis de déchets MAVL vitrifiés.	NA
Esquisse	2013-D-15	Le développement par étapes de l'installation, sur une durée a priori séculaire, implique de considérer : - Le volume à l'intérieur duquel pourra s'étendre le stockage est limité et il convient de le gérer au mieux. Par ailleurs, le creusement et le fonctionnement des différentes tranches sont prévus pour être réalisés au fur à et mesure. La construction et le fonctionnement de nouvelles tranches peuvent alors avoir un impact sur la sûreté des tranches précédemment en fonctionnement. - Une conception globale de l'installation, en considérant son extension maximale, doit donc être définie et présentée avec un niveau de démonstration de sûreté suffisant dès le dépôt de la demande d'autorisation de création de l'installation.	1 ^{er} point : § 4.2.2 (2024-E24), 4.3.5 2 ^{ème} point : § 6.5

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
Esquisse	2013-D-11	Les intervalles de temps laissés entre la construction d'alvéoles HA et leur exploitation : l'influence sur la sûreté en exploitation et à long terme du stockage des durées laissées entre la construction d'alvéoles HA et leur exploitation devra être décrite dans le dossier présenté en support de la demande d'autorisation de création.	§ 2.2.1, 4.3.2.2 GP3 pour sûreté à long terme
Ouvrages de fermeture	2014-D-10	[Concernant la pertinence des concepts retenus pour atteindre ces performances et l'analyse de leur comportement à moyen et long terme] Bouchons de radioprotection des alvéoles HA : la pertinence de leur conception devra être justifiée au regard de la sûreté lors des opérations d'exploitation (mise en place et dépose de bouchons en cas de retrait des colis de déchets HA) et en phase de post-fermeture (interactions mécaniques avec les colis HA).	§ 4.2.1, 6.4 GP3 pour post-fermeture
Ouvrages de fermeture	2014-D-13	[Concernant la pertinence des concepts retenus pour atteindre ces performances et l'analyse de leur comportement à moyen et long terme] Composants métalliques du stockage : le dimensionnement des composants métalliques du stockage (chemisage des alvéoles et (sur) conteneurs), des ouvrages de scellement ainsi que des soutènements des ouvrages de grande dimension devra être précisé (rappel d'une demande issue de l'instruction du « dossier 2005 »).	GP1 pour composants métalliques et ouvrages de scellements (2024-E12 et 2024-E15). Soutènements : § 4.1
PDD	2016-D-012	[Concernant les domaines à forts enjeux de sûreté et pouvant conduire à d'importants retours sur conception] La démonstration de performance attendue pour le dossier de demande d'autorisation de création devra justifier du caractère favorable, pour la sûreté, des performances des composants du système de stockage censés participer aux fonctions de sûreté pris isolément (colis, composants ouvragés, roche hôte), puis, dans leur ensemble, reflétant les différents aspects de la conception (construction, surveillance...), de l'exploitation et fondée notamment sur des essais <i>in situ</i> réalisés en environnement similaire à celui attendu dans Cigéo afin de permettre de conclure sur le bien-fondé des options techniques qui seront retenues.	§ 3.4, 3.5.3, 4.2.2.1, 4.3.1.4, 4.3.2.1
DOS	2017-E-21	L'Andra présentera, dans le dossier de DAC, un concept d'alvéoles HA, dont la capacité de réalisation et l'atteinte des performances visées s'appuieront sur des éléments de connaissance issus notamment d'essais en vraie grandeur menés au Laboratoire souterrain.	§ 4.3.2.2 (2024-E28)
DOS	2017-E-28	Dans le cas d'EIP ne pouvant faire l'objet de maintenance et de contrôle, l'Andra présentera, dans le dossier de DAC, les dispositions retenues à la conception permettant de justifier du maintien de la qualification de ces EIP, au regard de leurs durées et de leurs conditions de service.	§ 3.4.3 (2024-E21 et 2024-E22)
DOS	2017-E-30	Les conditions et les résultats des caractérisations d'une part et des essais d'autre part permettant de justifier les performances des conteneurs de stockage MAVL pendant la phase d'exploitation, seront présentés dans le dossier en support de la DAC.	§ 4.2.2.1, 4.2.3, 4.3.1.4, 4.3.1.5, 4.3.2.1

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
DOS	2017-E-33	Le programme d'essais de qualification prévu par l'Andra et présenté dans le dossier de DAC : - tiendra compte des dispositifs complémentaires retenus dans la conception des conteneurs de stockage MAVL « renforcés vis-à-vis du confinement » si ceux-ci sont confirmés, - permettra de démontrer que l'ensemble des colis de stockage, quelle que soit la solution de stockage retenue (conteneur de stockage « standard » ou « renforcé vis-à-vis du confinement »), atteignent les performances de confinement visées sur l'ensemble de la phase d'exploitation.	§ 4.2.2.1, 5.1.2 (2024-E50 et 2024-E51)
DOS	2017-E-34	Dans le dossier de DAC, l'Andra justifiera que la conception de la hotte, prenant en compte ses singularités et son taux de fuite en situations incidentelle et accidentelle, permettra de limiter le relâchement d'activité estimé dans un volume restreint, à un niveau compatible avec la classe de ventilation de type C1-I retenue pour les descenderies, la ZSL et les galeries de liaison et d'accès aux alvéoles.	§ 4.2.2.2
DOS	2017-E-37	L'Andra précisera les exigences en matière de température en phase d'exploitation dans les alvéoles MA-VL contenant des colis de déchets d'enrobés bitumineux, en cohérence avec les fonctions et performances associées qui sont attribuées à ces colis à long terme, et justifiera les dispositions techniques mises en œuvre pour leur maintien.	NA
Lds DOS	2018-D-18	Je vous demande de justifier l'option de stockage que vous retiendrez pour les colis de déchets vitrifiés MAVL.	NA
Lds DOS	2018-D-19	Je vous demande de justifier l'option de stockage direct des colis MAVL, en particulier au regard de la gestion de la criticité et du taux de vide admissible en alvéole MAVL.	§ 4.2.3.2
2.2. En particulier, concernant les colis de déchets radioactifs			
2.2.1. Inventaire			
Avis DOS	2018-Avis-D-3	Dans son avis du 11 janvier 2018, l'ASN estime que : « au stade de la demande d'autorisation de création de l'installation, l'Andra doit présenter l'inventaire de réserve retenu, conformément à l'avis de l'ASN du 31 mai 2016 susvisé et justifier qu'il n'y a pas d'élément réhibitoire au stockage des déchets de cet inventaire de réserve. »	Traité en partie au GP1. Voir GP3 pour sûreté après fermeture. GP2 : § 6.5.2

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
Lds DOS	2018-D-6	Je vous demande, conformément au PNGMDR 2016-2018, que des études sur l'inventaire de réserve soient jointes au dossier de demande d'autorisation de création et qu'elles intègrent : - une esquisse des concepts retenus pour l'éventuel stockage des déchets de cet inventaire ; - la démonstration que la conception retenue pour l'installation de stockage dont la création est prévue préserve la possibilité technique de l'accueil des déchets de cet inventaire ; - des éléments présentant les modifications éventuelles à apporter aux installations « support » (descenderies, galeries d'accès, installations de surface, ventilation,...) et de leur impact potentiel sur la démonstration de sûreté de l'installation ; - les jalons d'un programme R&D qui permettrait de disposer, en temps voulu, de la démonstration complète de la sûreté de leur stockage. Ces études devraient permettre d'avoir la raisonnable assurance que la démonstration de sûreté pourra, le cas échéant, être confirmée pour les déchets de l'inventaire de réserve. Les éléments pertinents sont à verser à la version préliminaire du rapport de sûreté, conformément à la demande [2018-Avis-D-1].	Traité en partie au GP1. Voir GP3 pour sûreté après fermeture. GP2 : § 6.5.2
2.2.2. Conditionnement et spécifications d'acceptation			
Risques en exploitation	2014-E-8.2	L'Andra présentera [...] : dans le DOS, les fonctions et les performances des conteneurs de stockage.	§ 4.2.2.1, 4.2.3, 4.3.1.4, 4.3.1.5, 4.3.2.1
Risques en exploitation	2015-D-1	Par ailleurs le dossier « maîtrise des risques en exploitation au niveau esquisse » présente une option, qui n'est actuellement pas retenue en référence, mais comme une variante à l'étude, qui consiste à prévoir un stockage direct de certains colis primaires, sans conteneur de stockage additionnel. La mise en œuvre de cette variante serait considérée comme une évolution notable par rapport au « dossier 2009 » et nécessiterait une attention particulière. Une version préliminaire des spécifications d'acceptation pour le stockage sera remise en 2015 par l'Andra dans le cadre des options de sûreté de Cigéo. L'ASN considère que ces spécifications devront fixer des exigences équivalentes de confinement et de récupérabilité des colis pour tous les colis qui seront stockés, que les colis primaires soient inclus ou non dans un conteneur de stockage.	§ 5.1.2 (2024-E50 et 2024-E51)
Risques en exploitation	2014-E-8.3	L'Andra présentera dans le dossier accompagnant la DAC, les dispositions concrètes permettant de satisfaire ces exigences [de confinement assignées aux colis de déchets primaires MA-VL], quelle que soit la solution de stockage envisagée.	§ 4.2.2.1, 5.1.2 (2024-E51)
DOS	2017-E-04	L'Andra présentera à l'échéance de la DAC, une version consolidée des spécifications préliminaires d'acceptation des colis primaires à Cigéo, définissant l'ensemble des exigences déclaratives, quantitatives et qualitatives assignées aux colis primaires HA et MA-VL, en cohérence avec la conception et la démonstration de sûreté.	§ 4.2, 4.3, 5.1

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
DOS	2017-E-31	Dans le Dossier de DAC, l'Andra présentera la liste préliminaire et la nature des contrôles portant sur les emballages de transport et les colis (colis primaire, conteneur de stockage et colis de stockage), ainsi que les critères associés.	§ 5.2.1
2.3. Objectifs de sûreté retenus, démarche d'établissement des domaines de fonctionnement et des paramètres clés (sur la base des premiers éléments fournis)			
Risques en exploitation	2015-D-3	[Concernant la démarche et les exigences de sûreté présentées] Fonctions de sûreté et paramètres clés : le dossier accompagnant la demande d'autorisation de création devra présenter : les paramètres clés qui encadrent la sûreté en exploitation de Cigéo, qui seront surveillés tant au niveau de l'acceptation des colis de déchets destinés à être stockés dans l'installation que pendant l'exploitation de Cigéo, ainsi que les mesures correctives prévues en cas de dérive constatée.	§ 4.2.2.1, 4.3.2.1, 5.1
3. Sûreté en exploitation			
3.1. Scénarios (discrimination des scénarios, pertinence, agressions considérées, niveaux d'aléas), dont scénarios de récupération de colis, évaluations complémentaires de sûreté (ECS), cumuls			
Esquisse	2013-D-8	[La démarche de sélection des scénarios de sûreté] La discrimination des scénarios retenus pour le dimensionnement de l'installation devra être justifiée dans le dossier support à la demande d'autorisation de création. Cette justification devra intégrer la démarche d'évaluation complémentaire de sûreté.	§ 3.3
DOS	2017-E-25	Dans le dossier de DAC, l'Andra intégrera, dans le dimensionnement de l'installation et des dispositions de sûreté associées, les cumuls plausibles d'événements identifiés.	§ 3.3
DOS	2017-E-26	L'Andra présentera, dans le dossier de DAC, l'examen de l'ensemble des scénarios qu'ils soient enveloppes ou non en termes de conséquences radiologiques et chimiques y compris pour chaque scénario de cumul plausible et y associe les dispositions de sûreté qui en découlent le cas échéant.	§ 3.3
DOS	2017-E-27	L'Andra s'engage à compléter les évaluations complémentaires de sûreté dans le dossier de DAC, notamment en : <ul style="list-style-type: none"> - précisant les effets falaise potentiels pour des phénomènes naturels extrêmes, et le cas échéant, justifiant le niveau d'aléa « ECS » retenu pour le dimensionnement des composants entrant dans la définition du « noyau dur » ; - tenant compte des combinaisons de situations causées par le même événement initiateur ; - identifiant les moyens de secours nécessaires et les équipements en interface avec eux, ainsi que les contraintes liées à l'intervention en situation de type « ECS » nécessitant un dimensionnement adéquat ; - évaluant, sur la base des conséquences radiologiques calculées pour chacune des situations redoutées, le bien-fondé et l'efficacité des dispositions prévues. 	§ 3.3

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
DOS	2017-E-45	L'Andra justifiera dans le dossier de DAC, le caractère pénalisant des scénarios de collision du transfert incliné en gare basse de la descenderie, pris en compte parmi les situations de dimensionnement de l'installation ou de son PUI.	§ 4.3.3
DOS	2017-E-61	L'Andra complètera, dans le dossier de DAC, son analyse des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication, en tenant compte : - des phénomènes dangereux induits par les réseaux de canalisations de gaz ou d'hydrocarbures desservant l'installation Cigéo, si de tels réseaux sont finalement retenus dans la conception ; - d'un scénario de brèche majeure sur un camion-citerne de GPL, sur les voies de communication pouvant induire ce risque, entraînant la formation d'un nuage de gaz inflammable puis son inflammation (UVCE).	1 ^{er} point : NA 2 ^e point : § 4.4.4.1
DOS	2017-E-62	Dans le dossier DAC, l'Andra présentera les scénarios d'intervention post incident/accident retenus ainsi que les évaluations préliminaires de la dosimétrie pour le personnel intervenant dans ces scénarios.	§ 3.6.1, 4.5.2.1
Lds DOS	2018-D-10	Je vous demande, si vous envisagez le stockage en l'état de tout ou partie des colis de déchets bitumés de présenter, dans le dossier de demande d'autorisation de création, des modifications de conception pour exclure le risque d'emballement des réactions exothermiques, concernant notamment : - les dispositions de surveillance permettant de détecter au plus tôt une montée progressive de la température ; - les dispositions prévues en cas d'incendie pour empêcher des réactions exothermiques des colis de déchets bitumés et la propagation à un ou d'autres colis ; - les mesures de limitation des conséquences vis-à-vis de la dissémination de matière radioactive à la suite d'une dégradation thermique des colis.	§ 4.3.1.5 (2024-E36)
3.2. Objectif de protection radiologique (travailleurs, groupes de population, valeurs cibles) et démarche d'optimisation			
Jalon 2009	2010-E-6	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'exposition interne et externe] L'Andra justifiera que la zone de travaux peut être considérée comme une zone non réglementée, à partir des résultats des études de l'exposition du personnel de la zone de travaux aux postes de travail considérés comme dimensionnants.	NA
Jalon 2009	2011-R-8	[Sûreté en phase d'exploitation du stockage] Examiner, dans le cadre des études d'optimisation de la radioprotection, les adaptations à apporter éventuellement aux systèmes de manutention envisagés (contrôle à distance notamment) en tenant compte des incidents possibles lors des opérations de transfert et de mise en place des colis dans les alvéoles.	§ 4.2.1
Ouvrages de fermeture	2014-D-16	[Concernant la faisabilité industrielle de ces concepts d'ouvrages de fermeture] Contraintes liées à la radioprotection du personnel : leur intégration devra être détaillée dans l'étude de faisabilité technique des scellements.	NA

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
DOS	2017-E-32	L'Andra complètera, dans le dossier de DAC, l'organisation de la salle de commande de l'installation EP1 et la justification de son classement radiologique. L'Andra précisera les modalités de déclassement des zones « rouges », de signalisation des zones intermittentes et de gestion des accès.	§ 4.2.1
3.3. Construction : méthodes de creusement, soutènements, premiers éléments concernant le domaine de fonctionnement et la reconnaissance à l'avancement			
Esquisse	2013-D-10	L'élargissement de l'usage d'un tunnelier « pleine face » pour excaver les galeries de liaison de l'installation souterraine, en plus de la descenderie et des galeries principales composant la zone centrale des installations souterraines : il conviendra de définir pour la demande d'autorisation de création, si cette solution de creusement est retenue, le ou les points d'arrêt et les investigations nécessaires permettant de s'assurer de l'absence d'effets rédhibitoires du creusement sur les ouvrages souterrains et les équipements.	NA
PDD	2016-D-006	[Concernant l'importance donnée aux composants dont les performances attendues seront reprises comme des paramètres clés dans la démonstration de sûreté nucléaire de l'installation] Leur développement doit être suivi avec une attention particulière. Ils sont en effet susceptibles de conduire à des modifications marquées de concepts si la solution de référence retenue jusque-là se montrait insuffisante au regard des objectifs recherchés, lors d'essais de démonstration technique. Au regard des instructions précédemment réalisées, les domaines suivants nécessitent, à ce titre, un suivi particulier : - la tenue et l'impact des grands ouvrages (adéquation des méthodes de creusement, bon dimensionnement des soutènements, caractéristiques de l'endommagement de la roche autour des ouvrages).	§ 3.5, 4.1

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
PDD	2016-D-013	[Concernant les délais prévus pour les travaux de creusement des liaisons jour-fond et des premiers tunnels de stockage] Ils doivent être actualisés et présenter des marges pour tenir compte des spécificités importantes du projet, [Demande 2016-D-013] telles que : - Les précautions qu'il convient de prendre pour tout ouvrage (liaisons jour-fond, zone de soutien logistique...) essentiel à la maîtrise des risques en phase d'exploitation (risques de venues d'eau au droit des aquifères notamment) et de post-fermeture (limitation de l'endommagement au droit des futurs zones à sceller) ; - De possibles aléas de chantier pour des ouvrages creusés selon des techniques peu communes (descenderies creusées au tunnelier à travers différents faciès géologiques, abattage mécanique des puits dans la formation hôte...) ; - La demande de l'ASN, formulée à l'issue de la phase d'esquisse dans son courrier du 18 novembre 2013, de s'assurer de l'absence d'effets rédhibitoires liés à l'utilisation de tunneliers « pleine face » sur les ouvrages souterrains et les équipements ; - La mise en œuvre de la reconnaissance à l'avancement que l'Andra s'est engagée à réaliser pendant le creusement ; - La construction nécessairement progressive des différents tunnels de stockage MA VL afin de pouvoir tirer profit du retour d'expérience des premiers ouvrages sur les suivants ; - Le temps d'acquisition des éléments nécessaires pour démontrer la sûreté nucléaire de la future installation.	NA
3.4. Essais de démarrage			
PDD	2016-D-015	[Concernant la phase industrielle pilote et les essais préalables à la mise en service de l'INB puis à son fonctionnement à cadence industrielle] Dans ce cadre, l'Andra devra déterminer de manière précise les essais qui devront être réalisés préalablement à la mise en service de l'INB puis à son fonctionnement à cadence industrielle, la durée d'acquisition attendue des éléments qui seront nécessaires pour les valider, intégrant des aléas de réalisation pour ces essais, la définition des conditions d'environnement attendues pour leur réalisation, leur positionnement par rapport à la phase industrielle pilote, l'inventaire des colis de déchets strictement nécessaire à ces essais et leur chronique de stockage.	§ 3.4, 4.2.2.3, 6.2
DOS	2017-E-58	Compte tenu de l'objectif de l'Andra de conduire l'excavation des puits à l'explosif, l'Andra prévoira une reconnaissance des zones d'écoulement au sein des calcaires du Barrois, préalable au creusement de chaque puits ainsi qu'à l'avancement, dans le but d'identifier les éventuels zones d'écoulement reconnues ou possibles, en regard du caractère karstique des calcaires du Barrois, et de définir les besoins de traitement de terrain à réaliser en préalable ou durant la construction pour se prémunir des venues d'eau. La conception de ces traitements tiendra compte des méthodes de creusement et de réalisation des puits. Le revêtement étanche des puits sur toute la hauteur des calcaires du Barrois sera dimensionné vis-à-vis de sa tenue et de sa robustesse pendant la période d'exploitation de Cigéo, en prenant en compte les divers éléments susceptibles de l'altérer dans le temps, y compris les situations extrêmes.	1 ^{er} point : GP1 2 ^{ème} point : NA

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
3.4. Sujets techniques particuliers			
3.4.1. Prise en compte des agressions internes et externes et de leur cumul possible (articles 3.5 et 3.6 de l'arrêté du 7 février 2012)			
Avis DOS	2018-Avis-D-25	Concernant l'ensemble de ces aléas, dans son avis du 11 janvier 2018, l'ASN estime nécessaire que « l'Andra présente et justifie, dans le dossier accompagnant la demande d'autorisation de création, les niveaux d'aléas qu'elle retient ainsi que les exigences, les critères et les méthodes pour analyser le comportement des équipements et ouvrages soumis à ces aléas, en exploitation comme après fermeture, notamment pour ce qui concerne le séisme dans la démonstration de sûreté après la fermeture du stockage. »	§ 4.1, 4.4.1.1 (2024-E41), 4.4.2, 4.4.3.1 (2024-E43)
§ Incendie			
Jalon 2009	2010-E-7.4	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'incendie] L'Andra précisera les principes de sectorisation et les exigences associées pour les locaux présentant les dangers d'incendie les plus importants ou à maintenir à l'abri des effets d'un incendie, notamment dans la zone centrale de soutien et les installations de liaison jour-fond, et présentera les dispositions permettant d'éviter la propagation d'un incendie entre la cellule de manutention et la partie utile de l'alvéole MAVL associée.	§ 4.3.1.4
Jalon 2009	2010-E-7.5	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'incendie] L'Andra présentera l'ensemble des principes de désenfumage retenus, ainsi qu'une justification de l'efficacité du concept de désenfumage retenu. L'Andra justifiera l'adéquation des systèmes de désenfumage aux objectifs liés à l'évacuation du personnel, à la protection des équipes d'intervention, et à la protection des « cibles de sûreté » pour l'ensemble des zones du stockage.	§ 4.3.1.1 (2024-E31), 4.3.1.4 (2024-E33)
Jalon 2009	2011-R-3	En complément des dispositions de prévention de l'incendie, présenter les dispositions additionnelles que vous jugez nécessaires pour éteindre un feu ou en limiter les conséquences dans les zones où les conditions d'ambiance ne permettraient pas l'intervention humaine, notamment dans la partie utile des alvéoles MAVL en cas de défaillance du système d'extinction embarqué sur l'engin de mise en alvéole.	§ 4.3.1.1
Jalon 2009	2010-E-7.3	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'incendie] L'Andra justifiera le caractère enveloppe des effets des incendies qui seront retenus pour le dimensionnement des dispositions de protection contre l'incendie.	§ 4.3.1.1 (2024-E29 et 2024-E30)
Esquisse	2013-D-12	Les dispositions concrètes de maîtrise des risques incendie : une attention particulière devra être portée sur la maîtrise des risques liés à la co-activité, le désenfumage des galeries et l'intervention des secours.	§ 4.3.1.4 (2024-E33, 2024-E35), 4.3.5
Risques en exploitation	2014-E-9	L'Andra complétera, dans le dossier accompagnant la DAC, les exigences de son référentiel incendie relatives à l'opacité et la toxicité des fumées.	NA

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
Risques en exploitation	2015-D-6	[Concernant les risques liés à l'incendie] Il conviendra que le dossier support à la demande d'autorisation de création apporte une attention particulière à la présentation des outils de simulation numérique utilisés pour l'analyse des risques d'incendie et à la démonstration de la validité de leur domaine d'utilisation. Conformément aux dispositions de l'article 3.8 de l'arrêté du 7 février 2012, des éléments probants permettant de justifier la compatibilité des outils de simulation numérique utilisés avec les spécificités de Cigéo devront être fournis. Ils devront notamment intégrer la prise en compte du retour d'expérience et des jugements d'experts.	§ 4.3.1.1, 4.3.1.4 (2024-E33)
PDD	2016-D-007	[Concernant l'importance donnée aux composants dont les performances attendues seront reprises comme des paramètres clés dans la démonstration de sûreté nucléaire de l'installation] Leur développement doit être suivi avec une attention particulière. Ils sont en effet susceptibles de conduire à des modifications marquées de concepts si la solution de référence retenue jusque-là se montrait insuffisante au regard des objectifs recherchés, lors d'essais de démonstration technique. Au regard des instructions précédemment réalisées, les domaines suivants nécessitent, à ce titre, un suivi particulier : - la maîtrise des risques d'incendie et d'explosion (qualification des procédés, y compris de la ventilation)	§ 4.2.2.3 (2024-E25), 4.3.1.1, 4.3.1.4
DOS	2017-E-38	L'Andra présentera, dans le dossier de DAC, des zones de feu au sens de la décision incendie de l'ASN permettant de garantir l'absence de propagation d'un incendie entre les cellules « déchargement ET », « contrôle C5 », « mise en conteneur », « déconditionnement » et « contrôle de 2nd niveau », de l'installation EP1.	§ 4.2.2.3 (2024-E23), § 4.3.1.1, 4.3.1.4 (2024-E32)
DOS	2017-E-39	L'Andra analysera, dans le dossier de DAC, le risque de propagation d'un incendie en dehors de son volume initial et présentera, le cas échéant, un scénario de dimensionnement du PUI associé.	§ 4.2.2.3 (2024-E23), 4.3.1.1, 4.3.1.4 (2024-E29)
DOS	2017-E-40	L'Andra s'engage à ce que, dans le dossier de DAC, les zones tampon de l'installation de surface soient pourvues de systèmes de détection automatique en ambiance et d'extinction fixe d'incendie, et à justifier la classification de ces zones au sens de la décision incendie de l'ASN.	NA
LdS DOS	2018-D-22	Je vous demande d'étudier dans les scénarios d'incendie, les conséquences directes et indirectes d'un incendie sur les éléments importants pour la protection (EIP) à protéger des effets d'un incendie et de statuer sur la suffisance des dispositions de protection contre l'incendie (DPCI).	§ 4.3.1.1 (2024-E31)
LdS DOS	2018-Avis-D-23	Concernant le scénario d'incendie pour le dimensionnement en surface, dans son avis du 11 janvier 2018, l'ASN estime nécessaire que « l'Andra retienne pour le dimensionnement de l'installation de surface, sauf justification particulière, un incendie impliquant au moins l'intégralité du contenu du colis primaire le plus pénalisant. »	§ 4.3.1.1 (2024-E32)
§ Explosion			

