

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

## **Examen de la maîtrise des risques en exploitation au niveau esquisse du projet Cigéo**

**RAPPORT IRSN N° 2014-00010**

Réunion des groupes permanents d'experts pour les déchets  
et pour les laboratoires et les usines du 10 décembre 2014



## RESUME

Le présent rapport constitue l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier « Maîtrise des risques en exploitation au niveau esquisse du projet Cigéo ». Il s'agit d'un dossier d'étape, élaboré par l'Andra à la fin de la phase d'esquisse (jalon « Jesq05 », fin 2013) en amont de la transmission du Dossier d'options de sûreté (DOS) prévue en 2015 et de celle de la Demande d'autorisation de création (DAC) de l'installation en 2017. Il comprend l'analyse par l'Andra des risques de dissémination de substances radioactives, de ceux liés à la coactivité, des risques d'incendie ainsi que d'explosion due à l'hydrogène produit par la radiolyse des colis de déchets.

De l'examen de ce dossier et des informations transmises au cours de l'instruction, l'IRSN retient les principaux éléments suivants.

L'Andra a engagé un ensemble d'études relatives aux engagements et demandes issus de l'instruction des précédents dossiers, notamment le « Dossier 2005 » et le « Dossier 2009 », dont les résultats sont attendus à l'échéance de la DAC. Le présent dossier fait ainsi état de plusieurs avancées notables au regard de la maîtrise des risques pendant la phase d'exploitation et de réversibilité de Cigéo. Ainsi, l'IRSN relève que l'Andra a :

- amélioré les principes de confinement des déchets, en prévoyant l'ajout d'un second système de confinement au colis de stockage (qui constitue le premier système de confinement) lors des opérations de transfert dans les infrastructures - ce second système est assuré par la hotte de transfert - ainsi que la mise en œuvre dans les alvéoles MAVL d'un confinement dynamique en complément du confinement statique,
- pris en compte les risques liés à la concomitance des activités nucléaires et de travaux à la fois dans l'architecture générale de Cigéo et dans la logique de développement du stockage, à travers notamment la mise en œuvre de séparations physiques aux interfaces entre ces zones,
- établi un « référentiel incendie » qui rassemble les exigences à retenir pour la maîtrise des risques liés à l'incendie sur la base de références issues de la sûreté nucléaire et de la sécurité des ouvrages souterrains conventionnels ;
- rationalisé les moyens de manutention des colis de stockage (par exemple le choix d'un chariot de transfert sur rails dans les galeries), tout en minimisant la charge calorifique des équipements et en cherchant à limiter les risques de collision.

Néanmoins, l'instruction du dossier transmis met en exergue les aspects suivants que l'IRSN estime important d'intégrer dans l'évaluation de la sûreté de l'installation de stockage.

Ainsi, l'IRSN estime que les scénarios incidentels et accidentels retenus pour le dimensionnement de l'installation souterraine et de son plan d'urgence interne (PUI) doivent être consolidés. Il apparaît prioritaire de fixer ces scénarios, sur la base d'éléments permettant de justifier leur caractère représentatif des risques encourus, afin de démontrer avec un bon degré de confiance que les concepts présentés permettront de les maîtriser. A cet égard, l'IRSN estime que l'évaluation des risques liés à l'incendie constitue un enjeu particulier compte tenu de l'ampleur des conséquences potentielles d'un feu qui ne serait pas maîtrisé à temps dans l'installation

souterraine. Un effort de la part de l'Andra est ainsi attendu pour ce qui concerne la justification des situations d'incendie retenues (initiateurs, nombre de colis de stockage concernés, feux de référence...) et l'identification d'éventuelles dispositions supplémentaires pour contenir ou limiter les relâchements de matières radioactives en provenance des secteurs de feu des alvéoles MAVL. Les scénarios d'explosion devront également être consolidés, eu égard notamment à la durée d'indisponibilité de la ventilation ou d'immobilisation de la hotte suite à une situation accidentelle. Ces points font l'objet d'engagements de la part de l'Andra.