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
Jalon 2009	2010-E-8.1	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'explosion] L'Andra clarifiera sa démarche d'analyse des risques liés à l'explosion. L'Andra définira sur cette base les dispositions visant à maîtriser les risques d'explosion et à en limiter les conséquences, en tenant compte des différentes sources possibles d'inflammation, et des diverses situations de fonctionnement, incluant notamment le cas d'un arrêt de la ventilation.	§ 4.3.2.1 (2024-E57) 4.3.2.3, 4.3.5 (2024-E40)
Jalon 2009	2010-E-8.4	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'explosion] L'Andra justifiera le lieu de charge des batteries des engins de manutention des alvéoles MAVL et, le cas échéant, l'absence de matériels ATEX dans la cellule de manutention des alvéoles MAVL.	§ 4.3.2.2
Jalon 2009	2010-E-8.2	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'explosion] L'Andra justifiera (i) les durées maximales d'immobilisation des colis émetteurs de gaz de radiolyse en transit et (ii) les durées maximales d'indisponibilité des systèmes de ventilation, afin d'apprécier les risques d'explosion. Ces durées seront définies avec des marges suffisantes.	§ 4.2.2.3 (2024-E25), 4.3.2.1
Jalon 2009	2011-R-14	Préciser les dispositions permettant de s'assurer de l'efficacité du système de ventilation des alvéoles de déchets MAVL et analyser les risques d'explosion dans ces alvéoles de stockage ainsi que dans les galeries attenantes.	§ 4.3.2.1 (2024-E57)
Jalon 2009	2010-E-8.3	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'explosion] L'Andra justifiera le caractère enveloppe des situations à risque d'explosion dans les alvéoles MAVL retenues pour le dimensionnement, en prenant notamment en compte toutes les sources de dégagement d'hydrogène, leur contribution à la formation d'une ATEX, et le cas échéant l'accumulation d'hydrogène dans les singularités des circuits de retour d'air des alvéoles MAVL en cas de panne prolongée de la ventilation.	§ 4.3.2.1
Risques en exploitation	2015-D-7	[Risques liés à l'explosion] L'établissement d'un référentiel « explosion » sur un principe comparable à celui rédigé par l'Andra sur l'incendie serait bénéfique.	NA
DOS	2017-E-42	L'Andra présentera, dans le dossier de DAC, les dispositions retenues pour la prévention et la surveillance de formation d'une atmosphère explosive dans les locaux où les colis seront présents et justifiera l'adéquation de ces dispositions aux scénarios envisagés. En particulier, l'Andra précisera les performances attendues pour la surveillance de la concentration d'hydrogène en sortie d'un alvéole MAVL et justifiera la faisabilité technique des dispositions retenues afin de détecter une concentration en hydrogène en cohérence avec le domaine de fonctionnement.	§ 4.3.2.1
DOS	2017-E-43	L'Andra, dans le dossier de DAC, présentera les éléments techniques en vue de conforter la maîtrise du risque d'explosion d'hydrogène produit par corrosion anoxique des aciers dans un alvéole HA et présentera la stratégie de surveillance de l'atmosphère des alvéoles HA et les premiers résultats des tests réalisés in situ au Laboratoire souterrain.	§ 4.3.2.2 (2024-E28)

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
DOS	2017-E-52	L'Andra présentera, dans le dossier de demande d'autorisation de création (DAC), l'analyse des risques d'explosion au niveau des séparations physiques de l'installation souterraine et les dispositions de prévention et de limitation des conséquences associées ainsi que leurs exigences.	§ 4.3.5.2 (2024-E40)
§ Inondation interne et externe			
Jalon 2009	2010-E-10	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'inondation d'origine interne] L'Andra évaluera les quantités d'eau attendues dans le stockage pendant sa période d'exploitation, en prenant en compte les différentes sources potentielles, qu'elles soient associées au milieu géologique, à l'exploitation quotidienne du stockage, ou qu'elles soient générées lors d'incidents (rupture de canalisation, extinction d'incendie...), et spécifiera sur cette base les dispositions retenues pour maîtriser ces venues d'eau.	§ 4.3.4
Jalon 2009	2010-E-14.2	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'inondation d'origine externe] L'Andra présentera les dispositifs de maîtrise des eaux qui seront mis en place au niveau du Barrois dans les puits et dans la descenderie. Pour ce qui concerne les dispositifs d'étanchéité, l'Andra précisera leur objectif de performance, les dispositions de contrôle de leur efficacité, ainsi que les conséquences d'un éventuel défaut et les dispositions associées pour y remédier. Pour ce qui concerne les dispositifs de collecte et d'évacuation des eaux drainées l'Andra justifiera, au regard des quantités d'eau susceptibles d'être recueillies, le dimensionnement des capacités de rétention et des débits d'évacuation. En outre, l'Andra évaluera, sur la base de premières investigations de terrain, la présence éventuelle de poches karstiques à proximité des liaisons jour-fond et présentera sa stratégie vis-à-vis d'éventuels compléments d'investigation et de gestion de ces poches.	§ 4.4.2 (ainsi que 2024-E5 et 2024-E6 pris au stade du GP1)
Jalon 2009	2010-E-14.1	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'inondation d'origine externe] L'Andra présentera les mesures de prévention et les dispositions pour remédier au colmatage des drains du revêtement des liaisons jour-fond pendant toute la durée de la phase d'exploitation ; celles-ci seront définies sur la base du retour d'expérience acquis notamment au Laboratoire souterrain et seront associées au programme de surveillance des ouvrages de liaison jour fond comprenant notamment le suivi piézométrique des aquifères drainés. Compte tenu de ces dispositions, les pressions maximales d'eau susceptibles d'être obtenues devront être estimées et le revêtement des liaisons jour-fond devra être dimensionné en conséquence.	§ 4.4.2 NA pour pressions et dimensionnement LSF

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
DOS	2017-E-56	Dans le dossier DAC, conformément à l'application du Guide n°13 de l'ASN, l'Andra : - vérifiera la pertinence de la station de référence qu'elle retient pour les pluies de forte intensité selon une approche régionalisée s'appuyant sur des données issues de stations locales pour lesquelles des données de précipitation pertinentes sont disponibles (incluant EST 6000) et ajustera le résultat si besoin ; - présentera les valeurs de pluies centennales retenues pour les différentes durées prises en compte, correspondant à la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95% conformément à l'application du guide ASN n°13, et vérifiera leur robustesse vis-à-vis des autres stations présentes localement ; - présentera les hypothèses, données d'entrée et résultats des calculs permettant de s'assurer du bon dimensionnement des différents composants du réseau pluvial et analysera un scénario de ruissellement de surface en considérant indisponible les accès au réseau local d'évacuation des eaux pluviales.	1 ^{er} et 2 ^{ème} point : GP1 3 ^{ème} point : § 4.4.2
§Séisme			
Jalon 2009	2010-E-13.1	[Pour ce qui concerne les risques liés aux séismes] L'Andra justifiera son évaluation de la période de retour des séismes associés aux spectres de référence SMS et SMP et les modalités de prise en compte des incertitudes associées aux vitesses des failles.	§ 4.4.1.1
Jalon 2009	2010-E-13.2	[Pour ce qui concerne les risques liés aux séismes] L'Andra présentera une évaluation quantifiée du comportement du stockage en cas de séisme pendant la phase d'exploitation, afin de vérifier qu'il demeure acceptable au regard des exigences associées aux différents ouvrages et équipements. Cette évaluation devra être établie notamment sur la base de combinaisons d'actions correspondant aux différentes situations de fonctionnement de l'installation.	§ 4.1, 4.4.1.2
DOS	2017-E-55	L'Andra justifiera, dans le dossier de DAC, l'aléa sismique retenu pour la phase d'exploitation au regard de la durée de vie des installations de Cigéo ainsi que : - pour les installations de surface de l'analyse des incertitudes associées à la définition du SMS, en considérant notamment des catalogues de sismicité consolidés et d'autres zonages sismotectoniques disponibles ; - pour l'installation souterraine d'une étude de la variation du mouvement sismique avec la profondeur dans le domaine de fréquence (0,25 – 33 Hz).	§ 4.4.1.1
§ Neige et vent			
DOS	2017-E-60	Dans le dossier de DAC, l'Andra : - justifiera le caractère enveloppe du chargement de neige retenu ; - précisera les durées et niveaux d'aléas visés pour les températures retenues en fonction de la nature des équipements à protéger et, le cas échéant, réévaluera les niveaux de températures extrêmes en tenant compte de l'état de l'art disponible et des effets locaux ; - justifiera les marges prises sur la vitesse de vent extrême.	1 ^{er} point : § 4.4.3.1 (2024-E43) 2 ^{ème} et 3 ^{ème} point : traité dans le GP1, (2024-E8 et 2024-E9)

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
3.4.2. Vieillissement et maintenance			
Jalon 2009	2010-E-3.2	[Pour ce qui concerne les risques liés à l'évolution des matériaux] L'Andra tiendra compte de la température à laquelle seront soumis les bétons de soutènement/revêtement pendant une durée séculaire, dans son analyse des risques liés au vieillissement des bétons.	§ 3.5, 4.1, 4.2.4
PDD	2016-D-008	[Concernant l'importance donnée aux composants dont les performances attendues seront reprises comme des paramètres clés dans la démonstration de sûreté nucléaire de l'installation] Leur développement doit être suivi avec une attention particulière. Ils sont en effet susceptibles de conduire à des modifications marquées de concepts si la solution de référence retenue jusque-là se montrait insuffisante au regard des objectifs recherchés, lors d'essais de démonstration technique. Au regard des instructions précédemment réalisées, les domaines suivants nécessitent, à ce titre, un suivi particulier : - le vieillissement des colis de stockage et des alvéoles (vitesse d'altération, adéquation des dispositions de prévention).	§ 3.5, 4.1, 4.2.2.4, 6.4, 6.5.2.3
DOS	2017-E-24	L'Andra montrera dans le dossier de DAC, que l'impact sur les composants en béton bas pH de la concomitance des perturbations liées d'une part à la carbonatation atmosphérique, d'autre part aux interactions béton/argile (contact avec la roche et/ou l'eau porale du Callovo-Oxfordien), ne remet pas en cause sur toute la durée de l'exploitation la tenue mécanique du béton bas pH du revêtement le cas échéant mis en place au droit des futurs scellements dès la phase de construction et du corps d'alvéole de stockage MAVL de colis vitrifiés.	NA
DOS	2017-E-54	L'Andra présentera, dans le dossier de DAC, les moyens destinés aux opérations de surveillance et de maintenance en alvéole MAVL et justifiera leur faisabilité technique.	§ 3.5 § 4.2.2.4, 4.2.4, 4.3.2.1
3.4.3. Confinement - ventilation			
Jalon 2009	2010-E-4.1	[Pour ce qui concerne les risques liés à la dissémination de matières radioactives] L'Andra définira les exigences de sûreté associées à la deuxième barrière de confinement statique en tenant compte notamment de la défaillance du colis primaire en tant que première barrière de confinement, ainsi que les solutions techniques retenues.	§ 4.1, 4.2.2.1, 4.2.2.2
Jalon 2009	2010-E-4.2	[Pour ce qui concerne les risques liés à la dissémination de matières radioactives] L'Andra présentera les principes du pilotage de la ventilation et les dispositifs prévus pour ajuster les paramètres de ventilation et équilibrer le réseau dans toutes les situations de la phase d'exploitation du stockage.	§ 4.2.2.3 (2024-E24), 4.3.5

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
Risques en exploitation	2015-D-2	[Concernant la mise en place d'un confinement dynamique avec filtration à très haute efficacité pour les alvéoles MAVL] Les éléments relatifs à la maintenance de ces équipements, qui pourraient être soumis à une vitesse de colmatage plus importante que dans un environnement classique d'utilisation compte tenu de l'environnement cimentaire, restent toutefois à préciser dans le dossier support à la demande d'autorisation de création.	§ 4.2.2.4
Jalon 2009	2010-E-5	[Pour ce qui concerne les risques liés au dégagement thermique] L'Andra complètera la présentation des critères de température retenus et les dispositions prévues pour maîtriser les risques liés aux dégagements thermiques, et indiquera le rôle dévolu aux systèmes de ventilation quant au respect de ces critères, dans toutes les situations de fonctionnement.	§ 4.2.4
DOS	2017-E-41	Dans le dossier de la DAC, l'Andra s'engage à : - préciser et justifier, sur la base d'éléments existants, le taux de fuite retenu pour l'ensemble des éléments constituant la façade d'accostage entre la galerie d'accès et la cellule de manutention MAVL, en particulier au niveau des traversées, dans toutes les situations de fonctionnement, - présenter un programme d'essais en vue de valider les performances de confinement de ces équipements rendant compte de situations tel un incendie dans un alvéole MAVL ; de démontrer leur adéquation avec les exigences de conception associées aux scénarios de dimensionnement, - évaluer les conséquences de situations d'incendie dans la partie utile de l'alvéole MAVL ou dans la cellule de manutention cumulées à la défaillance d'une disposition active de mise en confinement statique et démontre l'adéquation des dispositions retenues pour le confinement. Le cas échéant, des dispositifs complémentaires seront présentés.	§ 4.2.2.2
3.4.4. Criticité			
Jalon 2009	2011-R-10	Sûreté en phase d'exploitation du stockage : Poursuivre les études de sûreté-criticité en visant à établir les critères d'admissibilité des colis.	§ 4.2.3
DOS	2017-E-36	L'Andra, pour la DAC, étudiera les moyens disponibles pour détecter en phase d'exploitation toute anomalie susceptible de remettre en cause la sûreté-criticité et vérifiera que les moyens de surveillance existants permettraient de statuer, en cas d'anomalie(s), sur l'absence de surexposition liée à un hypothétique accident de criticité en cas de nécessité d'intervention.	§ 4.2.3
3.4.5. Manutention, dont funiculaire (notamment référentiel)			
Jalon 2009	2010-E-9.1	[Pour ce qui concerne les risques liés aux opérations de manutention] L'Andra présentera l'étude de situations de blocage de la chaîne cinématique de stockage des colis ainsi que les dispositions retenues pour prévenir ces situations et en limiter les conséquences.	§ 4.3.3
Jalon 2009	2011-R-15	Il conviendra également de définir les dispositions permettant de remédier à une situation résultant de la chute d'un colis de déchets B lors de sa mise en place dans une alvéole.	§ 4.3.3, 6.4

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
Jalon 2009	2010-E-9.2	[Pour ce qui concerne les risques liés aux opérations de manutention] L'Andra présentera un ensemble d'éléments et autant que possible des résultats d'essais, visant à montrer que les options retenues pour la manutention des colis dans les alvéoles MAVL peuvent être mises en œuvre à l'échelle industrielle dans des conditions de sûreté satisfaisantes.	§ 4.3.3
DOS	2017-E-44	L'Andra présentera, dans le dossier en support à la DAC, les dispositions de gestion de la réception d'emballages de transport dans Cigéo, en tenant compte des incertitudes relatives à l'arrivée des convois sur le centre et des situations de blocage envisageables dues aux aléas d'exploitation ou aux incidents dans l'installation de surface.	NA
3.4.6. Co-activités			
Jalon 2009	2010-E-11.1	L'Andra présentera les exigences de sûreté et le dimensionnement des séparations physiques entre la zone de travaux et la zone nucléaire (incluant les sas et les gaines d'extraction d'air des alvéoles MAVL le cas échéant), justifiés au regard des risques liés à la co-activité.	§ 4.3.5 (2024-E40)
Jalon 2009	2010-E-11.3	Pour ce qui concerne les risques liés à la co-activité, l'Andra complètera son analyse des risques en intégrant notamment les éléments suivants : [...] l'Andra justifiera que les options de conception et les options de sûreté relatives aux galeries de retour d'air des sous-zones de stockage MAVL permettent de maîtriser les risques liés à la co-activité, dans la zone nucléaire (gainés) et dans la zone de travaux (galeries).	§ 4.3.5
Jalon 2009	2010-E-11.4	Pour ce qui concerne les risques liés à la co-activité, l'Andra complètera son analyse des risques en intégrant notamment les éléments suivants : les travaux effectués dans la zone nucléaire mettant notamment en œuvre des moyens de transfert et de chantier lourds (reprises de béton dans les galeries, maintenance de composants et de gros équipements du stockage, fermetures d'alvéoles...) feront l'objet d'une analyse des risques ; ce type d'activité sera inclus dans le domaine de fonctionnement normal de l'installation.	§ 4.3.5
Jalon 2009	2011-R-19	Compléter votre analyse des risques liés à la concomitance d'activités d'exploitation et d'activités de construction dans les installations souterraines pour tenir compte des risques d'agression des zones nucléaires du stockage par les activités de construction. J'ai bien noté votre engagement sur ce point.	§ 4.3.5
Risques en exploitation	2015-D-9	[Risques liés à la coactivité] Il conviendra que le dossier de demande d'autorisation de création : identifie les activités humaines sensibles pour la sûreté de l'installation. En particulier, les risques liés à un relâchement dans l'application des consignes devront être développés.	§ 6.1.3
Risques en exploitation	2014-E-11	L'Andra présentera, dans le dossier accompagnant la DAC, les dispositions techniques et organisationnelles retenues afin de garantir à la fois le maintien des séparations entre les zones nucléaire et de travaux en position fermée en situation normale et le franchissement aisé de ces séparations en situation d'intervention lorsque nécessaire.	§ 4.3.5

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
Risques en exploitation	2014-E-12	L'Andra présentera, dans la DAC, les dispositions techniques et organisationnelles retenues afin de s'assurer que les moyens d'intervention pourront atteindre un éventuel sinistre dans un délai compatible avec les objectifs retenus, notamment en tenant compte des cas d'encombrement envisageables.	§ 4.3.1.4 (2024-E35)
3.5. Fermeture			
3.5.1. Prise en compte des résultats des instructions des dossiers « Ouvrages de fermeture » et « Maîtrise des risques en exploitation »			
3.5.1. Proposition de fermeture « au plus tard » (dont lien avec la coactivité)			
Risques en exploitation	2015-D-10	[Concernant la conduite de l'installation] Retrait des colis de déchets : en l'absence d'orientation précise sur les conditions de la réversibilité du stockage, l'Andra doit conserver une approche prudente visant à démontrer la possibilité du retrait de colis au cours de la phase d'exploitation de Cigéo, que les alvéoles soient scellées à la suite de leur remplissage ou ultérieurement. Les études menées devront en outre permettre d'apprécier les avantages et inconvénients de différentes options en termes de sûreté et de radioprotection, tant au cours de l'exploitation que sur le long terme.	§ 6.4
3.6. Post-incident/accident (en application du principe de défense en profondeur précisé à l'article 3.1 de l'arrêté du 7 février 2012), notamment en lien avec la récupérabilité			
PDD	2016-D-010	[Concernant l'importance donnée aux composants dont les performances attendues seront reprises comme des paramètres clés dans la démonstration de sûreté nucléaire de l'installation] Leur développement doit être suivi avec une attention particulière. Ils sont en effet susceptibles de conduire à des modifications marquées de concepts si la solution de référence retenue jusque-là se montrait insuffisante au regard des objectifs recherchés, lors d'essais de démonstration technique. Au regard des instructions précédemment réalisées, les domaines suivants nécessitent, à ce titre, un suivi particulier : - les modalités d'intervention lors d'un accident en alvéole (manutention de colis en situations post incidentelle/accidentelle).	§ 3.6
Avis DOS	2018-Avis-D-13	Dans son avis du 11 janvier 2018, précisant la lettre du 7 avril 2015, l'ASN estime « nécessaire que l'Andra présente dans sa demande d'autorisation de création les enjeux de sûreté en exploitation comme à long terme liés au rétablissement des diverses fonctions du stockage à la suite d'une situation accidentelle ainsi que leur prise en compte et leur déclinaison dans la conception de l'installation, en distinguant en particulier : - la possibilité de poursuivre les opérations de stockage, - la possibilité de retirer des colis, impliqués ou non dans la situation accidentelle, - la possibilité de mise en œuvre des opérations de fermeture du stockage. Un scénario conventionnel d'effondrement devra notamment être postulé. La démarche présentée devra intégrer l'analyse du retour d'expérience existant sur ce sujet. »	§ 3.6
3.7. Facteurs organisationnels et humains (FOH)			

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
3.7.2. Prise en compte des besoins des intervenants et de l'organisation dans la conception			
DOS	2017-E-50	L'Andra décrira, dès que possible, dans son plan de management de projet de Cigéo une organisation qui permette à l'ensemble des parties prenantes de la MOA et de la MOE de construire une vision partagée des principes d'exploitation de Cigéo dans l'objectif d'assurer, en fin d'APD, la complétude et la cohérence d'ensemble des spécifications détaillées pour une exploitation fiable. En particulier, cette organisation visera à favoriser une interaction tout au long du projet entre la cellule d'exploitation, le représentant FOH de la MOA, les spécialistes FOH de la MOE, les spécialistes sûreté de la MOA et les responsables techniques des sous-systèmes.	§ 6.1
DOS	2017-E-51	L'Andra complètera son plan de management pour préciser les actions FOH qui seront menées lors des différentes phases à venir du projet et présentera, dans le dossier accompagnant la DAC, les opérations sensibles pour la sûreté et la radioprotection et les dispositions d'ordre technique, humain et organisationnel prévues pour limiter les conséquences des défaillances potentielles d'origine humaine et technique, lorsque ces dernières doivent être corrigées par les opérateurs eux-mêmes, incluant pour chacune d'entre elles les éléments de justification suivants : - l'ensemble des acteurs (rôles et responsabilités) susceptibles d'être mobilisés au fur et à mesure de la préparation et de la réalisation d'une activité d'exploitation ; - les exigences particulières de réalisation des actions telles que la précision ou la rapidité d'exécution des actions ; - les moyens et conditions d'interventions ; - les défaillances potentielles d'origine humaine et leurs conséquences pour la sûreté et la radioprotection ; - le programme FOH prévu pour valider les dispositions d'ordre technique, humain et organisationnel dans les phases à venir du projet.	§ 6.1.3

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
LdS DOS	2018-D-29	Je vous demande de préciser dans votre système de gestion intégré, pour la phase d'exploitation et après fermeture : - la démarche de pérennisation des compétences dans les domaines techniques (notamment pour les travaux de creusement) et technologiques (systèmes informatiques et conservation des données) ; - l'intégration du processus de maintenance de l'ensemble des moyens déployés, notamment la démarche de remplacement des composants nécessaires à la surveillance (« monitoring ») de l'installation ; - la gestion du besoin en compétences externes et approvisionnements, en particulier pour ce qui concerne les matériels et matériaux mis en œuvre dans Cigéo ; - l'identification des activités humaines sensibles, les risques associés à leur mauvais accomplissement et les conséquences pour la sûreté et la radioprotection ; - l'organisation et la répartition des rôles des différents acteurs (maîtrise d'ouvrage, maîtrises d'œuvre, cellule d'exploitation, direction de l'ingénierie, direction chargée de la maîtrise des risques,...) ; - les modalités de revue du système de gestion intégrée ; - la réponse à la demande [2016-D-001] issue du dossier « Plan de développement des composants ». Ce programme doit contribuer aux fonctions de sûreté de l'installation.	§ 6.1
3.8. Gestion des déchets			
Risques en exploitation	2015-D-8	[Risques de dissémination de substances radioactives] Il conviendra que le dossier support à la demande d'autorisation de création précise les modalités de gestion des eaux d'exhaure des alvéoles HA.	§ 4.4.2
4. Sûreté après fermeture			
4.4. Modélisation du système			
LdS DOS	2018-D-21	Je vous demande de : - définir et de justifier l'inventaire en toxiques chimiques qui sera considéré ; - montrer la pertinence de l'extrapolation des méthodes d'évaluation de l'impact sur l'homme et l'environnement retenues pour la phase d'exploitation à la phase post-fermeture. L'ASN sera vigilante à la démarche employée pour définir un niveau de risques sanitaires acceptable, ainsi qu'aux hypothèses considérées pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires et de l'impact environnemental.	1 ^{er} point : GP1 § 4.5.1 (R2, R3)
5. Surveillance			