Le retour d'expérience (REX) d'autres installations souterraines de stockage (Asse, WIPP, StocaMine) montre la difficulté de pouvoir revenir aux conditions d'exploitation qui prévalaient avant la survenue de l'accident. En particulier, la contamination radioactive des infrastructures du stockage peut induire d'importantes difficultés pour la reprise de l'exploitation, qui doit se faire dans des conditions de protection radiologique acceptables. Ainsi, même si les conséquences externes des accidents survenus ont été limitées, de tels événements sont susceptibles de conduire à la perte de l'installation ou en tout cas à son arrêt prolongé, ce qui se répercute en amont sur l'ensemble de la chaîne de gestion des déchets et peut être préjudiciable à la sûreté globale de cette gestion. Aussi, l'IRSN estime primordial de mettre en œuvre toutes les dispositions permettant d'éviter l'occurrence de telles situations. A cet égard, le contrôle des colis de déchets et la surveillance de l'installation en vue d'une détection précoce des situations accidentelles constituent des enjeux majeurs. En particulier, au vu des accidents de StocaMine et du WIPP dont les causes sont associées à la montée en température de colis de déchets, l'IRSN recommande que l'Andra présente, dans le dossier accompagnant la DAC, un programme de surveillance établi sur la base d'une étude de stabilité thermique des colis de stockage en alvéole MAVL et permettant de détecter au plus tôt une montée progressive de la température des colis de stockage présentant des risques de réactions exothermiques. Cette détection précoce, suivie de la mise en œuvre d'actions correctives, pourrait en effet permettre d'éviter l'atteinte du seuil de température au-delà duquel un risque d'emballement de reprise de réactions exothermiques existe.

L'IRSN considère de surcroît, en cohérence avec l'approche d'évaluations complémentaires de la sûreté des installations nucléaires (ECS) développée suite à l'accident de la centrale de Fukushima Dai-ichi, que des situations extrêmes prenant en compte la perte successive des lignes de défense de l'installation nucléaire, dès lors que cette perte ne peut être physiquement écartée, doivent être postulées en vue de définir des dispositions qui permettent de renforcer la robustesse de l'installation en cas d'accident grave. Il s'agit ainsi d'identifier les situations susceptibles d'aboutir à des rejets massifs, en particulier celles associées à un effet falaise (par exemple, l'emballement d'un phénomène) et de rechercher les améliorations possibles de la sûreté de l'installation à chaque étape (ligne de défense perdue) conduisant aux événements redoutés. A cet égard, l'IRSN recommande que l'Andra présente, dans le DOS et au titre des premières ECS qu'elle s'est engagée à produire, l'étude d'un scénario d'emballement de réactions exothermiques à l'intérieur de plusieurs colis de boues bitumées et, sur cette base, identifie le cas échéant les dispositions complémentaires nécessaires pour éviter l'occurrence d'un rejet important ou en limiter les conséquences.

En vertu du REX mentionné ci-avant, l'IRSN estime en outre que la conception de Cigéo doit viser à rendre possible le retrait des colis dans les différentes situations de fonctionnement envisageables. L'IRSN note à cet égard que l'Andra s'est engagée à présenter, dans le DOS, les principes de conception qui visent à permettre, en cas d'incident ou d'accident, la reprise des fonctions d'exploitation (surveillance, capacité d'intervention...) dans

l'alvéole concerné, incluant le retrait de colis, ainsi que la préservation du reste de l'installation. Pour ce qui concerne de manière générale le retrait des colis, l'IRSN observe que l'option de référence retenue par l'Andra est le scellement des alvéoles aussi rapidement que possible après leur remplissage. Toutefois, la temporisation de leur fermeture et leur maintien ouverts pendant une durée d'ordre séculaire sont étudiés à titre de variantes. L'IRSN estime que les choix doivent rester ouverts à ce stade, et que les études engagées par l'Andra devraient permettre d'établir le bilan des avantages et inconvénients de chaque option en termes de sûreté et de radioprotection pour les alvéoles de stockage de déchets HA et MAVL.

Enfin, la possibilité envisagée par l'Andra d'un stockage direct de colis primaires MAVL sans conteneur est une évolution notable depuis le « Dossier 2009 ». L'IRSN considère que, dans ce cas, les exigences de confinement et de récupérabilité associées aux colis stockés sans conteneurs et aux colis de stockage doivent être identiques. A cet égard, l'Andra s'est engagée à présenter, dans le projet de spécifications d'acceptation des colis de déchets qui sera joint au DOS, les exigences de confinement assignées aux colis de déchets primaires MAVL selon qu'ils sont acceptés pour un stockage direct (sans conteneur) ou avec conteneur ainsi que, dans le DOS, les fonctions et performances des conteneurs de stockage.