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
Risques en exploitation	2014-E-7	L'Andra présentera, dans le dossier accompagnant la DAC, les paramètres clés gouvernant la sûreté après-fermeture de Cigéo, qui seront surveillés pendant l'exploitation, ainsi que les mesures correctives prévues en cas de dérive constatée au regard de la sûreté de l'installation avant et après sa fermeture.	§ 3.5 (2024-E18 et 2024-E19)
PDD	2016-D-009	[Concernant l'importance donnée aux composants dont les performances attendues seront reprises comme des paramètres clés dans la démonstration de sûreté nucléaire de l'installation] Leur développement doit être suivi avec une attention particulière. Ils sont en effet susceptibles de conduire à des modifications marquées de concepts si la solution de référence retenue jusque-là se montrait insuffisante au regard des objectifs recherchés, lors d'essais de démonstration technique. Au regard des instructions précédemment réalisées, les domaines suivants nécessitent, à ce titre, un suivi particulier : - la surveillance de ces alvéoles (techniques à mettre en œuvre et stratégie).	§ 3.5
DOS	2017-E-20	L'Andra justifiera dans le dossier de DAC, la faisabilité technique des dispositions de surveillance de la corrosion des conteneurs de stockage et du chemisage des alvéoles HA en appui à la démonstration du respect des exigences qui leur sont assignées.	§ 4.3.2.2 (2024-E28)
DOS	2017-E-35	L'Andra présentera, dans le dossier de DAC, les dispositifs de surveillance de la contamination et les performances qui leur seront assignées, et justifiera la faisabilité technique des dispositions retenues afin de détecter une contamination atmosphérique dans l'alvéole MA-VL, en cohérence avec le domaine de fonctionnement.	§ 4.2.2.4
DOS	2017-E-47	L'Andra présentera, dans le dossier de DAC, la stratégie et les dispositions techniques de surveillance des alvéoles HA notamment le maintien du jeu fonctionnel en appui à la démonstration de la récupérabilité des colis.	§ 3.5.2, 6.4
DOS	2017-E-53	L'Andra prendra en compte la possibilité d'une défaillance du système de ventilation dans le choix du positionnement des dispositifs de surveillance de la contamination atmosphérique pour les locaux à risque.	§ 4.2.2.4
Avis DOS	2018-Avis-D-26	Dans son avis du 11 janvier 2018, l'ASN estime nécessaire que « le dossier de demande d'autorisation de création présente et justifie la stratégie de surveillance de l'installation et les moyens à mettre en œuvre. »	§ 3.5 (2024-E18 et 2024-E20)
6. Réversibilité			
6.1. Adaptabilité			
6.1.1. Dispositions prévues par l'Andra, au stade du DOS, pour l'adaptabilité de l'installation, notamment au regard de l'exigence d'adaptabilité définie par l'ASN dans son avis du 31 mai 2016			

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
Débat Public 4 études	2013-D-5	La validation du concept d'alvéole retenu par l'Andra dans le dossier 2005 pour le stockage de combustible usé nécessiterait la réalisation d'un démonstrateur in situ afin de qualifier les systèmes de manutention des colis dans l'alvéole, notamment eu égard à la possibilité de retrait des colis sur des durées d'exploitation longues, compte tenu de l'exigence de réversibilité du stockage. Cette disposition serait à mettre en œuvre si le stockage direct de combustibles usés était décidé.	NA
PDD	2016-D-005	[Concernant la prise en compte du principe de réversibilité de l'installation de stockage] Le principe de réversibilité doit notamment comporter une exigence d'adaptabilité de l'installation devant permettre de prendre en compte d'éventuels changements dans le scénario d'exploitation tel qu'envisagé du fait d'évolutions en termes de politique énergétique ou de choix industriels (conduisant par exemple au stockage direct de combustibles usés ou de déchets de faible activité à vie longue qui ne pourraient être stockés à faible profondeur). À ce titre, l'Andra doit s'assurer que le développement de son installation intègre cette exigence et doit définir les études à mener et leur calendrier pour garantir son respect.	§ 6.5.2 (2024-E59)
DOS	2017-E-14	L'Andra présentera, dans le dossier de DAC, les éléments de démonstration relatifs à l'adaptabilité de Cigéo au stockage de combustibles usés au regard des dimensions des ouvrages et de leur impact sur la roche hôte.	Roche hôte : GP1 Dimensions ouvrages : § 6.5.2
6.2. Récupérabilité (en lien avec la sûreté en exploitation)			
6.2.1. Maîtrise des conditions de sûreté et de radioprotection, y compris en cas de dégradation des ouvrages et des colis de déchets, et notamment : paramètres à surveiller et moyens à mettre en œuvre			
Cadrage DOS	2014-D-19	Enfin, les documents relatifs aux options techniques de récupérabilité devront présenter, au stade des études d'avant-projet sommaire, la prise en compte des éléments pouvant conduire à une diminution de cette capacité d'exercice de la réversibilité, en particulier : - la difficulté d'accessibilité des colis de déchets, notamment à la suite de la fermeture des alvéoles de stockage, des galeries d'accès puis du centre de stockage ; - une perte d'intégrité du confinement des conteneurs de déchets radioactifs pouvant impliquer des contraintes fortes en termes de radioprotection ou limiter les possibilités de manutention ; - le vieillissement ou l'endommagement des structures (par exemple une déformation des alvéoles de stockage) rendant difficile les opérations de manutention.	§ 3.6, 6.4
Jalon 2009	2010-E-2.1	[Pour ce qui concerne la démarche de sûreté pour la phase d'exploitation du stockage] Dans le cadre du processus décisionnel associé à la réversibilité, l'Andra définira des critères associés au passage d'un niveau d'échelle de récupérabilité à un autre, mesurables au moyen d'un programme d'observation et de surveillance de l'installation.	§ 6.4

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
DOS	2017-E-48	L'Andra présentera, dans le dossier en support à la DAC, les dispositions qui pourraient être retenues en appui à un scénario hypothétique de retrait de colis HA postulé contaminé et dont la manutention reste possible.	§ 3.6, 6.4
DOS	2017-E-49	L'Andra associera, à l'examen de la remise en exploitation de Cigéo, dans le dossier en support à la DAC, l'analyse de la possibilité de retrait de colis susceptibles d'être impactés lors d'accidents de dimensionnement de l'installation ou du PUI et l'identification, le cas échéant, des dispositions complémentaires.	§ 3.6
6.2.2. Opérations liées à la fermeture et la réouverture			
DOS	2017-E-46	L'Andra présentera, dans le dossier de DAC, les opérations liées à la remise en exploitation d'un ouvrage de stockage mis sous cocon.	§ 6.3
LdS DOS	2018-Avis-D-27	Je vous demande de préciser et justifier la stratégie de fermeture retenue pour le stockage.	§ 6.3
LdS DOS	2018-D-28	Je vous demande de présenter la faisabilité technique des opérations de déconstruction des remblais, des scellements de galeries et des ouvrages de fermeture ainsi que l'évaluation de sûreté associée à de telles opérations, notamment en termes de radioprotection des travailleurs et de quantification du risque relatif à une atmosphère explosive.	§ 6.3, 4.3.2.1 (2024-E57)
7. Phase industrielle pilote et calendrier			
PNGMDR	art.55	L'Andra explicite dans le cadre de la demande d'autorisation de création de Cigéo la quantité et la nature des colis nécessaires pour que la phase industrielle pilote mentionnée à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement permette, d'une part, de conforter la démonstration de sûreté et, d'autre part, de démontrer la capacité de l'installation à monter progressivement vers une cadence industrielle de stockage. L'Andra et les producteurs de déchets radioactifs prennent en compte cette phase industrielle pilote dans l'établissement des chroniques de livraison des colis destinés au stockage en couche géologique profonde.	§ 6.2
7.1. Définition des éléments nécessaires au confortement de la démonstration de sûreté			
Jalon 2009	2011-D-1	S'agissant des ouvrages de grande dimension, je vous demande de m'indiquer sous deux ans dans quel cadre et à quelle échéance un démonstrateur pourra être réalisé pour la qualification d'ouvrages de grandes dimensions. Vous préciserez également le programme d'expérimentations associées et présenterez son articulation avec l'approche de réalisation progressive du stockage que vous envisagez de mettre en œuvre.	§ 3.5
Jalon 2009	2011-D-2	Présenter, sous un an, les différentes phases prévues pour la réalisation du stockage ainsi que leurs échéances respectives en cohérence avec la disponibilité des éléments de démonstration nécessaires à l'examen de la sûreté de l'installation.	NA

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
Esquisse	2013-D-19	Je vous demande en conséquence de me transmettre sous 6 mois la liste des éléments techniques dont les performances doivent être confirmées par des résultats d'essais ou de démonstrateurs ainsi que leur calendrier de réalisation. Vous différencierez ceux qui relèvent de la demande d'autorisation de création et ceux qui relèvent du dossier de mise en service.	§ 3, 4, 6
PDD	2016-D-002	<p>Au regard des éléments produits dans votre dossier, je considère que le calendrier de développement du projet Cigéo que vous annoncez ne présente pas de marge. En particulier, il ne prend pas en compte les incertitudes relatives :</p> <ul style="list-style-type: none"> - à la disponibilité effective des éléments nécessaires aux prises de décisions à chaque grande étape (demande d'autorisation de création, début de la phase industrielle pilote, passage en exploitation à cadence industrielle...); - à la durée prévue pour les travaux de creusement, entre l'autorisation de création et le début de la phase industrielle pilote, qui semble ne pas tenir suffisamment compte des précautions rendues nécessaires par la singularité du projet Cigéo ; - à la durée prévue pour la phase industrielle pilote qui pourrait ne pas être suffisante pour réaliser et intégrer l'ensemble des essais de qualification attendus. <p>L'ASN a indiqué dans son avis du 25 février 2016, rendu à la suite de l'instruction des études remises au titre du PNGMDR 2013-2015, qu'elle estime nécessaire que l'Andra « actualise le planning projet de Cigéo. Ce planning devra comporter des marges proportionnées aux aléas potentiels et aux incertitudes résiduelles ». Cette actualisation devra intégrer les incertitudes relevées ci-dessus dans l'établissement des marges à faire figurer dans ce calendrier. Vous indiquerez les conséquences sur le fonctionnement du laboratoire souterrain de ce nouveau calendrier.</p>	§ 6.2
PDD	2016-D-003	La question du devenir du laboratoire souterrain, et plus largement du programme de recherche et développement mené par l'Andra en soutien au développement de son projet durant toute la phase de fonctionnement de Cigéo, devra par ailleurs être précisée et sera examinée dans le cadre des instructions à venir, au plus tard au moment de l'instruction de la demande d'autorisation de création de l'installation.	NA
Ouvrages de fermeture	2014-D-3	Concernant la réversibilité et récupérabilité des colis de déchets : Pour finir, je note que les opérations de déconstruction des ouvrages de fermeture (bouchons d'alvéoles HA, scellements d'alvéoles MAVL, ...) sont lourdes et délicates. Ainsi, si l'option d'une fermeture des alvéoles au cours de la phase d'exploitation était retenue, je considère que des essais pour démontrer la faisabilité de la réouverture d'alvéoles en vue de récupérer des colis de déchets devraient être réalisés au cours de la phase pilote.	§ 6.2, 6.3

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
PDD	2016-D-014	L'Andra devra déterminer de manière précise les essais qui devront être réalisés durant la phase industrielle pilote, les éléments attendus, nécessaires pour conforter la démonstration de sûreté, ainsi que leur durée d'acquisition intégrant des aléas de réalisation pour ces essais, la définition des conditions d'environnement attendues pour leur réalisation, ainsi que l'inventaire des colis de déchets strictement nécessaire aux besoins de cette démonstration et leur chronique de stockage.	§ 6.2
8. Etude d'impact			
DOS	2017-E-59	Dans le dossier de DAC, l'Andra : - établira un état préliminaire de référence des eaux souterraines ; - identifiera les installations de surface (nucléaires, non nucléaires dont les verses) susceptibles de générer des relâchements de substances radiologiques ou chimiques dans les eaux superficielles ou souterraines et dans l'atmosphère, relâchements qui seront identifiés, quantifiés et soumis à autorisation ; - et, en regard, présentera les modalités de surveillance (point, fréquence de mesure et paramètres suivis) des nappes des calcaires du Barrois qu'elle propose de mettre en œuvre autour des installations cibles.	1 ^{er} et 3 ^{ème} points : GP1 2 ^{ème} point : § 4.5.1.1
DOS	2017-E-63	L'Andra présentera, dans le dossier de DAC, les caractéristiques des cours d'eaux envisagés comme exutoires des effluents d'exploitation (débits caractéristiques et qualité des eaux), les dispositions permettant d'assurer la compatibilité des rejets dans ces cours d'eau (volume et qualité), notamment pour la zone des verses, ainsi que les impacts sur les usages de l'eau en aval.	§ 4.5.1 (R2)
LdS DOS	2018-D-30	Je vous demande de démontrer la récupérabilité des colis, composante de la réversibilité, durant cette phase industrielle pilote, en fonctionnement normal et en situations incidentelles et accidentelles.	§ 6.2
9. Plan directeur d'exploitation			
LdS DOS	2018-D-31	Je vous invite à intégrer dans le PDE, lors de prochaines mises à jour : - Pour la phase industrielle pilote, les éléments pertinents de la réponse à la demande [2016-D-014] relative aux essais, aux résultats attendus et à l'inventaire de colis de déchets ; - Les modalités de passage de la phase industrielle pilote à la phase d'exploitation courante ; - Pour la revue de réversibilité prévue par l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement, l'organisation et les modalités à mettre en place ; - L'impact du calendrier mis à jour suite à la demande [2016-D-002] sur la conduite du projet ; - Les échéances structurantes de la chronique de livraison des colis de déchets ; - Les principes du programme d'observation et de surveillance associé à la demande [2018-Avis-D-27].	§ 6.2

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
LdS DOS	2018-D-7	Vous étayerez, par conséquent, les études demandées par la demande [2018-D-6] par des études géotechniques complémentaires permettant de démontrer l'adaptabilité de la conception de Cigéo au regard de l'accueil des combustibles usés, actuellement comptabilisés dans l'inventaire de réserve.	NA
PNGMDR	Art 44-2	L'ASN vous demande d'évaluer, dans le cadre de la prochaine révision des spécifications préliminaires d'acceptation et au plus tard à l'échéance du dépôt de la demande d'autorisation de création, la faisabilité opérationnelle de vérifications du respect des exigences qualitatives. Vous complèterez, le cas échéant, ces exigences qualitatives avec des limites quantitatives permettant une vérification opérationnelle robuste.	§ 5.1 (2024-E51)
PNGMDR	Art 44-4	L'ASN vous demande de préciser, lors de la mise à jour de la version préliminaire des spécifications d'acceptation de Cigéo, qui interviendra au plus tard lors du dépôt de la demande d'autorisation de création de Cigéo, les performances attendues pour les conteneurs de stockage, compte tenu des différents modes de stockage envisagés, afin que le stockage de l'ensemble « colis primaire et conteneur de stockage » soit cohérent avec la démonstration de sûreté de Cigéo.	§ 4.2.2.1, 4.3.1.4, 4.3.2.1, 5.1
PNGMDR	Art 46-1	Je vous demande de définir et de considérer un scénario d'emballage et de perte de confinement d'un colis de déchets bitumés dans un colis de stockage, afin d'identifier les dispositions nécessaires pour limiter les conséquences de ce scénario et pour garantir l'absence de propagation de l'emballage aux colis de stockage voisins.	§ 4.3.1.5 (2024-E36)
PNGMDR	Art 46-2	Je vous demande de prévoir les dispositions qui permettent, après extinction d'un incendie, de surveiller l'état thermique des colis de déchets bitumés.	§ 4.3.1.5
PNGMDR	Art 46-5	Je vous demande de confirmer l'absence d'impact d'un gonflement des colis de déchets bitumés induit par radiolyse pour le dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo, en tenant compte des choix de dimensionnement des colis de stockage et des exigences de sûreté qui leur sont associées.	NA
PNGMDR	Art 46-7	Je vous demande de prendre en compte les éléments pertinents à la démonstration de sûreté du projet de stockage Cigéo issus des réponses aux demandes formulées par l'ASN et l'ASND, et des conclusions de la revue sur la gestion des déchets bitumés et, en lien avec les propriétaires de déchets bitumés, de présenter sous 6 mois un calendrier sur la disponibilité et l'intégration de ces nouveaux éléments.	§ 4.3.1.5 (2024-E36)
PNGMDR	Art 46b-D1	Je vous demande de préciser les modalités envisagées pour la gestion des colis qui seraient retirés de leur alvéole de stockage et les évolutions de conception nécessaires.	§ 4.3.1.5
PNGMDR	Art 46b-D2	Je vous demande de présenter une réévaluation de la surpression maximale générée par un emballage d'une réaction exothermique dans un surconteneur de colis de déchets bitumés, tenant compte de l'ensemble des phénomènes à l'origine de cette surpression.	§ 4.3.1.5 (2024-E36)

Dossier	Référence	Demandes / engagements (D&E)	§ du présent rapport relatif(s) à ces D&E (NA : non abordé)
PNGMDR	Art 46b-D3	En complément de la demande [Andra-Art-46-1], je vous demande de considérer, dans votre scénario extrême, les résultats issus de la réévaluation de surpression mentionnée à la demande [Andra-art.46b-D2] et de présenter les conséquences possibles de cette surpression liée à un emballement d'une réaction exothermique dans le surconteneur, sur l'état du colis et de son environnement immédiat.	§ 4.3.1.5 (2024-E36)
PNGMDR	Art 46b-D4	Je vous demande de réexaminer et, le cas échéant, de réviser votre évaluation des conséquences radiologiques liées à l'incendie d'un surconteneur de colis de déchets bitumés, en précisant les hypothèses retenues. Vous présenterez, le cas échéant, les dispositions techniques et organisationnelles complémentaires qui pourraient être mises en œuvre pour limiter la dissémination de substances radioactives, conformément au principe de défense en profondeur, et évaluez les conséquences radiologiques associées.	§ 4.3.1.5, 4.5.2

Annexe T3. Inventaire de référence

Cette annexe présente l'inventaire de référence des familles de colis de déchets HA (Tableau T3-1) et MA-VL (Tableau T3-2). Pour rappel, les catégories d'état de production des familles correspondent à :

- « T » = familles de colis dont la production est terminée ;
- « EC » = familles de colis en cours de production ;
- « F » = familles de colis non produits, mais dont la définition du conditionnement est bien avancée ;
- « AD » = familles de colis non produits, dont le conditionnement est à déterminer.

Tableau T3-1. Inventaire de référence des familles de colis de déchets HA [40]. Le cas échéant, les marges sur les nombres de colis primaires et les volumes de colis primaires sont indiquées entre parenthèses.

Identifiant	Descriptif	Etat de production	Conteneur primaire	Nombre de colis primaires (dont marge)	Volume industriel d'un colis primaire (m ³)	Volume total (m ³) (dont marge)
CEA-200	Conteneurs PIVER produits de 1969 à 1981 contenant des solutions de produits de fission SICRAL et PHENIX dans une matrice verre	F	PIVER	88	0,175	15
CEA-350	Conteneurs en acier inoxydable contenant des déchets vitrifiés d'Atalante	F	AVM	5	0,175	0,9
CEA-1070	Conteneurs de déchets vitrifiés AVM produits sous spécification d'assurance qualité depuis mars 1995	T	AVM	865	0,175	151
CEA-1080	Conteneurs de déchets vitrifiés AVM produits avant 1995	T	AVM	2 294	0,175	401
CEA-1190	Déchets vitrifiés divers (verres de laboratoire) entreposés au bâtiment 213 de l'APM (hors PIVER)	AD	A déterminer	8	0,175	1
CEA-1500	Sources radioactives HA (Cs-137, Sr-90, Pu-238)	F	AVM	7	0,175	1
COG-140	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : verres UOX produits suivant la spécification 300 AQ 016	T	CSD-V	6 900	0,18	1 242
COG-150	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : verres UMo produits suivant la spécification 300 AQ 059	T	CSD-U	800 (69)	0,18	144 (13)
COG-160	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : reliquats de verres UMo	F	CSD-RU	15 (5)	0,18	3 (1)
COG-200	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : verres UOX/URE/MOX	F	CSD-V	24 060	0,18	4 331
COG-800	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : verres UOX produits suivant la spécification 300 AQ 060	EC	CSD-V	19 010	0,18	3 422
COG-810	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : verres de vidange R7/T7	EC	CSD-V	250	0,18	45
COG-820	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : verres de calcinats	EC	CSD-V	75 (25)	0,18	14 (5)
COG-830	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : verres REP/RNR (Superphénix et Phénix)	F	CSD-V	1 095	0,18	197
COG-850	Déchets technologiques issus des ateliers de vitrification conditionnés en conteneurs standards	F	CSD	300 (60)	0,18	54 (11)

COG-870	Capsules de titanate de Sr	F	CSD-TiSr	3	0,18	1
COG-880	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : verres CU du CEA/Civil	F	CSD-V	11	0,18	2
COG-890	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : verres CU du CEA/DAM	F	CSD-V	80	0,18	14
COG-900	Colis de déchets vitrifiés issus du traitement des CU EL4	F	CSD-V	30	0,18	5

Tableau T3-2. Inventaire de référence des familles de colis de déchets MA-VL [40]. Le cas échéant, les marges sur les nombres de colis primaires et les volumes de colis primaires sont indiquées entre parenthèses.

Identifiant	Descriptif	Etat de production	Conteneur primaire	Nombre de colis primaires (dont marge)	Volume industriel d'un colis primaire (m ³)	Volume total (m ³) (dont marge)
AND-000	Déchets collectés par l'Andra conditionnés en conteneur 870 L	AD	870 L	19 (5)	0,88	18 (6)
CEA-050	Conteneurs 870 L en acier non allié produits sous spécification d'assurance qualité (à partir du 01/01/1994) contenant des déchets divers (alpha Pu prépondérant) bloqués dans un liant hydraulique	EC	870 L	3 550 (400)	0,88	3 124 (352)
CEA-060	Conteneurs en acier de 500 L produits depuis 1994 sous spécification d'assurance qualité et contenant des déchets divers bloqués dans un liant hydraulique	EC	500 L acier	1 250 (150)	0,5	625 (75)
CEA-070	Conteneurs en béton de 500 L contenant des fûts de boues de filtration enrobées dans un liant hydraulique produits sous spécification d'assurance qualité	T	500 L béton	43	0,5	22
CEA-080	Conteneurs 870 L en acier non allié produits de 1972 à 1990 contenant des déchets divers bloqués dans une matrice ciment-bitume	T	870 L	2 188	0,88	1925
CEA-090	Conteneurs 870 L en acier non allié produits de 1990 à fin 1993 contenant des déchets divers (alpha Pu prépondérant) bloqués dans un liant hydraulique	T	870 L	562	0,88	495
CEA-100	Conteneurs 870 L en acier non allié contenant des fûts de 700 L de concentrats enrobés dans un liant hydraulique	T	870 L	40	1,1	44
CEA-110	Conteneurs 500 L en acier non allié produits de 1970 à 1990 contenant des déchets divers bloqués dans une matrice ciment-bitume	T	500 L acier	427	0,5	214

CEA-120	Conteneurs 500 L en acier non allié produits de 1990 à 1994 contenant des déchets divers bloqués dans un liant hydraulique	T	500 L acier	210	0,5	105
CEA-140	Conteneurs en béton de 500 L produits avant 1994 et contenant des fûts de boues de filtration enrobées dans un liant hydraulique	T	500 L béton	2 297	0,5	1 149
CEA-150	Conteneurs en béton de 500 contenant des fûts de concentrats d'évaporation enrobés dans un liant hydraulique	T	500 L béton	381	0,5	191
CEA-231	Fûts de sulfates de plomb radifères provenant de l'usine du Bouchet conditionnés en conteneurs béton de 5 m ³	T	5 m ³ béton	19	5	95
CEA-232	Fûts de sulfates de plomb radifères provenant de l'usine du Bouchet conditionnés en conteneurs EIP	F	EIP	952	0,38	362
CEA-270	Conteneurs 870 L en acier non allié contenant des déchets divers bloqués dans un liant hydraulique (CEA/DAM Valduc)	F	870 L	415	0,88	365
CEA-280	Fûts 223 L en acier non allié contenant des boues de filtration entobées dans un liant hydraulique	T	Fût acier	2 149	0,254	546
CEA-290	Conteneurs en acier non allié issus du reconditionnement de conteneurs en béton 1800 L contenant des déchets divers bloqués dans un liant hydraulique	T	Conteneur acier	169	2,28	385
CEA-300	Conteneurs en acier non allié issus du reconditionnement de conteneurs en béton 1800 L contenant des déchets divers bloqués dans une matrice ciment-bitume	T	Conteneur acier	11	2,28	25
CEA-310	Conteneurs en acier non allié issus du reconditionnement de conteneurs en béton 1000 L contenant des déchets divers bloqués dans une matrice ciment-bitume ou un mélange boues-ciment	T	Conteneur acier	88	1,04	92
CEA-320	Fûts en acier contenant des boues ou concentrats ou un mélange de boues-concentrats cimentés (CEA/DAM Valduc)	T	Fût acier	360	0,22	80
CEA-330	Conteneurs 870 L en acier non allié contenant des déchets métalliques et organiques "Pégase"	T	870 L 313 FI	619	0,88	545
CEA-340	Conteneur standard de déchets contenant des effluents amériociés vitrifiés (verre MA-VL Valduc)	F	CSD	150	0,18	27
CEA-360	Déchets issus du démantèlement des objets du coeur de Phénix	AD	A déterminer	781	0,206	161

CEA-370	Objets exotiques de Phénix	AD	A déterminer	8	0,206	2
CEA-380	Déchets divers contenant du B ₄ C issus des phases d'exploitation et de démantèlement des réacteurs RNR Rapsodie et Phénix	AD	1 500 L	3	1,5	5
CEA-400	Déchets irradiants issus du démantèlement de Rapsodie, de l'assainissement des fosses de Cadarache et de l'exploitation et du démantèlement du RJH	AD	A déterminer	200 (20)	0,206	41 (4)
CEA-410	Déchets irradiants issus de l'exploitation et du démantèlement de diverses installations de Saclay	AD	A déterminer	300 (60)	0,206	61 (12)
CEA-420	Déchets issus de l'exploitation et du démantèlement de diverses installations de Fontenay-aux-Roses	AD	A déterminer	230 (51)	0,206	47 (11)
CEA-430	Déchets divers issus des phases d'exploitation, d'assainissement et de démantèlement de diverses installations du Centre de Grenoble	AD	A déterminer	40	0,206	8
CEA-440	Conteneurs 500 L en acier inoxydable contenant des déchets divers non compactables bloqués dans un liant hydraulique	F	500 L	2 000	0,5	1 000
CEA-450	Conteneurs en acier non allié issus du reconditionnement de conteneurs bétons dits "Blocs sources"	T	Conteneur acier	41	3,05	125
CEA-460	Déchets de déconstruction des installations du centre CEA de Valduc	AD	870 L	40	0,88	35
CEA-480	Colis 223 L pré-bétonnés hors normes	T	Fût acier	50 (12)	0,23	12 (3)
CEA-1000	Fûts en acier inoxydable contenant des fûts en acier inoxydable d'enrobés bitumineux produits sous spécification d'assurance qualité (à partir d'octobre 1996)	EC	EIP	2700 (200)	0,38	1 026 (76)
CEA-1010	Fûts en acier inoxydable contenant des fûts en acier non allié d'enrobés bitumineux produits sous spécification d'assurance qualité (de 1995 à 1996)	T	EIP	1 709	0,38	650
CEA-1020	Fûts en acier inoxydable contenant des fûts en acier non allié d'enrobés bitumineux produits avant 1995	T	EIP	24 422	0,38	9 280
CEA-1040	Fûts en acier inoxydable contenant des déchets de procédé cimentés	AD	EIP	3 013 (492)	0,38	1 145 (187)
CEA-1050	Fûts en acier inoxydable contenant des déchets de structure métalliques cimentés	AD	EIP	1 320	0,38	502
CEA-1060	Fûts en acier inoxydable contenant des déchets de structure magnésiens bloqués dans un liant hydraulique	AD	Fût acier	7 464	0,22	1 642

CEA-1090	Fûts en acier inoxydable contenant des déchets technologiques métalliques et organiques bloqués dans un liant hydraulique	AD	EIP	1 353 (360)	0,38	514 (137)
CEA-1100	Conteneurs 870 L en acier non allié contenant des déchets technologiques métalliques et organiques bloqués dans un liant hydraulique (déchets alpha Marcoule)	EC	870 L FI	410	0,88	361
CEA-1110	Déchets technologiques issus de l'AVM	AD	A déterminer	188	0,175	33
CEA-1120	Conteneurs type AVM en acier inoxydable contenant des déchets vitrifiés issus des effluents de rinçage UP1 Marcoule (verres MA-VL)	T	Conteneur AVM	147	0,175	26
CEA-1140	Fûts en acier inoxydable contenant des boues de filtration cimentées issues de l'installation STEMA	F	EIP	120	0,38	46
CEA-1151	Déchets de structure, divers déchets métalliques et déchets de démantèlement des chaînes TOP et TOR, à reconditionner en fûts EIP	AD	EIP	60 (10)	0,38	23 (4)
CEA-1152	Déchets de structure, divers déchets métalliques et déchets de démantèlement des chaînes TOP et TOR	AD	A déterminer	450 (16)	0,206	92 (3)
CEA-1180	Fûts alpha 200 L entreposés au bâtiment 99 de la zone nord CDS à placer provisoirement dans une coque réversible de 500 L	T	Fût acier	183	0,23	42
CEA-1200	Déchets divers entreposés dans les bâtiments 211 et 213 (hors conteneurs de déchets vitrifiés PIVER et autres verres HA)	AD	A déterminer	50	0,206	10
CEA-1510	Sources radioactives (alpha, neutroniques et divers)	F	870 L FI	60 (10)	0,88	53 (9)
COG-020	Fûts bitumes STE3 produits suivant la spécification 300 AQ 027	EC	Fût acier	13 100 (400)	0,222	2 908 (89)
COG-030	Colis de déchets solides d'exploitation cimentés produits après 1994 suivant la spécification 300 AQ 044	EC	CBF-C'2	8 117 (1 368)	1,18	9 578 (1 614)
COG-040	Fûts de coques et embouts cimentés produits suivant la spécification 300 AQ 025	T	Fût acier	1 517	1,5	2 276
COG-050	Colis de déchets solides d'exploitation cimentés produits avant 1994 suivant la spécification 300 AQ 038	T	CAC	324	1,18	382
COG-070	Conteneurs standards de déchets compactés contenant des coques et embouts du silo HAO	F	CSD-C	1 527	0,18	275

COG-100	Conteneurs standards de déchets compactés produits suivant la spécification 300 AQ 055 (dont coques et embouts des fûts ECE et des piscines S1, S2 et S3)	T	CSD-C	6 675	0,18	1 202
COG-110	Conteneurs standards de déchets compactés contenant des coques et embouts issus d'assemblages combustibles UOX	EC	CSD-C	17 850	0,18	3 213
COG-120	Conteneurs standards de déchets compactés contenant des coques et embouts issus d'assemblages combustibles UOX/URE/MOX	F	CSD-C	22 720	0,18	4 090
COG-400	Déchets contaminés alpha en provenance de Cadarache, Melox et La Hague conditionnés dans un colis PIVIC par incinération/vitrification	F	PIVIC	1 500	0,283	425
COG-420	Fûts enrobés bitumineux STE2 (reprise partielle silo 550-14)	T	Fût acier	340	0,222	75
COG-430	Boues STE2 séchées, compactées et immobilisées dans un conteneur métallique	AD	A déterminer	14 429 (3 934)	0,268	3 867 (1 054)
COG-440	Fûts ECE cimentés de fines et résines du silo HAO	F	Fût ECE	121	1,5	182
COG-450	Conteneurs standards de déchets compactés contenant des déchets de structure issus d'assemblages combustibles REP et RNR (Superphénix et Phénix)	F	CSD-C	1 514	0,18	273
COG-460	Conteneurs standards de déchets compactés contenant des déchets technologiques métalliques et organiques et des déchets de démantèlement	F	CSD-C	500	0,18	90
COG-470	Colis CSD-B contenant des effluents de moyenne activité vitrifiés (UP2-400, UP2-800 et UP3)	EC	CSD-B	1 680	0,18	302
COG-475	Colis CSD-RB contenant des reliquats d'effluents de moyenne activité vitrifiés (UP2-400, UP2-800 et UP3)	F	CSD-RB	5	0,18	1
COG-480	Colis CBF-C'2 contenant des déchets d'exploitation et de démantèlement (poubelles fosse ATTILA)	EC	CBF-C'2	18	1,18	21
COG-490	Déchets issus des opérations de démantèlement des usines UP2-400, UP2-800 et UP3 compactés en CSD-C	F	CSD-C	289	0,18	52
COG-500	Déchets issus des opérations de démantèlement des usines UP2-400, UP2-800 et UP3 conditionnés en CBF-C'2	F	CBF-C'2	1 031	1,18	1 217
COG-510	Déchets issus des opérations de démantèlement de l'usine Melox conditionnés en CBF-C'2	F	CBF-C'2	214	1,18	253

COG-530	Conteneurs standards de déchets compactés contenant des déchets de structure issus du traitement des CU du CEA/Civil	F	CSD-C	24	0,18	4
COG-540	Conteneurs standards de déchets compactés contenant des déchets de structure issus du traitement des CU du CEA/DAM	F	CSD-C	400	0,18	72
COG-550	Conteneurs standards de déchets compactés contenant des déchets de structure issus du traitement des CU EL4	F	CSD-C	200	0,18	36
COG-560	Déchets issus des colonnes d'élu­tion d'ELAN IIB conditionnés en colis Phomix	F	Colis Phomix	4	1,17	5
EDF-080	C1PG ^{SP} de déchets activés d'exploitation REP	EC	C1PG ^{SP}	750 (75)	2	1 500 (150)
EDF-090	C1PG ^{SP} de déchets activés de démantèlement 1 ^e train hors déchets sodés de Superphénix	F	C1PG ^{SP}	350	2	700
EDF-100	C1PG ^{SP} de déchets activés de démantèlement des REP du parc actuel	EC	C1PG ^{SP}	4 700 (235)	2	9 400 (470)
EDF-110	Crayons sources primaires et secondaires REP et autres sources scellées diverses	AD	870 L	10	0,88	9
EDF-120	Déchets AMI Chinon	AD	870 L	15	0,88	13
EDF-250	Déchets divers contenant du B ₄ C issus des phases d'exploitation et de démantèlement du réacteur RNR Superphénix	AD	870 L	10	0,88	9
ITER-010	Déchets divers conditionnés en fûts produits pendant les phases d'exploitation, de maintenance et de déconstruction du réacteur ITER	AD	Fût acier	2 366 (390)	0,687	1 625 (268)
ITER-020	Conteneurs cubiques de déchets divers produits pendant les phases d'exploitation, de maintenance et de déconstruction du réacteur ITER	AD	Conteneur acier cubique	1 158 (188)	1,43	1 656 (269)

Annexe T4. Inventaire de réserve

Cette annexe présente l'inventaire de réserve associé à l'allongement de la durée de vie du parc (Tableau T4-1), aux combustibles usés (Tableau T4-2) et aux déchets FA-VL (Tableau T4-3).

Tableau T4-1. Déchets intégrés à l'inventaire de réserve dans le cas du scénarios SR1 [144].

Identifiant	Descriptif	Conteneur primaire	Nombre de colis primaires	Volume (m ³)
COG-200	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : verres UOX/URE/MOX	CSD-V	5 376	967
COG-800	Conteneurs standards de déchets vitrifiés : verres UOX produits suivant la spécification 300 AQ 060	CSD-V	4 247	764
EDF-080	C1PG ^{SP} de déchets activés d'exploitation REP	C1PG ^{SP}	120	240

Tableau T4-2. Combustibles usés intégrés à l'inventaire de réserve dans le cas du scénario SNR enveloppe [144].

Identifiant	Descriptif	Nombre de colis primaires	Volume total de colis primaires (m ³)	Volume total de colis de stockage (m ³)
EDF-2000	REP UNE court 100 % irradié (palier 900 MWe)	11 095	2 524	8 604
EDF-2010	REP UNE long 100 % irradié (palier 1300 MWe, N4)	21 110	5 649	19 184
	REP UNE long 100 % irradié (palier EPR)	2 719	728	2 471
EDF-2020	REP URE court 100 % irradié (palier 900 MWe)	1 369	311	1 062
EDF-2030	REP URE long 100 % irradié (palier 1300 MWe)	5 008	1 340	4 551
EDF-2040	REP UNE court sous-irradié (palier 900 MWe)	1 984	451	1 539
	REP UNE long sous-irradié (palier 1300 MWe, N4)	2 496	668	2 268
EDF-2050	REP URE long sous-irradié (palier 1300 MWe)	768	206	698
EDF-2100	REP MOX court (palier 900 MWe) - "G1" à 5,3 % Pu	1 201	273	931
EDF-2110	REP MOX court (palier 900 MWe) - "G2" à 7,08 % Pu	1 749	398	1 356
EDF-2120	REP MOX court (palier 900 MWe) - "G3" à 8,65 % Pu	2 333	531	2 602
EDF-2130	REP MOX court (palier 900 MWe) - "G4" à 9,08 % Pu	6 108	1 390	6 813

EDF-2200	RNR MOX-SPX long - fertile neuf	50	9	25
EDF-2210	RNR MOX-SPX long - fertile irradié	225	42	111
EDF-2220	RNR MOX-SPX long - fissile neuf	405	76	199
EDF-2230	RNR MOX-SPX long - fissile irradié	365	69	180
EDF-2300	Combustibles EL4 - conteneur primaire AA281	2 657	25	122
	Combustibles EL4 - conteneurs C1/C2	10	1	1
CEA-2000	Combustibles à base d'uranium métallique	248	15,9	36,5
CEA-2100	Combustibles "caramel" du réacteur Osiris	136	11,9	26,2
CEA-2210	Combustibles expérimentaux de Rapsodie entreposés au CEA	51	2,6	7,7
CEA-2220	Combustibles expérimentaux du CEA issus du réacteur Phénix	18	0,4	2,4
CEA-2230	Combustibles expérimentaux REP du CEA	87	5,7	15,5
CEA-2240	Combustibles expérimentaux RNR MOX du CEA	1	0,1	0,3
CEA-2250	Combustibles expérimentaux du CEA issus des réacteurs à eau lourde EL3 et EL4	2	0,1	0,3
CEA-2260	Combustibles expérimentaux du CEA expertisés au LAMA	2	0,1	0,3
CEA-2270	Combustibles entreposés à l'INB n°72	18	0,5	3,1
CEA-2300	Combustibles métalliques de la propulsion nucléaire navale	diffusion restreinte	diffusion restreinte	diffusion restreinte
CEA-2350	Combustibles oxydes de la propulsion nucléaire navale	diffusion restreinte	diffusion restreinte	diffusion restreinte
CEA-2400	Combustibles non expertisés du réacteur Phénix	1 366	31,4	183,6
CEA-2500	Combustibles du réacteur Phébus	23	0,5	3,2
CEA-2600	Combustibles du réacteur Cabri	27	0,6	3,6
CEA-2700	Combustibles repris dans le cadre du projet EPOC	56	1,3	8,0

Tableau T4-3. Déchets FA-VL intégrés à l'inventaire de réserve [144].

Identifiant	Descriptif	Conteneur primaire	Nombre de colis primaires	Volume total de colis primaires (m ³)
CEA-6010	Fûts en acier inoxydable issus du reconditionnement de fûts en acier non allié contenant des enrobés bitumineux produits avant 1995	EIP	32 901	12 733
COG-3010	Déchets du silo 130 de La Hague	Fût ECE	1 270	1 904
COG-3020	Déchets du silo 115 de La Hague	Fût ECE		
COG-3030	Déchets issus du traitement des eaux et des combustibles UNGG du décanteur 1	CBF-C2K	374	441
COG-3040	Déchets issus du traitement des eaux et des combustibles UNGG du décanteur 2	CBF-C2K	354	418
COG-3050	Déchets issus du traitement des eaux et des combustibles UNGG du décanteur 8	CBF-C2K	406	479
COG-3060	Déchets issus du traitement des eaux et des combustibles UNGG des fosses 217-01 et 217-02	CBF-C2K	406	479
COG-3070	Déchets issus du traitement des eaux et des combustibles UNGG de la fosse 211-06	CBF-C2K	204	241
CEA-3060	Chemises en graphite utilisées lors de l'exploitation des réacteurs Chinon A2 et A3	CBFK-B	544	2 774
CEA-3070	Tronçons de graphite et fils de selle issus du déchemisage des éléments combustibles utilisés lors de l'exploitation des réacteurs Chinon A2 et A3	CBFK-B	66	337
EDF-3070	Déchets des silos de Saint-Laurent	CS4-graphite	1 400	9 078
CEA-3010	Briques en graphite constitutives de l'empilement du réacteur G1	CBFK-B	1 000	5 100
CEA-3021	Briques en graphite (empilement) constitutives du modérateur du réacteur G2	CBFK-B	297	1 515
CEA-3022	Briques en graphite (empilement) constitutives des réflecteurs du réacteur G2	CBFK-B	224	1 142
CEA-3031	Briques en graphite (empilement) constitutives du modérateur du réacteur G3	CBFK-B	297	1 515
CEA-3032	Briques en graphite (empilement) constitutives des réflecteurs du réacteur G3	CBFK-B	224	1 142
CEA-3040	Briques en graphite constitutives des réflecteurs de la pile EL2	CBFK-B	48	245
CEA-3050	Briques en graphite constitutives des réflecteurs de la pile EL3	CBFK-B	44	224
CEA-3080	Briques en graphite constitutives des bouchons du réacteur Rapsodie	CBFK-B	11	56
EDF-3011	Briques en graphite constitutives de l'empilement du réacteur Bugey 1	CS4-graphite	1 472	9 544

EDF-3012	Rondins en graphite constitutifs de la protection biologique du réacteur Bugey 1	CS4-graphite	375	2 432
EDF-3021	Briques en graphite constitutives de l'empilement du réacteur Saint-Laurent A1	CS4-graphite	1 838	11 918
EDF-3022	Rondins en graphite constitutifs de la protection biologique du réacteur Saint-Laurent A1	CS4-graphite	500	3 242
EDF-3031	Briques en graphite constitutives de l'empilement du réacteur Saint-Laurent A2	CS4-graphite	1 743	11 302
EDF-3032	Rondins en graphite constitutifs de la protection biologique du réacteur Saint-Laurent A2	CS4-graphite	558	3 618
EDF-3040	Briques en graphite constitutives de l'empilement du réacteur Chinon A1	CS4-graphite	800	5 187
EDF-3050	Briques en graphite constitutives de l'empilement du réacteur Chinon A2	CS4-graphite	1 572	10 193
EDF-3060	Briques en graphite constitutives de l'empilement du réacteur Chinon A3	CS4-graphite	1 908	12 371
AND-7000	Sources de détecteurs ioniques	870 L	6	5
AND-7010	Paratonnerres compactés	870 L	34	30
AND-7020	Déchets de la défense nationale	870 L	2	2

Annexe T5. Liste des EIP

EIP nécessaires à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonction(s) de sûreté

Emballage de transport
Amortisseur de l'ET
Support des emballages de transport pour contrôle et mise à la verticale
Réhausse
Chariots des emballages de transport
Transbordeur des emballages de transport
Dispositif d'accostage des emballages de transport y compris les verrous, ancrages, bouchons, brides, couvercles, joints gonflables
Colis primaire HA et MA-VL
Panier de stockage
Paniers pour CSD-C (CS 22) et
Paniers pour 500 L FI béton (CS26)
Conteneur de stockage HA
Conteneur de stockage MA-VL
Conteneur de stockage renforcé vis-à-vis du confinement
Conteneur de stockage MA-VL renforcé vis-à-vis de l'incendie (déchets bitumés) (CS4)
Conteneur de stockage MA-VL contenant des colis de déchets sans matrice ou à matrice à liant hydraulique
Conteneur de stockage MA-VL en béton
Conteneur de stockage MA-VL acier (CS6, CS7)
Hotte de transfert MA-VL
Porte
Enceinte de confinement et son joint
Structure inférieure et interfaces (pieds et tourillons)
Protection thermique et son enveloppe de protection mécanique

Hotte de transfert MA-VL

Enceinte blindée

Hotte de transfert HA

Porte coulissante

Protection radiologique

Protection thermique

Châssis

Structure inférieure et interfaces (pieds et tourillons)

Orifices de dégazage côté porte et en partie arrière

Bâtiment nucléaire de surface

Génie civil, dalles supérieures, voiles, radiers et traversées de parois des cellules process, zones tampons et couloirs de circulation des colis de l'installation EP1, avant mise en hotte de transfert

Portes et ouvrants des cellules et parois dont le classement en classe de confinement va de C2 à C4** (façades d'accostages, etc.)

Toitures du bâtiment nucléaire de surface

Ouvrages contenant les colis de déchets

Équipements nécessaires aux ventilations nucléaires C2 et C4 du bâtiment nucléaire de surface

Génie civil de l'émissaire de rejet de la ventilation nucléaire du bâtiment nucléaire de surface.

Équipements de ventilation d'extraction C2/C4

Voiles, planchers bas et haut et structures en béton entourant les cellules process

Portes en structures aciers des cellules process (portes bouchons, portes process, portes process des zones arrière matériel et portes d'accès à ces zones, portes batardeaux)

Hublots

Façades d'accostage des hottes de transfert et dispositifs de fermeture

Dispositifs de verrouillage associés à ces ouvrants

Alvéole de stockage MA-VL

Génie civil de l'alvéole et traversées

Façade d'accostage

Gaines d'extraction

Caissons de filtration et filtres THE du local DNF

Équipements nécessaires à la ventilation nucléaire C2 des alvéoles MA-VL

Alvéole de stockage MA-VL

Réseaux de collecte et d'évacuation des eaux

Génie civil des puits de ventilation d'exploitation d'air frais et d'air vicié (y compris les carreaux de ventilation associés aux usines de ventilation) et les prises d'air neuf

Génie civil des installations de surface des puits de ventilation d'exploitation d'air frais et d'air vicié

Génie civil des installations de surface associées au puits de ventilation d'air vicié d'exploitation : usine de ventilation d'extraction, tête de puits, émissaire de rejet des effluents gazeux

Système de prise de la pression de référence

Équipements de l'usine de ventilation d'extraction

Alvéole de stockage HA

Protection radiologique provisoire mise en œuvre pendant les opérations de chargement ou de déchargement des colis de stockage HA

Protection radiologique définitive mise en place à la fermeture de l'alcôve et pendant les opérations de démantèlement et de remblaiement en galerie d'accès

Bride métallique (cas de l'alcôve du quartier de stockage)

Capot de protection thermique

Dispositif d'inertage à l'azote

Voile en béton comportant la façade d'accostage de la hotte à la cellule de manutention de l'alcôve et les traversées qu'il comporte (vis radiologiques, traversées électriques, etc.)

Façade d'accostage, voiles et ouvrants des locaux en zone d'accostage

Porte de radioprotection en entrée d'alcôve et son voile en béton et traversées et Blocs de radioprotection entre cette porte et les colis

Paroi de radioprotection en fond d'alcôve et ses traversées

Dispositifs de verrouillage associés aux protections radiologiques

Génie civil de l'alcôve HA (massif d'accostage et massif d'amorce)

EIP nécessaires, en situations incidentelles et accidentelles, au maintien d'une fonction de sûreté

Centrales de secours et postes de distribution 20 kV situés en zone descendière et en zone puits et ensemble des lignes d'alimentation

Ensemble des lignes d'alimentation, des sous-stations et des dispositifs nécessaires au basculement de l'alimentation électrique

Stockage de fioul pour les groupes électrogènes de secours 20 kV situés en zone puits et descendière

Ensemble des dispositifs d'alimentation

EIP susceptibles d'agresser, en situations incidentelles et accidentelles, un ou plusieurs EIP nécessaires à l'accomplissement ou au maintien d'une fonction de sûreté

Ponts sécurisés et nucléarisés de manutention

Ponts sécurisés de manutention du hall de déchargement des emballages de transport (140 et 65 tonnes)

Pont sécurisé (20 tonnes) de la cellule de préparation à l'accostage des emballages de transport

Pont stockeur des alvéoles de stockage MA-VL

Pont polyvalent pour l'alvéole dédié aux colis de déchets bitumés

Funiculaire

Systèmes de freinage de sécurité embarqués indépendants (freins d'arrêt d'urgence et freins d'arrêt d'ultime secours)

Système de freinage de sécurité fixe (butoirs de fin de voie)

Châssis du véhicule

Système de roues porteuses

Systèmes de fixation des pieds de hotte

Systèmes d'anti-soulèvement du véhicule

Butées de positionnement

Rails et fixations des rails

Génie civil de la descenderie colis, et des galeries de liaison et d'accès aux alvéoles

Génie civil de la descenderie colis (jusqu'à la zone de soutien logistique exploitation), des galeries de liaisons et des galeries d'accès aux alvéoles

Tête de descenderie colis (TDC)

Génie civil de la TDC

Dalles supérieures, voiles et radiers de la TDC

Toitures de la TDC

EIP nécessaires à la détection de situations incidentelles et accidentelles

Dispositif de prélèvements ou de détection des locaux classés C2/C4 et la chaîne de mesure et d'acquisition associée

Dispositifs de surveillance des rejets gazeux et chaîne de mesure et d'acquisition associée à l'émissaire de l'usine de ventilation d'extraction du puits ventilation air vicié, à l'émissaire de rejets C2/C4 du bâtiment nucléaire de surface et aux exutoires de rejets C1 des installations

Alarmes des dispositifs de détection des locaux classés C2/C4

Alarmes des dispositifs de surveillance des niveaux d'irradiation en zones surveillées, contrôlées verte, jaune et rouge

Dispositifs de surveillance en temps réel et chaînes de mesures et d'acquisition associées en zones contrôlées

Alarmes liées aux dispositifs de surveillance des rejets gazeux de l'émissaire C2/C4 du bâtiment nucléaire de surface et de l'émissaire de rejets du puits d'air vicié

Dispositifs de mesure du débit d'air en alvéole MA-VL et la chaîne de mesure et d'acquisition associée

Dispositif de mesure de la concentration en oxygène en alvéole HA

Détecteurs incendie et chaînes de remontée d'alarmes de la cellule de manutention des alvéoles de stockage MA-VL, de la cellule de manutention et de la partie utile de l'alvéole dédié aux colis de déchets bitumés et de toutes les zones de surface où sont présents des colis non protégés, depuis la réception des ET jusqu'à la mise en hotte des colis

Système détection incendie en lien avec les détecteurs EIP

EIP nécessaires à la mise en état sûr de l'installation, au maintien dans cet état ou à la limitation des conséquences

Dispositifs de protection contre l'incendie

Sectorisation incendie de toutes les zones en surface où sont présents des colis non protégés depuis la réception des emballages de transport jusqu'à la mise en hotte des colis et les équipements de mise en sécurité incendie associés

Sectorisation de l'alvéole de stockage MA-VL dédié aux colis de déchets bitumés et les équipements de mise en sécurité incendie associés

Sectorisation incendie des alvéoles de stockage MAVL et les équipements de mise en sécurité incendie associés

Système de mise en sécurité incendie

Séparations physiques entre les zones travaux et exploitation de l'installation souterraine

Parois (génie civil) du sas séparant les zones travaux et exploitation de l'installation souterraine

Poste central de sécurité

Descenderie de service et de tête de descenderie

Génie civil

Annexe T6. Situations de fonctionnement retenus au stade du DDAC

Les situations de fonctionnement retenues par l'Andra au stade du DDAC [47] [51], à l'issue de l'application de sa démarche examinée au chapitre 3 du présent rapport, sont récapitulées dans la présente annexe. Ces situations sont classées selon les catégories suivantes : situations incidentelles, accidentelles de dimensionnement, extension de dimensionnement, situations exclues. Lorsque la localisation de la situation n'est pas précisée dans les tableaux suivants, elle concerne alors toute l'installation. Les situations étudiées au titre des ECS ne sont pas présentées dans cette Annexe.

Certains scénarios d'incendie sont détaillés dans l'Annexe T16.

Tableau T6-1 : situations incidentelles [51].

<u>Situations incidentelles</u>			
		Conséquences estimées	
<i>Description de la situation</i>	<i>Localisation dans l'installation</i>	<i>Travailleur</i>	<i>Public</i>
Chute d'un filtre THE usagé lors de son remplacement dans les locaux de filtration du bâtiment nucléaire de surface EP1	EP1	< 1 µSv	< 1 nSv
Chute d'un filtre THE usagé lors de son remplacement dans un local de filtration (dernier niveau de filtration) d'un alvéole MA-VL	Installation souterraine	< 50 µSv	< 1nSv

Tableau T6-2 : situations accidentelles de dimensionnement [47][51].

<u>Situations accidentelles de dimensionnement</u>			
		Conséquences estimées	
<i>Description de la situation</i>	<i>Localisation dans l'installation</i>	<i>Travailleur</i>	<i>Public</i>
Chute d'un colis primaire suite à une défaillance d'un pont nucléarisé en cellule de déchargement des emballages de transport.	Cellule de déchargement des emballages de transport	SO	EP1 (1 ^{ère} phase) < 1 µSv EP1 (ultérieurement) < 10 µSv ETH < 50 µSv

Incendie de l'huile d'un motoréducteur du pont nucléarisé de la cellule de déchargement des emballages de transport avec défaillance du système d'extinction.	Cellule de déchargement des emballages de transport	< 50 µSv	< 1nSv
Incendie du robot au poste de contrôles des colis avec défaillance du système d'extinction.	Cellule de contrôle des colis	< 50 µSv	< 1nSv
Chute d'un colis suite à une défaillance d'un pont nucléarisé.	Cellule de préparation des colis de stockage	SO	EP1 (1 ^{ère} phase) < 10 nSv EP1 (ultérieurement) < 10 µSv ETH < 20 µSv
Chute d'un colis suite à une défaillance d'un pont nucléarisé.	Cellule de réouverture des colis de stockage MA-VL	SO	EP1 (1 ^{ère} phase) < 10 nSv EP1 (ultérieurement) < 10 µSv ETH < 20 µSv
Chute d'un colis suite à une défaillance d'un pont nucléarisé.	Cellule de préparation des colis de stockage (contrôle hors flux)	SO	EP1 (1 ^{ère} phase) < 10 nSv EP1 (ultérieurement) < 10 µSv ETH < 20 µSv
Incendie d'un chariot de transfert des colis en cellule process du bâtiment nucléaire de surface EP1 avec défaillance du système d'extinction embarqué.	Cellules process de EP1	< 50 µSv	< 1 nSv
Incendie du funiculaire transférant une hotte de transfert avec défaillance du système d'extinction.	Descenderie colis	SO	< 10 µSv
Choc/collision d'un colis de stockage en hotte suite à une dérive du funiculaire.	Descenderie colis	SO	< 10 nSv
Collision entre deux moyens de transfert sur rails de hottes dont l'un transporte une hotte pleine dans l'installation souterraine.	Installation souterraine	SO	< 1 nSv
Incendie d'un chariot ou d'une navette transportant une hotte de transfert avec défaillance du système d'extinction.	Installation souterraine	SO	< 1 µSv
Collision impliquant le véhicule de transport de fûts de déchets d'exploitation en galerie de	Galerie de l'installation souterraine	< 25 µSv	< 20 nSv

l'installation souterraine ou en descenderie service avec incendie du véhicule.	Descenderie service		
Incendie d'un chariot ou pont stockeur en partie utile d'un alvéole de stockage MA-VL avec défaillance du système d'extinction embarqué.	Partie utile d'alvéole MA-VL	< 10 µSv	< 1 µSv
Chute d'un colis suite à une défaillance du pont stockeur.	Partie utile d'alvéole MA-VL	SO	< 1 nSv
Incendie d'un robot-pousseur ou robot de retrait.	Alvéoles de stockage HA	< 1 µSv	< 1 nSv
Séisme de dimensionnement		SO	Sans incendie induit : < 1 µSv Avec incendie induit : < 10 µSv

Tableau T6-3 : situations accidentelles d'extension de dimensionnement [47][51].

Situations accidentelles d'extension de dimensionnement			
		Conséquences estimées	
<i>Description de la situation</i>	<i>Localisation dans l'installation</i>	<i>Travailleur</i>	<i>Public</i>
Déconfinement d'un emballage de transport et des colis primaires qu'il contient résultant d'une chute dans la fosse du hall de déchargement suite à une défaillance du pont de manutention sécurisé et du matelas amortisseur.	Hall de déchargement des emballages de transport de EP1	20 mSv	EP1 (1 ^{ère} phase) < 1 mSv EP1 (ultérieurement) < 1 mSv ETH < 9 mSv
Mobilisation de l'activité interne des fûts de déchets d'exploitation en cas d'incendie dans le local d'entreposage des déchets d'exploitation.	Local d'entreposage des déchets d'exploitation de l'installation souterraine	< 1 mSv	< 10 µSv
Déconfinement d'un ou plusieurs colis MA-VL stockés en alvéole de stockage dû à une défaillance du colis primaire et du conteneur de stockage (si présent) en tant que premier système de confinement des substances radioactives.	Alvéole de stockage MA-VL	SO	< 10 µSv
Dysfonctionnement de l'outil de découpe et de perçage des couvercles de colis de stockage MA-VL en cellule de réouverture des colis de stockage.	Cellule de réouverture des colis de stockage	SO	< 10 µSv

Exposition externe du travailleur situé à proximité d'un alvéole de stockage HA dépourvu du bouchon de radioprotection suite à une défaillance du procédé.	Galerie d'accès HA	< 10 mSv	SO
Cumul d'une chute d'un filtre THE usagé lors de son remplacement dans les locaux de filtration (dernier niveau de filtration) d'un alvéole MA-VL).	Installation souterraine	< 10 µSv	< 1 nSv
Cumul du déconfinement de colis primaires résultat d'une défaillance d'un pont puis d'un incendie.	Cellule de déchargement des emballages de transport	SO	EP1 (1 ^{ère} phase) < 10 µSv EP1 (ultérieurement) < 20 µSv ETH < 50 µSv
Cumul d'une chute de colis primaires en cellule avec déconfinement et d'un séisme de dimensionnement.	Bâtiments nucléaires de surface	SO	Sans incendie induit : EP1 (1 ^{ère} phase) < 1 µSv EP1 (ultérieurement) < 1 µSv ETH < 1 µSv Avec incendie induit : EP1 (1 ^{ère} phase) < 10 µSv EP1 (ultérieurement) < 100 µSv ETH < 10 µSv
Cumul de deux départs de feu en zone d'exploitation (surface-fond).		< 10 µSv pour l'installation de surface < 50 µSv pour l'installation souterraine	< 1 nSv
Cumul d'un séisme entraînant la mobilisation de la contamination surfacique des déchets et d'une collision impliquant le véhicule de transport de fûts de déchets d'exploitation en galerie de l'installation souterraine ou en descenderie service avec un incendie du véhicule.		25 µSv	< 1 µSv
Cumul d'une chute d'un filtre THE usagé lors de son remplacement dans les locaux de filtration	Installation souterraine	< 10 µSv	< 10 nSv

d'un alvéole MA-VL puis d'une défaillance de la filtration.			
Cumul de l'incendie de l'huile d'un motoréducteur du pont nucléarisé et de la défaillance de la sectorisation incendie.	Cellule de déchargement des emballages de transport	SO	< 1 nSv
Cumul de l'incendie d'un chariot de transfert des colis et de la défaillance de la sectorisation incendie.	Cellule process de EP1	SO	< 1 nSn
Cumul d'une collision impliquant le véhicule de transport des fûts de déchets d'exploitation avec un incendie du véhicule de transport et d'une défaillance du caisson de protection incendie.	Installation souterraine/descenderie service	< 10 mSv	< 1 µSv
Cumul d'un incendie du pont stockeur en alvéole MA-VL et d'une défaillance de la sectorisation incendie.	Alvéole de stockage MA-VL	SO	< 10 nSv

Tableau T6-4 : situations exclues

<u>Situations exclues</u>		
<i>Description de la situation</i>		<i>Localisation dans l'installation</i>
EXCL1	Déconfinement d'un emballage de transport en cas d'incendie sur le locotracteur hybride impliquant des emballages de transport sur les wagons d'un convoi.	Terminal ferroviaire
EXCL 2	Déconfinement d'un emballage de transport et des colis primaires qu'il contient par renversement suite à un choc ou une collision du chariot et/ou du transbordeur des emballages de transport.	Local de préparation des emballages de transport
EXCL3	Déconfinement d'une hotte de transfert MA-VL en cas d'incendie d'une navette positionnée sur une table tournante de navette avec défaillance du système d'extinction embarqué.	Parc à hottes
EXCL4	Déconfinement d'une hotte de transfert MA-VL qu'elle contient suite à la chute d'une navette ou d'un chariot dans la descenderie colis.	Gare haute/basse de la descenderie colis
EXCL5	Déconfinement d'une hotte de transfert MA-VL en cas d'incendie d'une navette (gare haute) ou d'un chariot (gare basse) positionné sur le véhicule funiculaire avec défaillance du système d'extinction embarqué.	Gare haute/basse de la descenderie colis
EXCL6	Déconfinement d'une hotte MA-VL en cas d'incendie du véhicule funiculaire en transfert avec défaillance du système d'extinction embarqué.	Descenderie colis
EXCL7	Déconfinement d'une hotte de transfert MA-VL et des colis qu'elle contient suite à la dérive du funiculaire dans la descenderie colis.	Descenderie colis
EXCL8	Perte de confinement en cas de collision entre un chariot chargé et une hotte de transfert HA ou MA-VL posée à l'intersection GA/GL.	Galeries de l'installation souterraine
EXCL9	Déconfinement de colis MA-VL suite à une défaillance d'un chariot ou pont stockeur.	Alvéole MA-VL
EXCL10	Déconfinement de colis MA-VL en cas d'incendie d'un chariot ou pont stockeur en partie utile de l'alcôve MA-VL avec défaillance du système d'extinction embarqué.	Alvéole MA-VL
EXCL11	Déconfinement de colis MA-VL en cas de chute de l'écran de radioprotection.	Alvéole MA-VL
EXCL12	Exposition interne/externe suite à l'agression mécanique d'un colis en cellule process.	
EXCL13	Exposition interne/externe suite à l'agression mécanique d'une hotte.	
EXCL14	Exposition interne/externe suite à l'agression mécanique des infrastructures des installations.	
EXCL15	Exposition interne/externe des travailleurs suite à un incendie impliquant une hotte.	

EXCL16	Exposition externe suite à la non-fermeture ou à l'ouverture intempestive d'une hotte de transfert MA-VL.	
EXCL17	Exposition externe suite à la non-fermeture ou l'ouverture intempestive d'une hotte de transfert HA.	
EXCL18	Exposition externe suite à l'ouverture d'une hotte avec un colis dans le local de maintenance	Local de maintenance des hottes
EXCL19	Exposition externe suite au désaccostage d'un emballage de transport sans remise en place du bouchon de cellule.	Local d'accostage des emballages de transport
EXCL20	Exposition externe suite à l'entrée de travailleurs dans une zone rouge ou à l'ouverture d'une zone rouge sur un local avec présence de travailleurs.	
EXCL21	Accident de criticité lié à une chute ou une collision de colis de déchets ou de hottes de transfert contenant des colis de déchets.	
EXCL22	Accident de criticité lié à un incendie à proximité de colis de stockage ou de hottes de transfert contenant des colis de déchets.	
EXCL23	Accident de criticité lié à une inondation ou une aspersion d'eau sur des colis de stockage ou de hottes de transfert contenant des colis de déchets.	
EXCL24	Accident de criticité lié à un séisme impactant des colis de déchets, de hottes de transfert contenant des colis de déchets ou un emballage de transport.	
EXCL25	Accident de criticité lié à une chute de l'emballage ou à une collision.	
EXCL26	Accident de criticité lié à un incendie à proximité d'un emballage de transport.	
EXCL27	Accident de criticité lié à une inondation ou une aspersion d'eau au sein d'un emballage de transport.	
EXCL28	Accident de criticité lié à un gerbage de colis primaires.	
EXCL29	Accident de criticité lié à une chute de colis de stockage ou à une collision.	
EXCL30	Accident de criticité lié à un séisme impactant des colis de stockage.	
EXCL31	Perte de la maîtrise des dégagements thermiques dans la zone tampon principale due à une perte de la ventilation ou du refroidissement de l'air.	EP1
EXCL32	Perte de la maîtrise des dégagements thermiques dans la zone tampon principale en cas de conditions climatiques extrêmes.	EP1
EXCL33	Perte de la maîtrise des dégagements thermiques dans la zone tampon principale en cas de blocage d'une hotte.	LSF et galeries de liaison et d'accès de l'installation souterraine

EXCL34	Perte de la maîtrise des dégagements thermiques dans un alvéole de stockage contenant des colis de déchets les plus exothermiques due à une défaillance de la ventilation de l'alvéole.	Alvéoles MA-VL
EXCL35	Accumulation excessive de gaz de radiolyse dans un local suite à une défaillance de la ventilation nucléaire.	EP1
EXCL36	Accumulation excessive de gaz de radiolyse dans une hotte de transfert MA-VL suite à un séisme affectant un moyen de transfert.	
EXCL37	Accumulation de gaz de radiolyse dans les alvéoles MA-VL suite à la défaillance d'un ventilateur de soufflage ou d'extraction.	Alvéoles MA-VL
EXCL38	Accumulation excessive de gaz de radiolyse en alvéole MA-VL suite à un séisme entraînant la défaillance de la ventilation.	Alvéoles MA-VL
EXCL39	Accumulation excessive d'oxygène en alvéole HA suite à la défaillance du dispositif de balayage à l'azote.	Alvéoles HA

Tableau T6-5 : Situations incidentelles et accidentelles avec impact radiologique sur les travailleurs, comparaison des calculs Andra et IRSN.

Situation	Dose évaluée par l'Andra	Résultat du calcul IRSN	Description de la situation et des hypothèses (hypothèses de l'Andra sauf lorsque "non indiqué")
INC1	< 1 µSv	OK	Chute d'un filtre THE usagé dans les locaux de filtration du bâtiment EP1 ; 2,23 MBq à 9 % ²³⁹ Pu et 91 % ⁹⁰ Sr ; coeff. remise suspension 10 ⁻⁴ ; durée d'exposition : 60 s
INC2	< 10 µSv	OK	Chute d'un filtre THE usagé dans un local de filtration d'un alvéole MA-VL ; 80,8 MBq à 9 % ²³⁹ Pu et 91 % ⁹⁰ Sr ; coeff. remise suspension 10 ⁻⁴ ; durée d'exposition : 60 s
ACC2	< 50 µSv	OK	Incendie huile du pont de déchargement des ET ; 2,82.10 ⁶ Bq à 9 % ²³⁹ Pu et 91 % ¹³⁷ Cs ; coeff. remise en suspension de 1 pour ¹³⁷ Cs et de 5.10 ⁻³ pour ²³⁹ Pu ; taux de transfert de l'activité vers le secteur de confinement : 0.1 ; durée d'exposition : 5 mn
ACC3	< 50 µSv	OK	Incendie poste contrôle C5 colis ; 9,24.10 ⁵ Bq à 9 % ²³⁹ Pu et 91 % ¹³⁷ Cs ; coeff. remise en suspension de 1 pour ¹³⁷ Cs et 5.10 ⁻³ pour ²³⁹ Pu ; taux de transfert de l'activité vers le secteur de confinement : 0.1 ; durée d'exposition : 5 mn
ACC7	< 50 µSv	OK	Incendie chariot transfert Colis bât. de surface ; 6,2.10 ⁶ Bq à 9 % ²³⁹ Pu et 91 % ¹³⁷ Cs ; coeff. remise en suspension de 1 pour ¹³⁷ Cs et 5.10 ⁻³ pour ²³⁹ Pu ; taux de transfert de l'activité vers le secteur de confinement : 0.1 ; durée d'exposition : 5 mn
ACC12	25 µSv	OK	Collision et incendie transport 6 fûts de déchets d'exploitation (484,8 MBq) en descenderie ou installation sous-terrain ; 9 % ²³⁹ Pu et 91 % ⁹⁰ Sr ; coeff. remise en suspension de 10 ⁻³ ; facteur de rétention : 0,01 ; durée d'exposition : 5 mn
ACC13	10 µSv	OK	Incendie chariot ou pont dans alvéole MA-VL avec colis CS22 ; 2,64.10 ⁶ Bq à 9 % ²³⁹ Pu et 91 % ¹³⁷ Cs ; coeff. remise en suspension de 1 pour ¹³⁷ Cs et 5.10 ⁻³ pour ²³⁹ Pu ; taux de transfert de l'activité vers la galerie d'accès MA-VL ou le local de filtration : 0.1 ; durée d'exposition : 5 mn
ACC15	1 µSv	55 µSv	Incendie robot en alvéoles stockage HA, conta surfacique de 10 colis HA ; 1,55.10 ⁶ Bq à 9 % ²³⁹ Pu et 91 % ¹³⁷ Cs ; coeff. remise en suspension de 1 pour ¹³⁷ Cs et 5.10 ⁻³ pour ²³⁹ Pu ; durée d'exposition : 5 mn

EXT1	20 mSv	OK	Déconfinement d'un ET et des CP qu'il transporte (COG-050, COG-430, CEA-050) ; coeff. remise en suspension de 10^{-5} ; facteur de rétention de l'ET : 0.1 ; durée d'exposition : 1 mn
EXT2	< 1 mSv	OK	Mobilisation activité interne de 50 fûts de déchets d'exploitation ($4,04 \cdot 10^9$ Bq à 91 % ^{137}Cs et 9 % ^{239}Pu) en cas d'incendie ; coeff. remise en suspension de $2 \cdot 10^{-1}$ pour ^{137}Cs et 10^{-3} pour ^{239}Pu ; durée d'exposition <i>supposée</i> (non indiquée) : 1 mn
EXT5	< 10 mSv	OK	Exposition externe d'un travailleur passant devant un alvéole de stockage HA dépourvu du bouchon de radioprotection ; passage à 4 km/h à 1 m d'un CS CEA-1080 en tête d'alvéole

Annexe T7. Principes de conception des ouvrages de génie civil

Bâtiment EP1

Pour ce qui concerne la tenue au séisme, l'Andra retient pour le bâtiment EP1 une conception basée sur des blocs¹ semi-enterrés en béton armé fondés sur un ensemble de radiers situés sous le terrain naturel et ne nécessitant pas la mise en œuvre de pieux. Ce bâtiment comporte jusqu'à quatre niveaux². Certains blocs sont fondés sur des radiers individuels coulés en place sur la géomembrane du dispositif de drainage, d'autres sont fondés sur des radiers communs à plusieurs blocs. Ces blocs sont généralement séparés par des joints de dilatation dont la largeur d'au moins 100 mm permet d'éviter l'entrechoquement entre blocs lors d'un séisme. L'Andra indique que la conception d'ensemble simple et régulière du bâtiment favorise le cheminement des efforts, notamment sismiques, vers les fondations par le biais d'un système de contreventement assuré par un ensemble de voiles suivant les deux directions (nord-sud et ouest-est).

Pour ce qui concerne la chute d'avion, l'Andra indique que l'essentiel des colis primaires et de stockage se situe sur un seul niveau de plain-pied (+0,00 m) semi-enterré côté nord et relié au terminal ferroviaire côté sud, ce qui permet de les protéger de la chute d'avions par les dalles des niveaux supérieurs n'abritant pas d'EIP. De manière générale, les parties sensibles du bâtiment sont donc protégées des potentiels projectiles extérieurs par des locaux périphériques dits « fusibles » abritant des équipements non sensibles. L'Andra interpose ainsi deux dalles au minimum entre les locaux contenant des colis primaires ou de stockage et le point d'impact de l'avion. La ou les dalles supérieures sont dimensionnées pour absorber, sans atteindre la ruine des structures, l'énergie de l'impact, et la dalle inférieure, dite « dalle en second rang », est dimensionnée pour résister à l'incendie qui serait provoqué par l'infiltration de kérosène dans les éventuelles fissures traversantes de la dalle ou des dalles supérieures ayant subi l'impact de l'avion. Dans certains locaux contenant des EIP ou des colis situés juste sous l'enveloppe extérieure, seules les dalles de toiture équipées de liner en sous-face sont interposées entre l'extérieur et les équipements sensibles ou les colis.

Pour ce qui concerne le risque de chute de charges, l'Andra retient une épaisseur de planchers et une quantité de ferrailage suffisantes pour assurer de faibles dommages en cas d'impact et notamment l'absence de fissures traversantes pour les dalles assurant une fonction de confinement [55].

Pour ce qui concerne la réduction des déformations différées du béton, l'Andra indique qu'à l'exception du hall de déchargement des emballages de transport, les joints de dilatation précités limitent la taille des ouvrages³ à des blocs ne dépassant pas 50 m conformément aux prescriptions de l'Eurocode 2 [56], ce qui permet selon celui-ci de réduire les effets des déformations différées du béton et ainsi d'en améliorer la durabilité.

Tête de la descenderie de service et émergences des puits d'exploitation VFE et VVE

Pour ce qui concerne la tenue au séisme, l'Andra retient une conception des bâtiments en béton armé généralement trapus avec des voiles de contreventement fondés sur radier favorisant le transfert des efforts, notamment sismiques, vers les fondations, à l'exception du chevalement en tête de puits VFE qui est élançé⁴ mais qui est toutefois ancré dans le sol par des fondations profondes.

Pour ce qui concerne la tenue à la chute d'avion, l'Andra attribue au puits VVE l'objectif de maintenir sa capacité d'extraction d'air afin de maîtriser le risque ATEX en alvéole MA-VL et retient ainsi dans ses principes de conception la mise en œuvre d'une coiffe en tête de puits VVE dimensionnée à la chute d'avion.

¹ Les blocs sont des structures en voiles et dalles d'épaisseur courante 0,80 m pour les structures internes et de 1,00 m pour les structures externes, séparées par des joints de dilatation et reposant sur des radiers d'épaisseur 1,20 m en partie courante.

² La hauteur de l'ensemble est d'environ 28 m depuis le radier jusqu'au niveau supérieur. La hauteur du bâtiment au-dessus du sol est de l'ordre de 15 m côté nord et de 23 m côté sud.

³ Le génie civil du bâtiment EP1 a une emprise au sol d'environ 170 m dans le sens nord-sud et de 170 m dans le sens ouest-est.

⁴ Cinq niveaux dont un enterré pour une hauteur totale de 52,55 m.

Ouvrages souterrains

Les structures de génie civil des installations souterraines sont les revêtements des sections courantes des galeries en béton non armé coulées en place ou constituées de voussoirs préfabriqués et le génie civil intérieur et les revêtements des galeries de section singulière en béton armé. Ces revêtements peuvent être équipés en extrados d'une épaisseur de matériau compressible testée au Laboratoire souterrain pour les différentes méthodes de creusement retenues : creusement mécanisé au tunnelier « pleine face » (TBM, *Tunnel Boring Machine*) ou au tunnelier à attaque ponctuelle (TAP) et méthode traditionnelle (CTM, *Conventional Tunneling Method*). Elles sont détaillées dans l'Annexe T10.

Les galeries du projet Cigéo ont dans l'ensemble un diamètre intrados inférieur à la dizaine de mètres, les intersections pouvant être de dimension légèrement supérieure. Le diamètre utile de galerie est par exemple pour les sections courantes des galeries de liaison MA-VL de 8,70 m pour les revêtements préfabriqués et de 8,60 m pour les revêtements en béton coffré, l'épaisseur de béton du revêtement étant respectivement de 50 cm et 60 cm avec un matériau compressible d'épaisseur 20 cm.

Annexe T8. Justifications de la durabilité du génie civil

Ouvrages de surface

L'Andra justifie la durabilité de EP1 et de la tête de descenderie colis au regard des performances visées sur une durée d'exploitation *a minima* séculaire (mêmes principes pour la descenderie de service et les puits d'exploitation air frais et air vicié) par le biais :

- du choix d'une architecture appropriée (fonctionnement structurel optimisé ; présence de joints entre blocs du bâtiment EP1 tous les 50 m pour limiter les effets du retrait et des déformations thermiques, etc.) ;
- de la définition des combinaisons de chargements ;
- de la maîtrise de la fissuration et de sa prise en compte dans les calculs de dimensionnement (critères de contraintes admissibles dans les armatures ; calculs d'ouvertures de fissures et valeurs admissibles ; méthodes de prise en compte des effets de retrait et du fluage) ;
- du choix des matériaux (e.g. pour le béton : choix approprié de la formulation du béton, choix des agrégats et des adjuvants, etc.) ;
- de l'analyse des facteurs de dégradation potentiels du béton armé (température, irradiation, corrosion, etc.) ;
- de dispositions constructives adaptées (ferrailage minimum, ferrailage de peau, enrobage minimal, valeurs maximales de diamètre et d'espacement de barres, recouvrement et arrêt de barres, protection des parties enterrées des ouvrages de surface à l'égard des infiltrations d'eau par un système d'étanchéité / cuvelage avec fonction de drainage et mise en œuvre de joints waterstops inter-blocs, etc.) ;
- de conditions d'exécution rigoureuses, dont le respect des dispositions constructives et la maîtrise de la température du béton lors de la prise ;
- de principes de maintenance et de surveillance des ouvrages de GC et de réparations qui seront déployés durant toute la phase d'exploitation.

L'Andra indique des recommandations concernant la composition du béton visant entre autres à :

- limiter les phénomènes de retrait au jeune âge (faible exothermie du ciment) ;
- diminuer la perméabilité du béton ;
- éviter les réactions internes au béton pouvant provoquer un gonflement de celui-ci : en particulier, la formulation du béton et le choix des granulats ont une influence importante pour limiter le risque de RAG.

En vue de maîtriser la fissuration et de garantir la qualité du béton, et afin d'éviter les pathologies de gonflement du béton de type RSI, l'Andra porte une attention particulière à la composition du béton et à l'évolution de la température dans les éléments en béton lors de la prise, en veillant à ce que celle-ci ne dépasse pas 65°C (ciment à faible chaleur d'hydratation, instrumentation, cure, coulage par plots, etc.).

En regard du comportement du béton et de la durabilité de l'ouvrage, l'Andra retient une température de service des ouvrages de surface ne dépasse pas 50 °C.

Concernant le suivi de l'installation en fonctionnement, l'Andra prévoit la mise en œuvre d'un système d'auscultation, le suivi et la maintenance des structures du génie civil.

L'Andra retient pour l'auscultation du bâtiment EP1 les principes suivants :

- l'instrumentation des radiers des blocs afin de pouvoir suivre l'évolution des tassements et le comportement à long terme du béton, y compris le suivi périodique des drains et des joints waterstops inter-blocs ;
- des extensomètres de type cordes vibrantes noyées dans les structures de béton afin de suivre l'évolution des déformations différées ;

- des capteurs de température et d'hygrométrie noyés dans le béton pour suivre l'évolution des paramètres de dimensionnement.

Selon l'Andra, l'atteinte des objectifs de durabilité du génie civil nécessitera le suivi des ouvrages de surface, des inspections régulières et des travaux de maintenance, dont plus particulièrement :

- le remplacement périodique des joints s'ils sont inspectables et remplaçables (le cas échéant le doublement des joints est à prévoir) ;
- la surveillance de l'étanchéité des parements externes ;
- l'entretien régulier du système de drainage gravitaire ;
- l'interprétation des mesures d'auscultation, combinée à des observations visuelles in situ, afin de définir des solutions appropriées vis-à-vis de la fissuration du béton (e.g. : rebouchage de fissures ou injection).

Ouvrages souterrains

D'une manière générale, l'Andra indique que la durabilité des ouvrages souterrains est liée à celles des armatures présentes dans les ouvrages du génie civil intérieur mais pas dans les revêtements de galerie qui ne nécessitent pas de ferrailage car entièrement comprimés du fait de la pression appliquée par le terrain, à l'exception des zones en interface avec le génie civil intérieur et des sections singulières où le béton est localement tendu. A cet effet, l'Andra prévoit le suivi de la carbonatation des bétons, principal agent corrosif des armatures, au titre de l'observation-surveillance des ouvrages. Il en est de même pour l'évolution de la fissuration, qui pourra faire l'objet d'un traitement en phases de jouvence dans les zones accessibles. Des critères d'ouverture maximale de fissures sont fixés par l'Andra pour les parties des ouvrages souterrains en béton armé. Pour les ouvrages non accessibles et pour lesquels la jouvence n'est pas possible (notamment pour les alvéoles MA-VL), l'Andra s'assure de la durabilité des bétons en protégeant les armatures, là où elles sont nécessaires, vis-à-vis de la corrosion par carbonatation sur une période de 100 ans, afin de pouvoir garantir la possibilité de retirer les colis. En particulier, des critères thermiques et d'hygrométrie sont définis en exploitation pour les alvéoles MA-VL [38] pour pouvoir maintenir ces alvéoles en fonctionnement sur une durée séculaire. La température maximale du béton doit toujours être inférieure à 65 °C en condition normale et à 80°C en situation incidentelle.

Pour ce qui concerne les alvéole HA [37], l'Andra retient une température maximale de 100°C à respecter en exploitation pour le COX et une température cible de dimensionnement des quartiers de stockage HA de 90°C, afin de préserver les propriétés favorables du COX et de rester dans un domaine de maîtrise des effets induits par la chaleur, en cohérence avec le guide n°1 de l'ASN [43]. Dans les bétons à l'interface entre l'alvéole HA et la galerie d'accès, les niveaux de température sont également limités par conception. La température doit rester inférieure à 80°C pour préserver les propriétés mécaniques vis-à-vis du risque de RSI, déjà pris en compte par ailleurs au travers de formulations de béton adaptées. Pour tenir compte des incertitudes, une marge prudente est adoptée par l'exploitant dans le dimensionnement thermique des ouvrages en retenant, en fonctionnement normal, une température maximale de 65°C.

Concernant le suivi de l'installation en fonctionnement, l'Andra prévoit la mise en œuvre d'un système d'auscultation des structures de génie civil, par exemple pour les alvéoles MA-VL [38]. A ce titre, la surveillance de la tenue mécanique du génie civil de l'alvéole MA-VL est effectuée par un suivi de l'état de ses différentes parties (cellule de manutention, partie utile et jonction de retour d'air). Ce suivi s'effectue par scan3D, inspections visuelles et instrumentation. Ce suivi nécessite selon l'Andra de disposer de l'état initial du génie civil de l'alvéole.

Pour le suivi de l'évolution du génie civil au cours du temps, les paramètres suivis au sein de l'alvéole MA-VL par l'Andra sont :

- la déformation du revêtement en béton, principalement dans la direction orthoradiale, et du GC intérieur et l'écrasement du matériau compressible dans la direction radiale ;
- la température dans le revêtement et le GC intérieur.

En complément du suivi du génie civil, l'Andra prévoit des mesures de température, de pression et de déformation dans la roche. Les technologies envisagées pour effectuer l'ensemble de ces mesures sont :

- des extensomètres en forage, des fibres optiques et des cellules de pression interstitielle pour la déformation et la pression dans la roche ;
- des extensomètres à corde vibrante en trièdres pour la déformation et des sondes platine pour la température dans le béton (revêtement et GC intérieur) ainsi que des fibres optiques mises en œuvre tout le long de la partie utile de l'alvéole pour leur capacité à mesurer de manière répartie les déformations.

Annexe T9. Exigences de comportement et critères associés au génie civil à l'égard du séisme, des actions climatiques, de la chute d'avion et de charge

Bâtiment EP1

Les exigences de comportement attribuées par l'Andra au bâtiment EP1 à l'égard du séisme et des actions climatiques sont la stabilité d'ensemble et le non-effondrement, la stabilité locale (résistance structurelle), le supportage d'équipements et la non-interaction avec les ouvrages mitoyens.

A l'égard de la tornade EF3, ces exigences sont la stabilité d'ensemble et locale de la structure porteuse. L'Andra retient également une exigence de non-perforation de la structure en regard des projectiles liés à la tornade ainsi que l'exigence de résistance à l'impact du projectile automobile de type EF3.

A l'égard de la chute d'avion militaire, ces exigences sont :

- la stabilité globale de l'ouvrage à l'égard du glissement et du renversement ;
- le maintien de l'intégrité structurelle (non-ruine) des éléments impactés de l'enveloppe extérieure (grandes déformations avec limitation des déformations plastiques des aciers à 5 %) et leur non-perforation ainsi que le maintien du confinement des éléments intérieurs assurant la rétention de la matière radioactive ;
- la non-intrusion de kérosène consécutive à la chute d'un avion, qui pourrait créer un incendie, dans les locaux comportant des matières radioactives afin de maintenir leur confinement, et le dimensionnement en conséquence de la dalle intérieure au-dessus de ces locaux pour résister à un incendie de kérosène infiltré ;
- le dimensionnement des cibles de sûreté et des équipements susceptibles de les aggraver à l'égard des effets des vibrations induites par la chute d'avion.
- Le non-écaillage de la face opposée à celle soumise à l'impact en cas de présence d'EIP dans le local sous-jacent de l'élément impacté n'est pas requis du fait de la mise en œuvre d'un liner permettant de retenir les éclats de béton. Dans le cas d'un local « fusible », aucun EIP n'est à protéger à l'égard des éclats de béton.

A l'égard des chutes de charges, ces exigences sont :

- la stabilité d'ensemble de l'élément impacté ;
- la non-perforation ;
- le non-écaillage de la face opposée à celle soumise à l'impact du missile.

Bâtiments descenderie de service, puits VVE et VFE

Les exigences de comportement attribuées par l'Andra à ces installations à l'égard du séisme et des actions climatiques sont la stabilité d'ensemble et le non-effondrement, la stabilité locale et la non-interaction avec les ouvrages mitoyens. Aucune exigence de confinement n'est requise. L'exigence de durabilité est appliquée à travers la limitation de l'ouverture des fissures.

L'Andra retient les exigences de comportement associées à la chute d'avion de l'aviation générale suivantes :

- la stabilité locale et d'ensemble de l'ouvrage ;
- la non-perforation et le non-écaillage des dalles de toiture et des voiles périphériques ;
- la garantie d'une étanchéité aux hydrocarbures.

Annexe T10. Critères de durabilité retenus pour les ouvrages souterrains

La durée de vie exceptionnelle des ouvrages souterrains, avec un minimum de réparations pendant 100 à 150 ans, et les conditions particulières d'exploitation conduisent l'Andra à considérer l'agressivité du milieu environnant (température, humidité, etc.) pour le dimensionnement des parties d'ouvrage en béton armé pour lesquelles la durabilité des armatures est liée à l'ouverture des fissures et à la carbonatation des bétons (génie civil intérieur des galeries). L'environnement souterrain de Cigéo est sec en permanence (classe d'exposition XC1) en situation normale et est considéré par l'Andra de manière conservatrice en humidité modérée (XC3) en cas de panne de la ventilation.

Les ouvrages de génie civil intérieur en béton armé font l'objet d'un calcul de vérification selon la méthode « en déformation » afin de s'assurer de la maîtrise de la fissuration en lien avec les exigences de durabilité (critère d'ouverture des fissures entre 0,2 et 0,3 mm à l'ELS_{qp} selon l'Eurocode [56]).

Annexe T11. Méthodes de creusement des ouvrages souterrains

Les méthodes de creusement des galeries envisagées par l'Andra sont :

- excavation à l'explosif pour les puits avec soutènement provisoire constitué de boulonnage, treillis soudé, béton projeté et cintres et revêtement définitif constitué d'un béton structural coulé en place avec ou sans virole métallique assurant l'étanchéité ;
- utilisation d'un tunnelier en mode « pleine face » (TBM), ou simple jupe, pour les descenderies ainsi que pour les galeries de liaison, les galeries de retour d'air (GRA) et les galeries travaux du quartier MA-VL avec pose à l'avancement du revêtement définitif constitué de voussoirs préfabriqués et de matériau compressible composé de ciment cellulaire (hors COx la conception des voussoirs est prévue rigide) ;
- utilisation d'un tunnelier à attaque ponctuelle (TAP) (ou éventuellement d'un tunnelier pleine face « rétractable » (TBMr)) pour les galeries d'accès du quartier de stockage HA1/2 et les alvéoles MA-VL (partie utile de stockage et cellule de manutention) avec pose à l'avancement de voussoirs préfabriqués et de matériau compressible ;
- creusement traditionnel (CTM) à l'aide d'une machine à attaque ponctuelle (MAP) de type fraise ou BRH avec un soutènement souple en béton projeté (fibré ou armé de treillis soudé) intégrant des cales compressibles et des boulons, voire des cintres coulissants, ce soutènement constituant un revêtement définitif ou étant associé ultérieurement à un revêtement rigide en béton projeté épais ou en béton coulé en place avec ou sans matériau compressible (conception souple ou rigide) pour les autres ouvrages (ZSL ; galeries de liaison et de recoupe des quartiers HA et galeries d'accès du quartier HAO ; galeries de collecte des GRA du quartier MA-VL ; zones singulières, intersections et galeries d'accès des alvéoles MA-VL après dépose des voussoirs pour élargissement au diamètre voulu des galeries ; etc.).

Le tunnelier simple jupe est composé de deux éléments principaux : le bouclier, où se situent les actions opérationnelles, et le train suiveur, où se situent les actions de soutien logistique. L'ensemble a une longueur de 150 m environ. Il s'agit d'une véritable usine souterraine mobile qui assure successivement ou simultanément des fonctions aussi diverses que l'abattage du terrain, la stabilisation des parois de l'excavation, la mise en place des voussoirs, l'injection du produit de bourrage, le marinage des déblais et la progression de la machine [86].

Annexe T12. Architecture de la ventilation nucléaire

La ventilation nucléaire du bâtiment EP1 est composée des réseaux suivants [55] :

- un réseau conventionnel pour les locaux classés NC ;
- un réseau I - C1 pour les locaux classés C1 ;
- un réseau IIA - C2 pour les locaux classés C2, dont le soufflage est commun avec le réseau IIIB-C4** et qui comporte un système de filtration à l'extraction composé d'un étage de filtres THE (DNF) avant rejet à l'émissaire ;
- un réseau IIIB - C4** pour les locaux classés C4** qui comporte un système de filtration au soufflage assuré par un étage de filtres THE (PNF) et un système de filtration à l'extraction assuré par deux étages de filtres THE (PNF et DNF) avant rejet à l'émissaire.

Le soufflage des réseaux NC et C1 est produit par deux centrales de traitement de l'air (CTA) à débit équivalent à 50 % du débit total en fonctionnement normal. Les CTA sont constituées d'une batterie de récupération des calories, de filtres, d'une batterie chaude et d'une batterie froide. L'extraction est réalisée par deux ventilateurs assurant chacun 50 % du débit total en fonctionnement normal. Le ventilateur d'extraction permet d'extraire un débit d'air supérieur au débit d'air soufflé en fonction de la dépression à maintenir dans les locaux. La branche du réseau d'air repris est by-passée par un réseau de rejet en toiture. Le débit d'air rejeté correspond à la différence entre débit d'air repris et débit d'air soufflé. Le by-pass réseau air rejeté permet de passer en mode tout air neuf en cas d'incendie pour éviter le recyclage des fumées. L'air des réseaux C1 est rejeté en façade.

La ventilation des locaux C2 et C4** est basée sur le principe du tout air neuf. L'unité de soufflage est mutualisée entre les locaux C2 et C4**, elle est constituée par deux CTA à débit équivalent à 50 % du débit total en fonctionnement normal et une troisième CTA complémentaire. Il y a un premier étage de filtration THE avant le soufflage dans les locaux desservis. Pour les locaux C4** une filtration supplémentaire est présente avant soufflage dans le local.

L'extraction est réalisée par deux ventilateurs assurant chacun 50 % du débit total en fonctionnement normal, complété par un extracteur de secours. Après extraction, l'air est rejeté via l'émissaire après le DNF qui est également doublé.

Le confinement dynamique de l'installation souterraine est assuré par le réseau de soufflage et d'extraction implanté dans les émergences des LSF. Tous les ouvrages souterrains y compris les LSF sont classés C1-I. Les seules exceptions concernent les alvéoles de stockage MA-VL et les locaux de filtration qui sont classés C2-IIA, selon la norme NF ISO 17873. Ainsi deux réseaux de ventilation C1 et C2 assurent le confinement dynamique de l'installation souterraine et des LSF. Cette ventilation comprend :

- une voie de traitement d'air neuf pour le soufflage des locaux C1 et C2 de l'installation souterraine (hors descenderies) composée de cinq CTA avec cinq ventilateurs de soufflage⁵ dont quatre en fonctionnement normal et un ventilateur secouru dimensionnés chacun à 25 % du débit nominal maximal. Ces équipements sont situés dans l'usine de soufflage du puits VFE ;
- un réseau d'extraction d'air des locaux C1 et C2 des quartiers HA, MA-VL et de la zone de soutien logistique extrait par cinq ventilateurs, dont quatre en fonctionnement normal et un ventilateur secouru dimensionnés chacun à 25 % du débit nominal maximal. Le réseau C2 des alvéoles MA-VL dispose en plus d'un filtre THE en DNF. Ces ventilateurs sont situés dans l'usine d'extraction du VVE ;
- un réseau d'extraction d'air C1 dédié à la descenderie service, extrait par deux ventilateurs d'extraction dimensionnés chacun à 100 % du débit nominal maximal (un ventilateur normal + un ventilateur secouru). Ces ventilateurs sont situés dans l'usine de ventilation de la tête de descenderie service ;

⁵ Le nombre de ventilateurs de soufflage mis en place est fonction du déploiement graduel de l'installation souterraine, mais *in fine* le nombre maximal de ventilateur est 5 (4 normal + 1 secouru).

- un réseau d'extraction C1 dédié à la descenderie colis, extrait par deux ventilateurs d'extraction dimensionnés chacun à 100 % du débit nominal maximal (un ventilateur normal + un secours). Ces ventilateurs sont situés dans un local dédié dans la tête de descenderie colis.

L'installation souterraine comprend une zone travaux pour le creusement (zone exempte de matière nucléaire) et une zone d'exploitation nucléaire. La ventilation de l'installation souterraine en exploitation est totalement séparée de la ventilation de l'installation en travaux, à partir de la fin de construction de la tranche 1 et de son basculement en zone exploitation. Physiquement, la zone nucléaire en exploitation et la zone en travaux sont séparées par des sas d'interface qui sont déplacés en fonction du déploiement de l'installation souterraine. Ces sas permettent de garantir l'indépendance aéraulique des deux zones. La zone travaux est en surpression par rapport au zone nucléaire en exploitation.

Le principe directeur retenu pour le système de ventilation de l'installation souterraine en exploitation est de traiter ses trois différentes zones (ZSLE⁶, quartier de stockage MA-VL, quartier de stockage HA dont le quartier pilote HA) de manière indépendante aérauliquement. Cette indépendance aéraulique permet de contrôler indépendamment les débits de ventilation et l'équilibrage de la ventilation de chaque zone à partir du plénum de ventilation situé en ZSL exploitation.

La prise d'air neuf de l'installation souterraine (usine ventilation soufflage située dans l'émergence du puits VFE) fait l'objet d'une redondance de par la présence d'une prise d'air neuf secondaire réalisée au travers de la porte d'accès matériel du chevalement du puits air frais exploitation permettant d'assurer l'alimentation en air du souterrain en cas d'indisponibilité de l'entrée d'air principale, l'usine ventilation soufflage étant non dimensionnée à la chute d'avion ; cette prise d'air secondaire permet de maintenir le flux aéraulique et la ventilation des alvéoles MA-VL pour l'évacuation des gaz de radiolyse. En cas d'indisponibilité du chevalement air frais exploitation et d'obturation du puits VFE, l'air frais peut être apporté par la descenderie de service par l'ouverture des portes des sas camion tout en conservant le fonctionnement de l'usine de ventilation du puits d'extraction d'air vicié. Cette opération conduit à une inversion du sens de l'air au niveau de la descenderie service et en plusieurs point du circuit de soufflage de la ZSLE. L'Andra s'assure qu'aucune de ces inversions ne remet en cause les cascades de dépression entre les locaux de classe de confinement différente liées aux exigences de sûreté et que le débit d'air circulant dans la descenderie service (soit 219 m³/s) est capable de couvrir les besoins en air dans l'installation souterraine notamment au regard des besoins des alvéoles MA-VL (55 m³/s). Le sens de circulation de l'air est conservé dans le quartier pilote HA, le quartier de stockage MA-VL et la descenderie colis.

⁶ La ZSLE correspond à la zone commune de soufflage et d'extraction (plenum).

Annexe T13. Dimensionnement de la ventilation – scénarios de dissémination et hypothèses retenues pour les évaluations de contamination atmosphérique

Scénarios de dissémination de substances radioactives en fonctionnement normal [63]

Dans l'installation Cigéo (bâtiment EP1, installation souterraine y compris les descenderies), le scénario 1 enveloppe est considéré en fonctionnement normal pour l'ensemble des locaux : léchage de la contamination surfacique labile des colis par la ventilation. Dans ce scénario nominal, la contamination surfacique labile des colis de déchets, des ET, des fûts, des hottes ou cuve d'effluent en transit (descenderie service) est remise en suspension par léchage de la ventilation. Le coefficient de remise en suspension du léchage retenu est 10^{-5} . La contamination surfacique retenue est 4 Bq/cm^2 en β/γ assimilé à du ^{90}Sr et $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ en α assimilé à du ^{239}Pu . L'Andra retient ces radionucléides car ils disposent des DPUI les plus pénalisantes parmi les autres radionucléides présents dans les colis de déchets.

Les colis MA-VL et HA retenus dans ce scénario dans les locaux EP1 et ouvrages souterrains concernés, précisés ci-après, sont pénalisants car ce sont les colis qui ont les surfaces externes les plus pénalisantes (et donc avec un « nb LDCA.m³.h⁻¹ » élevé), tous colis MA-VL et HA confondus (intégrant l'inventaire de réserve) :

- Familles MA-VL COG-070/COG-100/COG-110/COG-120 pour la cellule de déchargement des ET (familles pénalisantes au regard du nombre de colis possible dans un ET) ;
- Famille MA-VL CEA-231 pour tous les autres locaux du bâtiment EP1 et de l'ouvrage souterrain où circulent des colis primaires MA-VL ;
- Familles HA CEA-1070/CEA-1080/CEA-350 en colis de stockage (CS 15) ;
- Pour les hottes de transfert MA-VL ou HA : colis de stockage MA-VL de la famille CEA-231 (CS 7), sans tenir compte de la présence de la hotte.

Dans le bâtiment EP1, un autre scénario (scénario 2) est considéré en fonctionnement normal pour les locaux de réouverture de colis de stockage HA ou MA-VL : opération de découpe du couvercle du conteneur de stockage pour les locaux cellules de réouverture de colis HA ou MA-VL. Lors de la découpe des couvercles des conteneurs de stockage HA, l'outil de découpe n'atteint pas le colis primaire HA, et pour les conteneurs de stockage MA-VL clavés, la découpe se fait dans le liant de clavage, ce qui permet à l'Andra de s'assurer que seule la contamination surfacique du colis primaire est remise en suspension, et non l'activité interne du colis. Le coefficient de remise en suspension lors de la découpe est pris égal à 1. La surface de découpe retenue prend en compte l'épaisseur du trait de coupe et la dimension de la périphérie du conteneur.

Scénarios de dissémination de substances radioactives en fonctionnement accidentel [63]

Concernant les scénarios de chutes de colis en situation accidentelle, il est à noter que certaines familles de colis MA-VL, déjà produites et disposant d'un nombre limité de colis de déchets, ne disposent pas de hauteur de qualification à la chute (CEA-290, CEA-300 et CEA-310). Ces colis ne sont pas retenus pour le dimensionnement de l'installation au regard de leur nombre limité et ne font pas l'objet de dispositions particulières. Afin de respecter les classes de confinement des locaux en cas de perte de confinement de ces colis, le producteur du colis doit justifier que le potentiel de contamination atmosphérique remis en suspension à la suite d'une chute du colis primaire d'une hauteur de 1,2 mètre sur une dalle indéformable provoquant le dommage maximal du point de vue du confinement est inférieur à $1,8 \cdot 10^6 \text{ LDCA.m}^3$. La définition de ce seuil par l'Andra correspond au produit du volume du local C1 dimensionnant de l'installation (parc à hotte) par le seuil en nombre LDCA de la classe C1 en fonctionnement accidentel, qui intègre le facteur d'atténuation du conteneur de stockage de 10^{-2} en cas de chute.

Les scénarios enveloppes ci -après sont considérés en fonctionnement accidentel dans les différents locaux du bâtiment EP1 :

- Scénario i) Chute du colis ou choc/collision, sans perte du confinement du colis pour les locaux (classés C1 ou C2) où la hauteur de manutention du colis est inférieure à la hauteur de qualification des colis. Dans les cas de chute d'une hauteur inférieure à la hauteur de qualification du colis (1,2 m pour les colis MA-VL, 9 m pour les colis HA) seule la contamination surfacique du colis est mobilisée. La contamination surfacique retenue est 4 Bq/cm^2 en β/γ assimilé à du ^{90}Sr et $0,4 \text{ Bq/cm}^2$ en α assimilé à du ^{239}Pu . Le coefficient de remise en suspension dû à la chute est retenu à 10^{-3} .
- Scénario ii) Séisme touchant les locaux d'entreposage des déchets induits (classés C2) sans perte du confinement des fûts de déchets. Le séisme est le scénario enveloppe de dimensionnement des locaux d'entreposage des fûts de déchets induits y compris le sas camion, sans perte de confinement des fûts, ces derniers étant manutentionnés au sol sur palette. Les fûts disposent d'une qualification à la chute de 1,2 m, aussi le séisme ne mobilise que la contamination surfacique des fûts. Le coefficient de remise en suspension dû au séisme est retenu à 10^{-4} .
- Scénario iii) Chute de filtre THE lors de son remplacement pour les locaux filtration (classés C2). Pour les locaux de filtration DNF et PNF, l'Andra considère en situation accidentelle une chute du filtre THE lors de son remplacement. Le filtre est contenu dans une sache vinyle au moment de sa chute. Le coefficient de remise en suspension (associé à la chute de poudre) retenu vaut 10^{-3} et le facteur de rétention pris en compte pour ce scénario (lié à la sache vinyle contenant le filtre) vaut 10^{-1} . Concernant le terme source des filtres usagés, l'activité dans les filtres est définie en tenant compte de l'activité remise en suspension en fonctionnement normal dans les locaux ventilés du bâtiment EP1 due au léchage de la contamination surfacique labile des colis de déchets (scénario 1 ci-avant) pendant une durée d'exploitation de 5 ans.
- Scénario iv) Chute du colis avec perte du confinement du colis pour quatre locaux où la hauteur de manutention est supérieure à la hauteur de qualification des colis (classés C4**). Pour quatre locaux du bâtiment EP1 (cellule de déchargement des ET, cellule de préparation des conteneurs de stockage, cellule de réouverture des colis de stockage MA-VL et cellule de préparation aux contrôles), la hauteur de manutention des colis est supérieure à la hauteur de qualification des colis, et le scénario considère la chute du colis (colis primaire ou colis de stockage) avec perte de confinement du colis. Les coefficients de remise en suspension et de rétention pris en compte pour ce scénario sont donnés dans le Tableau T13-1. Il est à noter que le coefficient de rétention lié au conteneur de stockage doit être vérifié par des essais que l'Andra prévoit de mener.
- Scénario v) Rupture de cuves d'effluents liquide pour les locaux cuves effluents (classé C1). En cours d'instruction, l'Andra a transmis l'évaluation du niveau de contamination dans les locaux de collecte des effluents potentiellement contaminés pour le scénario de rupture des cuves : local cuve des effluent douteux comprenant une cuve de 15 m^3 , et local cuve d'effluents douteux de la zone contrôles hors flux comprenant une cuve de 15 m^3 et une cuve de 2 m^3 . Le coefficient de remise en suspension dû à la chute de liquide est retenu à 10^{-5} (Source Handbook) ; le coefficient issu des fiches BADIMIS de l'IRSN étant égal à $2,5 \cdot 10^{-6}$, l'Andra retient un coefficient pénalisant.

Tableau T13-1. Coefficient de remise en suspension et de rétention pour le scénario de chute de colis avec perte de confinement

Coefficient de remise en suspension	10^{-3}
Facteur de rétention lié à la matrice du colis	1 à 10^{-2}
Facteur de rétention lié au conteneur du colis primaire	10^{-1} à 10^{-2}
Facteur de rétention lié au conteneur de stockage (cas chute hauteur < 2,3 m)	10^{-2}

Les scénarios ci-après sont considérés par l'Andra en fonctionnement accidentel dans les descenderies colis et service (classés C1) :

- Scénario a) Choc/collision de la hotte MA-VL sans perte du confinement du colis MA-VL (en descenderie colis) ;
- Scénario b) Incendie du funiculaire transportant une hotte HA sans déconfinement (en descenderie colis).

En descenderie colis, l'exploitant considère que la chute d'une hotte en transit *via* le funiculaire est impossible au regard de l'ensemble des dispositions mises en place. Ainsi, seuls les scénarios accidentels de choc/collision de la hotte en transit et d'un incendie du funiculaire, sans perte de confinement, sont considérés.

Dans le scénario a), l'Andra considère une hotte MA-VL contenant un colis de stockage avec une surface plus importante que les colis de stockage HA pouvant être contenus dans une hotte HA. Etant donné que seule la contamination surfacique du colis est mobilisée, ce cas est plus pénalisant. Le coefficient de remise en suspension dû à un choc/collision est retenu à 10^{-3} .

Dans le scénario b), l'Andra considère une hotte HA, qui conduit à un niveau de contamination plus élevé par rapport à une hotte MA-VL. En effet, pour cette dernière, l'Andra applique un coefficient de rétention en cas d'incendie de 10^{-1} . Concernant les autres hypothèses, le spectre de répartition de la contamination surfacique labile des colis en cas d'incendie retenu est 91 % en β/γ (^{137}Cs) et 9 % en α (^{239}Pu) avec les fractions de remise en suspension en cas d'incendie suivantes : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu , correspondant à une grandeur caractéristique de contamination dans l'air en cas d'incendie de $1,09.10^{-02}$ LDCA.m³.cm⁻² (la LDCA du mélange vaut 404 Bq/m³ avec les DPUI de l'arrêté de 2003).

- Scénario c) Collision du véhicule de transport transportant des fûts contenant des filtres THE usagés (en descenderie service). L'Andra considère la chute de 6 fûts de déchets d'exploitation contenant des filtres THE usagés au moment de la collision impliquant le véhicule de transport. Les filtres THE usagés sont contenus dans une sachette vinyle, qui est ensuite mise dans un fût. Les coefficients de remise en suspension et de rétention pris en compte pour ce scénario sont donnés dans le Tableau 2. Concernant le terme source des filtres usagés, l'activité dans les filtres est définie en tenant compte de l'activité remise en suspension en fonctionnement normal dans les alvéoles MA-VL due au léchage de la contamination surfacique labile des colis de déchets (scénario normal 1) sur une durée d'exploitation de 3 ans.

Tableau T13-2. Coefficient de remise en suspension et de rétention pour le scénario de chute de fûts de filtres THE usagés.

Coefficient de remise en suspension (associé à la chute de poudre)	10^{-3}
Facteur de rétention du fût	10^{-1}
Facteur de rétention du caisson du véhicule de transport	10^{-1}

Les scénarios ci-après sont considérés en fonctionnement accidentel dans les ouvrages souterrains (classés C1, sauf les alvéoles, cellules de manutention et les locaux DNF qui sont classés C2).

Galerie de transfert ZSLE et galerie liaison et accès MA-VL :

- Scénario I) Choc/collision de la hotte MA-VL sans perte du confinement du colis MA-VL transporté ;
- Scénario II) Incendie du funiculaire ou du chariot de transfert de la hotte HA sans perte du confinement du colis HA transporté (seulement en galerie de transfert ZSLE).

Les hypothèses et la démarche retenues sont identiques aux scénarios accidentels a) et b) de la descenderie colis explicités précédemment.

Galerie de liaison et d'accès HA :

- Scénario III) Incendie du robot pousseur ou du robot de retrait de l'alvéole HA lors d'une phase de mise en stockage ou de retrait d'un colis, sans perte du confinement des colis HA impliqués. Les hypothèses

retenues sont identiques à celles du scénario b) de l'incendie en descenderie colis explicités précédemment, mais en prenant en compte 10 colis de déchets HA impliqués dans l'incendie.

Cellule de manutention MA-VL :

- Scénario IV) Chute d'un colis lors de sa manutention sans déconfinement dans la cellule de manutention MA-VL (hauteur de levage inférieure à la hauteur de qualification des colis). Les hypothèses retenues sont identiques à celles du scénario i) de chute de colis sans perte de confinement dans le bâtiment EP1. L'Andra considère de plus deux configurations enveloppes afin de prendre en compte des volumes libres différents pour chaque cas : la cellule de manutention associée à l'alvéole contenant des colis CS6 et la cellule de manutention associée aux autres alvéoles.

Partie utile des Alvéoles MA-VL et local d'entreposage déchets en ZSLE :

- Scénario V) Séisme en alvéoles sans déconfinement des colis stockés. Le séisme est le scénario enveloppe de dimensionnement des alvéoles MA-VL et du local d'entreposage déchets en ZSLE, sans perte de confinement des colis MA-VL (alvéole MA-VL) et des fûts (local d'entreposage déchets en ZSLE). Le séisme mobilise uniquement la contamination surfacique des colis. Le coefficient de remise en suspension du au séisme est retenu à 10^{-4} . Pour les alvéoles, le volume libre des alvéoles considéré correspond au volume libre lorsque les alvéoles sont pleins.

Local filtration DNF des alvéoles MA-VL :

- Scénario VI) Chute d'un filtre usagé sous sache lors de son changement en local DNF. Les hypothèses retenues sont identiques à celles du scénario iii) de chute de filtre THE, mais en utilisant une activité interne de filtre définie en tenant compte de l'activité remise en suspension en fonctionnement normal dans les alvéoles MA-VL due au léchage de la contamination surfacique labile des colis de déchets (scénario 1) d'une durée d'exploitation de 3 ans.

Galerie de retour d'air MA-VL :

- Scénario VII) Collision du véhicule de transport transportant des fûts contenant des filtres THE usagés. Les hypothèses retenues sont identiques à celles du scénario c) en descenderie service.

Annexe T14. Conduite de la ventilation nucléaire

L'ensemble fonctionnel ventilation nucléaire intègre les fonctions de pilotage automatique, dont la régulation des différents niveaux de dépression, de la ventilation nucléaire dans les modes de fonctionnement normal, dégradé, incidentel ou accidentel. En fonctionnement normal, l'exploitation de la ventilation nucléaire se fait en mode automatique avec reports d'informations au poste central de sécurité et à la salle de conduite centralisée. Si nécessaire, et sous couvert d'interverrouillages entre les moyens de pilotage, des actions de conduite à distance peuvent être réalisées à partir de la salle de conduite centralisée, du poste central de sécurité ou en local à partir des interfaces en face avant des armoires contrôle-commande ventilation [35].

Conduite de la ventilation du bâtiment EP1 en situation d'incendie

La conduite de la ventilation en situation d'incendie retenue par l'Andra est la suivante [55] :

- dans les locaux non sectorisés de classe de confinement C1, le soufflage et l'extraction sont maintenus ;
- dans les locaux non sectorisés de classe de confinement C2, le soufflage et l'extraction sont maintenus tant que les seuils limites de la protection des filtres (température, colmatage et fumées) ne sont pas atteints. Ensuite, le soufflage et l'extraction sont arrêtés ;
- dans les locaux secteur de feu ou zone de feu et de classe de confinement NC/C1, le soufflage et l'extraction sont coupés par la fermeture des clapets coupe-feu du local en cas de détection incendie ;
- dans les locaux secteur de feu ou zone de feu et de classe de confinement C2/C4**, le soufflage est coupé sur détection incendie par la fermeture automatique des clapets coupe-feu situés en entrée d'air du local et l'extraction est maintenue. Lorsque les seuils limites de la protection des filtres du DNF (température, colmatage et fumées) sont atteints, la fermeture de l'extraction du local est réalisée par la fermeture automatique des clapets coupe-feu. Le confinement dynamique dans le local concerné n'étant alors plus maintenu, les fuites éventuelles sont reprises par la ventilation des locaux adjacents qui constituent un secteur de confinement (lorsqu'il est nécessaire).

Conduite de la ventilation du bâtiment EP1 en situation de dysfonctionnement (perte ventilateur)

En cas de perte d'un ventilateur d'extraction ou de soufflage, le ventilateur de secours associé est démarré automatiquement.

La perte totale du confinement dynamique implique une mise à l'état sûr de l'installation par l'intermédiaire d'un arrêt de l'exploitation, de l'affalage des colis en cours de manutention ainsi que la mise en confinement statique des locaux concernés par la perte de la ventilation via la fermeture des clapets coupe-feu et des registres d'isolement. Cet état sûr atteint, une maintenance corrective est ensuite réalisée.

Dans le cas spécifique d'une perte du réseau de soufflage de la ventilation nucléaire (en cas de défaillance électrique ou de séisme notamment), il est à noter que la ventilation d'extraction permet à elle seule de maintenir la fonction de confinement dynamique et de surveillance. Les débits d'extraction sont adaptés pour maintenir les cascades de dépression entre les locaux de classe de confinement différentes [51].

Conduite de la ventilation de l'installation souterraine en situation d'incendie

L'Andra précise les principes et actions de pilotage associées à la ventilation en situation d'incendie dans chaque zone de l'installation souterraine [66].

Lors d'un incendie en cellule de manutention ou en partie utile d'un alvéole MA-VL (classés C2), les actions sont les suivantes :

- fermeture des clapets coupe-feu situés à l'admission d'air de la cellule de manutention avec le maintien de l'extraction de l'alvéole MA-VL ;
- surveillance des paramètres associés aux filtres THE de l'alvéole (colmatage, température, fumée) ;

- fermeture automatique du clapet coupe-feu à l'extraction (mise en confinement statique de l'alvéole) sur atteinte de température élevée en amont des filtres, du seuil de colmatage des filtres, et de détection de fumée en aval des filtres.

En cas d'incendie dans les autres ouvrages de l'installation souterraine, l'objectif est d'isoler les galeries/locaux concernés par la fermeture des clapets coupe-feu à l'admission et à l'extraction avec l'arrêt du ventilateur ou du surpresseur des recoupes si ces équipements sont présents dans les ouvrages.

En cas d'incendie en galeries (galeries de liaison MA-VL, galerie d'accès MA-VL, galerie retour d'air MA-VL, galerie de liaison du quartier HA, galerie d'accès quartier pilote HA, galeries de la ZSLE, etc.), les portes de compartimentage qui encadrent la zone en feu sont fermées et la baie de transfert au niveau de la porte de compartimentage située en amont du feu est ouverte. Pour un incendie en galerie de liaisons et d'accès MA-VL d'une part, puis en galeries retour d'air MA-VL d'autre part, ce sont respectivement les alvéoles MA-VL et les locaux DNF qui sont mis en confinement statique par la fermeture des clapets coupe-feu.

Le désenfumage de certains ouvrages se fait par des moyens mobiles (pour la zone démonstrateur de scellement) ou le surpresseur est maintenu (pour la galerie d'accès au quartier pilote HA) afin d'assurer une mise à l'abri des fumées de la recoupe et de la galerie évacuation-secours.

En cas d'incendie dans les descenderies colis ou service, les ventilateurs dédiés en tête de descenderie colis et tête de descenderie service ne sont pas arrêtés mais ils passent à un régime « mode incendie » afin de maintenir la ventilation pour la gestion des fumées. Les surpresseurs des recoupes situés en descenderies qui aspirent l'air depuis la descenderie sinistrée sont arrêtés, et les surpresseurs situés du côté de la descenderie exempte de fumée sont mis en marche.

Conduite de la ventilation de l'installation souterraine en situation de dysfonctionnement (perte ventilateur)

En cas de perte d'un ventilateur d'extraction ou de soufflage de l'installation souterraine (hors descenderie), le ventilateur de secours associé est démarré automatiquement. En cas de perte de deux ventilateurs d'extraction ou de soufflage simultanément de l'installation souterraine (hors descenderie), les ventilateurs restants fonctionnels sont dimensionnés pour passer d'un mode de fonctionnement normal correspondant à 25 % du débit total à un mode de fonctionnement maximal à 33 % du débit total. Le fonctionnement avec trois ventilateurs de soufflage ou d'extraction (comprenant le secouru qui aura été enclenché) au lieu de quatre ventilateurs est pris en compte dans le dimensionnement de la ventilation de l'installation souterraine en exploitation et n'entraîne pas de conséquences sur l'exploitation.

En cas de perte d'un ventilateur d'extraction de la descenderie colis ou de service, le ventilateur de secours associé est démarré automatiquement. En particulier, en cas de perte d'un surpresseur des recoupes d'évacuation-secours, de la ventilation des recoupes borgnes et des locaux techniques, le ventilateur ou le surpresseur de secours est démarré automatiquement.

La perte totale de confinement dynamique implique néanmoins une mise à l'état sûr de l'installation par l'intermédiaire d'un arrêt de l'exploitation, de l'affalage des colis en cours de manutention ainsi que la mise en confinement statique des locaux concernés par la perte de la ventilation. Il est par ailleurs retenu en principe directeur une conception suffisamment robuste de la ventilation de l'installation souterraine pour limiter l'indisponibilité globale du système de ventilation de l'installation souterraine sur un délai maximal de 90 jours.

Annexe T15. Maîtrise du risque de criticité – types de colis de déchets et données correspondantes

Dans cette annexe, CP désigne un colis primaire, CtS un conteneur de stockage et CS un colis de stockage (colis primaire(s) en conteneur de stockage ou colis primaire destiné au stockage direct).

Tableau T15-1. Types de colis de déchets MA-VL et données correspondantes (caractéristiques, conditionnements, hypothèses des études de criticité et masses de matières fissiles maximales admissibles).

Types de colis (n) correspond au nombre de CP par CtS ou panier HxL/H'xL' correspond aux nombres de niveaux et de rangs de CS réels/étudiés par tranche d'alvéole SD correspond à des colis en stockage direct	Masses MF maximales réelles (g)	Masses MF admissibles (g) ou teneurs en UO ₂ résiduel admissibles pour les colis de coques et embouts	
		Configurations en surface (entrepôts de CP et CS)	Alvéole en exploitation
CS1 EIP ou 500 L FI (2) 2x3/3x3	35	couverts par CS4.1 avec surfûts EIP	
CS1 500 L FI (2) 3x3/3x3	80		
CS2.1 CAC (1) 3x3/3x3	87,5	205 Hétérogène, béton CP-MA-VL-3	242 Hétérogène, béton CS-MA-VL-3
CS2.1 CBF-C'2 (1) 3x3/3x3	70	couvert par CS2.1 avec coques amiante-ciment	
CS2.2 CSD-C (4) 3x3/3x3	117,5	450 MFR PuO ₂ -Zr-eau CP spécifique	900 MFR PuO ₂ -Zr-eau, CP CS-MA-VL-2
CS2.3 500 L MI (2, gerbés)	182,2	205	217

3x3/3x3		Hétérogène, béton CP-MA-VL-3	Hétérogène, béton, CP CS-MA-VL-4
CS3 C&E cimentés (1) 2x3/infini	345	Taux d'oxyde 13.3/7.0/4.7/3.5 % pour % ²³⁵ U=2/3/4/5 MFR tubes Zr-UO ₂ , milieu infini	
CS3 F&R cimentées (1) 2x3/3x3	Inconnue (colis futurs)	460 Homogène, ciment CP spécifique	460 Homogène, ciment, CP CS-MA-VL-3
CS4.1 Surfûts EIP (4) 3x3/3x3	35	165 Hétérogène, béton CP-MA-VL-1	217 Hétérogène, béton CS-MA-VL-1
CS4.1 Fûts 223 L (4) 3x3/3x3	10	couvert par CS4.2	
CS4.2 Fûts 218 L (5) 3x3/3x3	10	155 Hétérogène, béton CP-MA-VL-2	209 Hétérogène, béton CS-MA-VL-5
CS5.1 870 L FI (1) 3x3/3x3	133	205 Hétérogène, béton CP-MA-VL-3	244 Hétérogène, béton CS-MA-VL-3
CS5.2 Divers (1) 3x3/3x3	1,25	exempté d'étude de criticité car masse MF < 5 g	
CS5.4 PIVIC (4) 3x3/3x3	Inconnue (colis futurs)	Conditionnement abandonné au stade du DDAC	
CS6 Conteneur acier 2979 L (1) 1x1/SO	650 (²³⁵ U)	exempté d'étude de criticité car enrichissement ²³⁵ U < 1%	
CS7 Conteneur acier 5000 L (1) 2x2/SO	non précisée	exempté d'étude de criticité car enrichissement ²³⁵ U < 1%	
CS21 C1PG en SD ?/SO	1,2	exempté d'étude de criticité car masse MF < 5 g	
CS22 CSD-C en SD (6)	117,5	450	340

2x3/3x3		MFR PuO ₂ -Zr-eau CP spécifique	MFR PuO ₂ -Zr-eau CP spécifique
CS23 CBF-C'2 en SD 3x6/3x6	70	205 Hétérogène, béton CP-MA-VL-3	199 Hétérogène, béton CP-MA-VL-3
CS24 870 L FI en SD 4x5/4x5	133	205 Hétérogène, béton CP-MA-VL-3	205 Hétérogène, béton CP spécifique
CS24 870 L FI homogène en SD 4x5/4x5	133	> 205 (couvert par CS 24 hétérogène) CP spécifique	>> 200 (k _{eff} 0,892) Homogène, eau CP spécifique
CS25 type ½ CS2 en SD ?/SO	Inconnue (colis futurs)	Non étudiés pour la DAC. Conditionnement réalisé par le producteur en respectant les dimensions maximales du conteneur parallélépipédique Andra « ½ CS2 ».	
CS26 500 L FI en SD avec panier (4) 3x3/4x3	80	> 245 (non calculée si homogène/eau, mais supérieure à celle en alvéole, cf. comparaisons dans le cas hétérogène /béton) CP-MAVL-3	245 g Homogène, eau CP-MA-VL-3
CS27 type CS2 en SD ?/SO	Inconnue (colis futurs)	Non étudiés pour la DAC. Conditionnement réalisé par le producteur en respectant les dimensions maximales du conteneur parallélépipédique Andra « CS2 ».	

Tableau T15-2. Types de colis de déchets HA et données correspondantes (caractéristiques, conditionnements, hypothèses des études de criticité et masses de matières fissiles maximales admissibles).

Types de colis (n) correspond au nombre de CP par CtS	Masses MF maximales réelles (g)	Masses MF admissibles (g)
		Hypothèses associées : - Homogène (MF centrée) ou hétérogène (MF décentrée) - Matrice eau (brouillard ou épaisseurs variables) ou verre - Mention « CP » si le conteneur CP est modélisé à l'intérieur du modèle du CS - Eventuel MFR spécifique - CP enveloppe / CS enveloppe si stockage en CtS

		Configurations en surface (entrepôts de CP et CS)	Configurations en alvéoles
CS10-1 HA PIVER type I (2, gerbés)	153,3	120 Hétérogène, verre CP-HA, CS-HA	175 Hétérogène, verre CS-HA-UC n°6
CS10-2 HA PIVER type II (1)	2,12	exempté d'étude de criticité car masse MF < 5 g + couvert par les calculs de CS 10-1 avec deux CP gerbés	
CS10-3 HA PIVER type III (1)	176	couvert par les calculs de CS 10-1 avec deux CP gerbés	
CS10-4 HA PIVER type IV (1)	134,1	couvert par les calculs de CS 10-1 avec deux CP gerbés	
CS13 HA CSD-U ou CSD-RU (1)	22,4	120 g Hétérogène, verre	175 g Hétérogène, verre
CS13 HA CSD-B ou CSD-RB (1)	63	CP-HA, CS-HA	CS-HA-UC n°6
CS14 HA CSD-V (1)	36		
CS15 HA AVM (2, gerbés)	86		

Annexe T16. Scénarios d'incendie retenus par l'Andra

Scénarios d'incendie de dimensionnement

Dans l'installation de surface, pour évaluer la vulnérabilité des colis en situation d'incendie, l'Andra retient l'incendie [51] :

- du bras robotisé dans la cellule de contrôle (C5) ;
- du transbordeur avec chariot palette lors des transferts dans les couloirs process vers la zone d'entreposage tampon.

L'Andra conclut que, pour ces scénarios, les températures au niveau des déchets restent relativement faibles et ne conduisent pas à la dispersion des substances radioactives en dehors des colis.

Dans la descenderie colis [51][70], l'Andra retient des scénarios d'incendie en gare haute (funiculaire) et en gare basse (funiculaire et carrousel) associés à la performance de la hotte (dimensionnée à la courbe ISO 834 pendant 2 h). Selon l'Andra, les courbes de feu réel ne conduisent pas à des températures importantes à l'intérieur de la hotte et des colis transportés ; le confinement des colis n'est pas dégradé.

Dans la descenderie de service [51], l'Andra retient un scénario d'incendie du véhicule de transport des fûts de déchets d'exploitation et conclut que ce scénario ne conduit pas à une remise en suspension de l'activité radiologique présente dans les fûts.

Dans les alvéoles de stockage [70], l'Andra retient l'incendie :

- d'un seul équipement (table de réception, élévateur, pont stockeur) de la cellule de manutention de l'alvéole MA-VL ;
- du pont stockeur dans la partie utile de l'alvéole MA-VL (avec prise en compte de la défaillance du système d'extinction embarqué sur le pont). Quel que soit le mode de stockage, l'Andra indique que les températures atteintes au niveau des déchets ne conduisent pas à une dispersion des substances radioactives contenues dans les colis ;
- du robot de mise en place des colis en alvéole HA. D'après l'Andra, le flux thermique (très inférieur à 10 kW/m²) n'entraîne aucune déformation au niveau des cibles analysées et la température dans l'ambiance de l'alvéole et au niveau du déchet ne dégrade pas le colis.

Scénarios d'incendie d'extension du dimensionnement

Dans les installations de surface, l'Andra considère les mêmes scénarios que pour les incendies de dimensionnement mais en tenant compte d'un aggravant [51] :

- l'incendie du bras robotisé dans la cellule C5, sans fermeture des clapets coupe-feu. L'Andra indique que les températures dans les colis sont faibles (inférieures à 100 °C) et que les substances radioactives restent confinées dans les colis primaires ;
- l'incendie du transbordeur avec chariot palette lors des transferts dans les couloirs process vers la zone tampon, en considérant la propagation à l'ensemble des charges calorifiques présentes. Selon l'Andra, les températures dans les colis ne conduisent pas à la remise en suspension de l'activité interne.

Dans la descenderie colis, l'Andra retient un incendie qui se propage à l'ensemble des équipements présents en gare haute ou basse, tels que le chariot funiculaire, la navette ou le chariot de fond et la hotte (pour le transfert de colis HA enveloppe de la situation d'incendie). Selon l'Andra, le confinement des colis n'est pas dégradé grâce à la performance de la hotte conçue pour résister à un feu ISO 834 pendant 2h [51].

Dans la descenderie de service, l'Andra retient un incendie du véhicule de transport des fûts d'exploitation à la suite d'une collision et évalue, en l'absence d'une conception détaillée du véhicule à ce stade, les conséquences sur ces fûts en considérant une remise en suspension de l'activité radiologique présente [51].

Dans les alvéoles de stockage, l'Andra retient l'incendie [51] :

- des équipements de la cellule de manutention d'un alvéole de stockage MA-VL. Les résultats de l'agression thermique de ces incendies sur les différents types de colis, quel que soit le mode de stockage, montrent, d'après l'Andra, que les températures atteintes au niveau des déchets ne conduisent pas à la remise en suspension de l'activité interne des colis ;
- du pont stockeur dans la partie utile de l'alvéole MA-VL. Ce scénario ne peut concerner que l'incendie du pont stockeur en l'absence d'autres équipements dans la partie utile de l'alvéole de stockage. Par conséquent, la situation d'incendie de dimensionnement est enveloppe des situations pour évaluer les effets de l'incendie sur les colis de stockage.

Annexe T17. Référentiel technique pour le dimensionnement des équipements mécaniques

Le référentiel technique devra permettre à l'Andra et aux maîtres d'œuvres d'avoir des hypothèses d'études homogènes permettant le dimensionnement des différents équipements de manutention et avec le niveau d'exigence nécessaire au domaine du nucléaire. La présente annexe décrit, de manière non-exhaustive, les points clés à définir dans un référentiel technique.

Durée d'exploitation et durée d'utilisation

Il est important de définir pour chaque équipement la durée d'exploitation attendu de son environnement (le nombre d'année des différentes phases de vie du système) et la durée d'utilisation de l'équipement dans cet environnement (le nombre de cycle d'utilisation et la temporalité des cycles).

Pour des moyens de manutention, le nombre de cycle d'utilisation totale et le spectre de charge sont des paramètres importants pour définir les chargements à étudier et les critères de tenue à la fatigue.

Fonctions de sûreté

Les fonctions de sûreté des équipements doivent être définies afin de bien identifier les exigences fonctionnelles et les critères associés.

Les fonctions de sûreté associées aux équipements peuvent être de plusieurs catégories, notamment :

- confinement des substances ;
- maîtrise du risque de criticité ;
- protection des personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants.

Exigences fonctionnelles

Les exigences fonctionnelles des équipements sont à définir en tenant compte des fonctions de sûreté et de l'environnement d'utilisation de l'équipement.

Les exigences fonctionnelles des équipements de manutention peuvent être de plusieurs types :

- intégrité : l'équipement ne doit pas se casser ou perdre des pièces ;
- maintien de l'étanchéité : l'équipement doit garder l'étanchéité de son enceinte ;
- opérabilité : l'équipement doit pouvoir être utilisé.

Situations de fonctionnement

Il est important de définir l'ensemble des situations probables, et de les classer en fonction de leur fréquence d'apparition et des exigences associées à l'équipement.

Les situations de fonctionnement couvrent aussi bien les situations normales de services (divers types de charge, nombre de cycle, essai, ...) que les situations accidentelles (séisme, incendie, collision, chute, ...).

Actions et combinaison d'actions

Il est important que le référentiel technique définisse les actions et combinaisons d'actions à prendre en compte pour la conception des structures.

Les actions peuvent être des actions due au fonctionnement normal de l'équipement (levage de charge d'utilisation, levage de charge d'essai, accélération de translation, charge d'entretien, variation de température, ...) ou due aux situations accidentelles (accélérations dues aux séismes, vibrations induites par la chute avion, montée en température due à l'incendie, ...).

Les combinaisons de charges doivent être déterminées afin de satisfaire aux exigences de sûreté. Elles doivent prendre en compte les possibles combinaisons de situations (séisme en charge ou à vide, incendie en utilisation, incendie due au séisme, ...).

Critères de dimensionnement

Il est important que le référentiel technique fixe les critères de dimensionnement en fonction des précédentes données.

Un critère de dimensionnement est défini pour une combinaison d'actions correspondant à une situation donnée pour justifier du respect d'une exigence fonctionnelle et du maintien des fonctions de sûreté.

Les critères de dimensionnement des codes industriels standard ne sont pas tous compatibles avec les exigences fonctionnelles liés au domaine nucléaire. Notamment les critères de base de dimensionnement des assemblages selon l'Eurocode ne permettent pas de justifier de la capacité fonctionnelle des assemblages car ce dernier peut autoriser la plastification.

Annexe T18. Aléa sismique en phase d'exploitation - Calcul IRSN de la propagation des incertitudes au niveau SMS

L'IRSN a effectué des calculs de propagation des incertitudes au niveau SMS afin d'analyser les marges des spectres de dimensionnement établis par l'Andra vis-à-vis des incertitudes relatives aux spectres SMS. Ces calculs s'appuient sur les éléments présentés par l'Andra dans le DDAC et sur des éléments transmis au cours de l'instruction [T18-1][T18-2]. En particulier, le calcul de l'IRSN s'appuie sur les paramètres spécifiques aux huit modèles de prédiction du mouvement du sol (GMM) précisés par l'Andra et sur leur implémentation dans la librairie de codes « hazardlib » d'OpenQuake [T18-3] (v3.13, vérifications effectuées avec v3.20). Le calcul de l'IRSN ne vise qu'à analyser la partie haute fréquence des spectres de dimensionnement. Par conséquent, seuls les séismes de Clairvaux (zonages GTR, EDF et BRGM) et Bitche (zonage IRSN), dont les spectres enveloppent ceux des autres séismes de référence à haute fréquence, ont été considérés dans les calculs de l'IRSN. Cette annexe présente la méthode suivie étape par étape.

Dans une première étape, pour chaque zonage (GTR, EDF, BRGM et IRSN non agrégé), plusieurs milliers de scénarios par séismes de référence sont générés (incertitudes sur les scénarios). La Figure T18-1 illustre ces informations. Les paramètres explorés correspondent à la distance épacentrale du séisme ('dist') qui prend en compte une incertitude sur les positions des limites de zone, aux magnitudes ('Mw' SMHV, et sa conversion en 'Mw_SMS'), aux profondeurs hypocentrales H ('depth'), à l'orientation de la faille ('strike', 'dip'), à la position de l'hypocentre sur le plan de faille (Along-Strike 'AS', Along-Dip 'AD'), à la dimension de la faille ('epsilon', et en retour 'length_SMS' et 'width_SMS'). Les paramètres des GMM : 'rjb_SMS', 'rrup_SMS', 'ztor_SMS' sont déduits des dimensions de la faille et de la position hypocentrale.

Mw	DIST	R	DEPTH	STRIKE	DIP	AS	AD	EPSILON_SL	SCALING_LA	Mw_SMS	RJB_SMS	RRUP_SMS	ZTOR_SMS	LENGTH_SMS	WIDTH_SMS
4.56316	0	11.2184	11.2184	20	90	0.4	0.4	-0.68421	WC1994	4.89816	0	9.46102	9.46102	2.31327	2.92896
5.24737	0	15.64391	15.64391	140	90	0.7	0.4	-0.47368	WC1994	5.58237	0	12.76601	12.76601	6.60718	4.79649
5.19474	0	13.80988	13.80988	40	90	0.4	0.3	-0.57895	WC1994	5.52974	0	10.66883	10.66883	5.9101	4.48721
4.61579	0	9.5	9.5	10	90	0.2	0.3	-0.57895	WC1994	4.95079	0	7.30841	7.30841	2.58611	3.13084
4.66842	0	13.24763	13.24763	20	90	0.8	0.4	0.57895	WC1994	5.00342	0	10.42842	10.42842	4.15876	4.69869
4.72105	0	17	17	110	90	0.3	0.3	-1	WC1994	5.05605	0	14.95717	14.95717	2.59868	2.91833

Figure T18-1. Exemple de tableau de paramètres fournis par l'Andra à l'IRSN. Extrait du tableau concernant le séisme de Clairvaux pour le zonage EDF17 (5 000 lignes).

L'IRSN a considéré une majoration de la magnitude telle que $Mw_SMS = Mw + 0,5$. Ainsi, les paramètres des colonnes labellisées '_SMS' à prendre en compte dans le cas des séismes de Clairvaux et Bitche qui sont déduits de la colonne 'Mw_SMS' ont donc été recalculés, à l'aide des mêmes équations que l'exploitant. Ainsi, la largeur de la faille est obtenue selon la loi d'échelle $WIDTH_SMS = 10^{(-0.76+0.27*Mw_SMS+0.14*EPSILON)}$ [T18-4], la distance du toit de la faille à la surface est obtenue selon $ZTOR_SMS = \max(DEPTH - (1-AD)*WIDTH_SMS*\sinus(DIP*pi/180), 0)$ [T18-5] et la distance à la faille est obtenue par $RRUP_SMS = \sqrt{ZTOR_SMS^2+RJB_SMS^2}$. Les paramètres rx et ry0 ont des valeurs nulles dans les géométries testées. Les valeurs des paramètres Vs30, z1.0 et z2.5 sont identiques à celles de l'Andra et valent respectivement 1046 m/s, 5 m et 0,137 km.

Dans l'étape suivante, pour chaque scénario, plusieurs spectres d'accélération sont générés suivant les huit GMM retenus par l'Andra. La Figure T18-2 illustre la variabilité des spectres calculés avec le GMM AB2014 [T18-6] associé aux 5000 scénarios pour le séisme de Clairvaux. Cette variabilité résulte des incertitudes inhérentes aux paramètres de source du scénario (Mw, H, etc.). Chaque GMM produit ainsi un spectre d'accélération différent par scénario (soit 40000 spectres par séisme). La Figure T18-3 illustre les différences entre les huit GMM au travers de la moyenne des spectres obtenus avec chaque GMM.

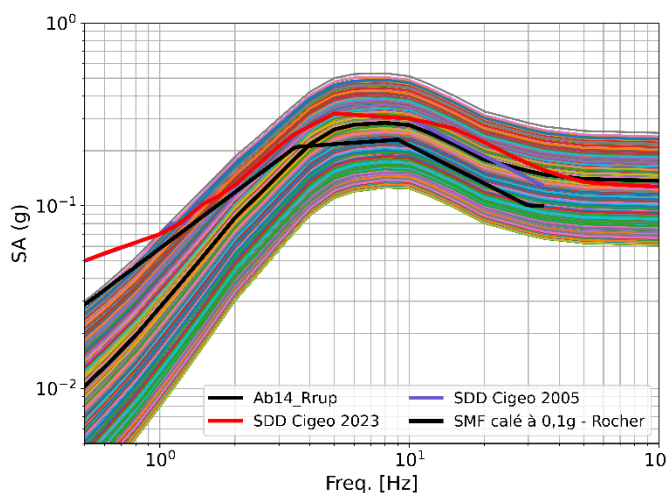


Figure T18-2. Exemple de spectres d'aléa générés pour un GMM pour les scénarios du séisme de Clairvaux issus du tableau de l'Andra en utilisant une majoration de 0,5 la moyenne de tous les spectres d'aléa générés avec les de la Mw. La courbe en noir Ab14_Rrup est la moyenne des 5000 scénarios, et reportée sur la figure à droite.

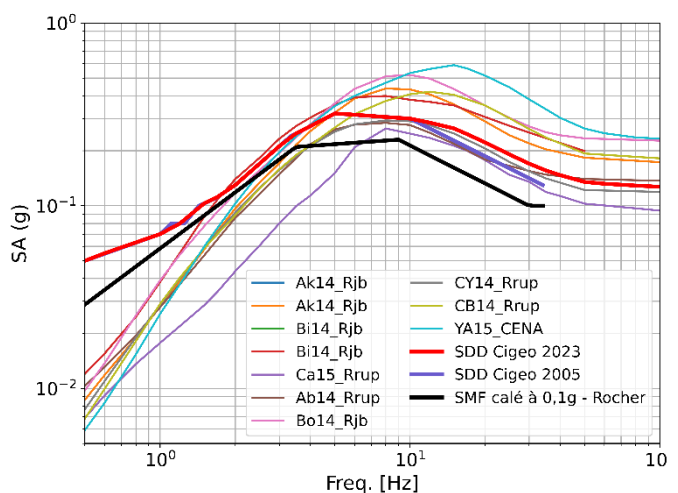


Figure T18-3. Illustration de la variabilité issues des GMM. Chaque courbe représente, pour un seul GMM, un scénario du séisme de Clairvaux issu du tableau de l'Andra en utilisant une majoration de 0,5 de la Mw – NB : chaque courbe n'est donc pas associée à un scénario (Mw, H, ...) particulier.

L'IRSN a conservé la variabilité issue de la sélection des GMM et propage cette variabilité pour chaque scénario des séismes de référence. Il est à noter qu'aucune moyenne, aucune enveloppe entre séismes n'est effectuée dans la méthode de l'IRSN car tous les spectres sont utilisés et qu'un seul séisme par zonage est considéré. L'intégralité de la distribution est propagée.

L'étape finale de la méthode combine les quatre zonages. Cette combinaison s'effectue en regroupant les spectres obtenus aux étapes précédentes pour chacun des zonages. Les spectres sont classés par ordre croissant d'accélération, fréquence à fréquence. Les poids respectifs des GMM et des zonages utilisés par l'Andra sont pris en compte pour établir les percentiles de la distribution finale combinée, et présentée dans le rapport en Figure 29.

[T18-1] Note CG-RP-FGEO-23-0017-A du 9 octobre 2023 : « Prise en compte des incertitudes dans l'évaluation de l'aléa sismique au niveau SMS - Site de Cigéo ».

[T18-2] Rapport CG-CMOA-RAP-24-0001-A du 16 février 2024 : – Rapport d'étude STR_ANDRA_24P08_01.

[T18-3] Pagani, M., D. Monelli, G. Weatherill, L. Danciu, H. Crowley, V. Silva, P. Henshaw, L. Butler, M. Nastasi, L. Panzeri, M. Simionato, D. Vigano (2014). OpenQuake Engine: An Open Hazard (and Risk) Software for the Global Earthquake Model. *Seismological Research Letters* 85 (3): 692–702. <https://doi.org/10.1785/0220130087>.

[T18-4] Wells, D. L., & Coppersmith, K. J. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the seismological Society of America*, 84(4), 974-1002. <https://doi.org/10.1785/BSSA0840040974>.

[T18-5] Kakkamanos, J., Boore, D. M., Thompson, E. M., & Campbell, K. W. (2010). Implementation of the Next Generation Attenuation (NGA) ground-motion prediction equations in Fortran and R. US Geological Survey Open-File Report, 1296. <https://pubs.usgs.gov/of/2010/1296/of2010-1296.pdf>.

[T18-6] Abrahamson, N. A., Silva, W. J., & Kamai, R. (2014). Summary of the ASK14 ground motion relation for active crustal regions. *Earthquake Spectra*, 30(3), 1025-1055. <https://doi.org/10.1193/070913EQS198M>.

Annexe T19. Work breakdown structure (WBS) du programme Cigéo

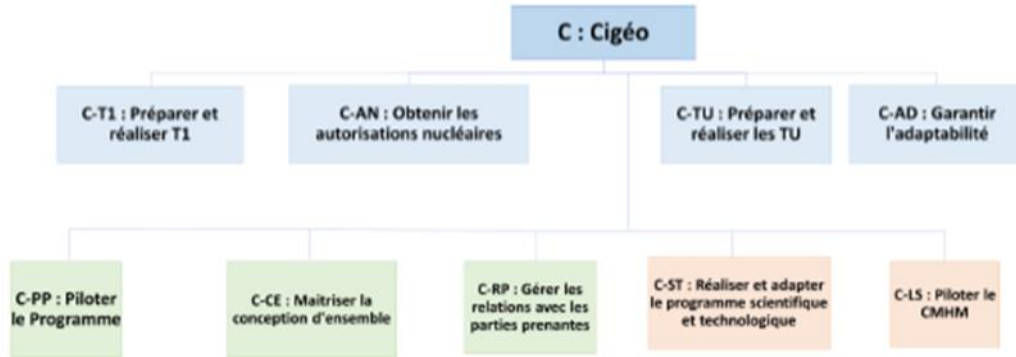


Figure T19-1. Work packages de niveau 1 de la WBS.

La structuration de la WBS est en lien avec le déploiement progressif du programme. Par exemple, le WP « préparer et réaliser TU » est prévu mais n'est pas détaillé à ce stade, il sera décliné dans une phase ultérieure. Le niveau programme (niveau 1) est le niveau le plus élevé de la WBS du programme Cigéo. Il recouvre les neuf activités nécessaires à la conception, à la construction de l'installation Cigéo et à la préparation de l'exploitation (il exclut les tâches d'exploitation telles que la mise en place de l'organisation de l'exploitant et l'exploitation elle-même). Ces activités relèvent de trois catégories :

- les activités dites d'intégration sont « piloter le programme » et « maîtriser la conception d'ensemble » ;
- les activités dites de sous-programmes sont « préparer et réaliser T1 », « préparer et réaliser TU », « réaliser et adapter le programme scientifique et technologique » ;
- les activités dites spécifiques sont « gérer les relations avec les parties prenantes », « obtenir les autorisations nucléaires », piloter le CMHM », « garantir l'adaptabilité ».

Même si ces neuf activités ont la même granulométrie (niveau 1), elles ont un périmètre variable. Elles sont par ailleurs chacune décomposées en activités de niveau 2 (plus ou moins nombreuses selon l'étendue du périmètre), elles-mêmes décomposées en activités de niveau 3.

Annexe T20. Chroniques prévisionnelles de livraison des colis en phase pilote

Tableau T20-1. Chroniques prévisionnelles de réception des colis par année et par type de colis pour les 5 premières années suivant la mise en service de la phase pilote.

		Mode de conditionnement	Type de colis / Année de stockage	N	N+1	N+2	N+3	N+4	Total
MA-VL	CBF-C'2	Stockage direct	COG-030 - Colis de déchets solides d'exploitation cimentés produits après 1994	36	58	60	60	60	274
	CEC	Conteneur béton CS 3 (1540 x 1540 x 2250) 8,8 t (à vide), 12,6 t (chargé)	COG-040 - Fûts acier de coques et embouts cimentés	3	6	60	123	123	312
	CAC	Conteneur béton CS 2.1 (1540 x 1540 x 2035) 8,5 t (à vide), 12,6 t (chargé)	COG-050 - Colis de déchets solides d'exploitation cimentés produits avant 1994	36	72	72	72	72	324
	CSD-C	Conteneur béton CS 2.2 (1540 x 1540 x 2035) 9,8 t (à vide), 13,2 t (chargé) <i>Ou</i> Stockage direct	COG-070 - Conteneurs standards de déchets compactés contenant des coques et embouts du silo HAO	255	255	255	255	255	1275
			COG-100 - Conteneurs standards de déchets compactés	318	426	390	426	426	1986
			COG-110 - Conteneurs standards de déchets compactés contenant des coques et embouts issus d'assemblages combustibles UOX			180	324	324	828

HA	CSD-U	Conteneur acier CS 13 (1 588 mm de longueur, 616 mm de diamètre hors tout, 2,2 t	COG-150 - Conteneurs standards de déchets vitrifiés - verres UMo		140	168	168	168	644
	CSD-RU		COG-160 - Conteneurs standards de déchets vitrifiés - reliquats de verres UMo		15				15
	CSD-TiSr		COG-870 - Capsules de titanate de strontium					3	3

Annexe T21. Modifications de conception en lien avec le stockage des combustibles usés

Les modifications de conception de Cigéo envisagées par l'Andra [143][144] pour, le cas échéant, prendre en charge des colis de combustibles usés, touchent les installations de surface et l'installation souterraine.

Pour le stockage des CU, dont les colis de stockage sont de conception similaire aux HA, l'Andra prévoit leur prise en charge au sein du « bâtiment EP2 mutualisé », commun aux déchets HA et aux CU. Pour le transfert des colis de CU entre les installations de surface et les alvéoles, l'Andra a défini, en se fondant sur le concept de hotte retenue pour les colis HA, un gabarit de hotte intégrant les dimensions géométriques des colis de CU ainsi que leurs caractéristiques radiologiques et thermiques. Compte tenu du gabarit de cette hotte, supérieur à celui de la hotte HA⁷, son axe longitudinal doit être orienté selon l'axe des rails du funiculaire dans la descenderie. Cette configuration n'est pas compatible avec la conception de la tête de descenderie actuellement prévue pour le stockage des déchets de l'inventaire de référence⁸. Ainsi, l'Andra prévoit d'intégrer dès la construction initiale de la tête de descenderie un « mur fusible », dont le ferrailage n'entre pas dans les calculs structurels du bâtiment EP1 et dont les dimensions sont compatibles avec le passage de la hotte. En gare basse du funiculaire, l'orientation de la hotte ne peut pas non plus être modifiée et son départ de la ZSLE se fait ainsi perpendiculairement aux rails. L'Andra prévoit d'intégrer alors, le cas échéant, des tables tournantes double fonction⁹ en remplacement des tables tournantes de voies¹⁰ au niveau des croisements de galeries, ainsi qu'entre les galeries de liaison et d'accès.

L'Andra prévoit le stockage des colis de CU de l'inventaire de réserve dans un quartier dédié, à la place d'une partie du quartier de stockage HA de l'inventaire de référence et à côté de celui-ci. L'Andra précise que l'architecture du quartier de stockage CU est le résultat d'études de dimensionnement THM menées selon le même principe que pour le quartier HA. Les colis de CU sont ainsi stockés en zones plus ou moins denses selon leurs caractéristiques thermiques¹¹. Au cours de l'instruction, l'Andra a indiqué que la prise en charge des colis de CU du scénario SNR enveloppe augmenté ne conduisait qu'à un impact limité sur l'emprise du stockage (allongement des galeries d'accès de l'ordre d'une centaine de mètres). La longueur de la hotte CU nécessite en outre d'adapter le diamètre des galeries d'accès, dans la mesure où la hotte doit être manutentionnée perpendiculairement à la galerie d'accès pour s'accoster à l'alvéole. Le diamètre nécessaire (10 m) correspond à celui des galeries de liaison déjà conçues pour le stockage des déchets de l'inventaire de référence. Ainsi, l'Andra estime que la faisabilité de la construction de ces galeries est vérifiée. L'Andra indique par ailleurs que la conception du robot pousseur n'est pas impactée par l'augmentation de la masse des colis de CU (au plus 5 200 kg) par rapport aux colis HA (au plus 2 300 kg) dans la mesure où des tests de poussée ont été réalisés avec des charges de l'ordre de grandeur de la masse des colis de CU. En outre, l'Andra indique que les alvéoles destinés aux colis de CU sont horizontaux et borgnes ; le reste de la conception n'est pas détaillé par l'Andra à ce stade.

⁷ Passage d'une longueur d'environ 4,7 m à 6,5 m.

⁸ La tête de descenderie construite en tranche T1 a vocation à être pérenne sur toute la phase d'exploitation.

⁹ La table tournante double fonction permet, de façon indépendante, la rotation des voies de roulement et celle du chariot ou de la hotte de transfert [151].

¹⁰ La table tournante de voies permet la rotation des voies de roulement à chaque intersection GLI/GAC.

¹¹ A titre d'exemple, pour le quartier de CU du scénario SNR enveloppe, les CU MOX représentent 22 % du volume de colis mais occupent environ 40 % de la surface du quartier alors que les CU UOX représentent 64 % du volume de colis mais occupent 20 % de la surface.

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

31 av. de la division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
RCS Nanterre B 440 546 018

COURRIER

B.P 17 - 92262 Fontenay-aux-Roses

TÉLÉPHONE

+33 (0)1 58 35 88 88

SITE INTERNET

www.irsn.fr

MEMBRE DE
ETSON