S'agissant des aspects relatifs au vieillissement, à la maintenance et aux facteurs organisationnels et humains, seuls les principes généraux de leur prise en compte dans l'analyse des risques en exploitation de l'installation ont été présentés lors de l'instruction. Ceux-ci n'appellent pas de remarque à ce stade.

En conclusion, l'IRSN prend note des progrès accomplis dans la prise en compte des risques d'exploitation dans la conception de Cigéo et de l'engagement des études visant à prendre en considération les résultats des précédentes instructions à l'échéance de la DAC. L'IRSN souligne toutefois l'importance de consolider en amont de cette échéance, à l'occasion notamment de la remise du DOS, les choix structurants - en particulier d'architecture du stockage et de conception des alvéoles - pour dimensionner l'installation aux différents risques encourus. L'IRSN estime ainsi que le DOS devra présenter l'ensemble des concepts retenus et leur justification au regard de la sûreté de l'installation pendant sa phase d'exploitation et à long terme, en identifiant clairement les compléments de démonstration et les éléments de qualification qui seront à apporter à l'échéance de la DAC puis lors de la phase industrielle pilote. Dans cette perspective, l'IRSN estime important que l'ANDRA prenne en compte les différentes remarques et recommandations issues de l'instruction du présent dossier.

## SOMMAIRE

<b>1 INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
1.1 OBJET DU PRESENT RAPPORT .....	5
1.2 CONTEXTE .....	6
1.3 DOSSIER DE L'EXPLOITANT .....	8
<b>2 DESCRIPTION GENERALE DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>9</b>
2.1 ARCHITECTURE GENERALE ET PHASES DE VIE .....	9
2.2 COLIS DE STOCKAGE.....	13
2.3 FLUX DANS LES OUVRAGES SOUTERRAINS EN EXPLOITATION .....	15
<b>3 DEMARCHE DE SURETE .....</b>	<b>20</b>
<b>4 EVALUATION DE SURETE.....</b>	<b>27</b>
4.1 RISQUES DE DISSEMINATION DE MATIERES RADIOACTIVES .....	27
4.2 RISQUES LIES A L'INCENDIE .....	32
4.2.1 Dispositions de protection contre l'incendie .....	32
4.2.2 Conduite de la ventilation en situation d'incendie.....	35
4.2.3 Cas particulier des réactions exothermiques.....	37
4.3 RISQUES LIES A L'EXPLOSION .....	40
4.4 RISQUES LIES A LA MANUTENTION .....	44
4.5 RISQUES LIES A LA COACTIVITE.....	47
4.6 VIEILLISSEMENT ET MAINTENANCE .....	50
4.7 INTERVENTION ET EVACUATION EN SITUATIONS INCIDENTELLES ET ACCIDENTELLES .....	51
4.8 RETRAIT DES COLIS DE DECHETS .....	52
<b>5 CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>56</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>58</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>59</b>

# 1 INTRODUCTION

## 1.1 OBJET DU PRESENT RAPPORT

Par lettre ASN/CODEP-DRC-2014-016991 du 10 juillet 2014 [1] (cf. annexe A1 du présent rapport), le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé aux Présidents du groupe permanent d'experts pour les déchets (GPD) et du groupe permanent d'experts pour les laboratoires et les usines (GPU) l'avis des groupes qu'ils président sur le dossier « Maîtrise des risques en exploitation au niveau esquisse et Phasage du projet Cigéo » transmis par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra).

La lettre ASN/CODEP-DRC-2014-016991 précitée indique, s'agissant de la maîtrise des risques en exploitation de Cigéo au stade de l'esquisse, que ce dossier « est à considérer dans la continuité des dossiers déjà déposés par l'Andra et examinés par le groupe permanent d'experts pour les déchets sur le projet de stockage en couche géologique profonde » et que cet examen devra porter en particulier sur :

- « la prise en compte des engagements, positions, demandes et recommandations issus de l'instruction des dossiers « 2005 - argile », « Jalon 2009 » et « Jesq03 » » en lien avec les risques en exploitation ;
- « la pertinence de la démarche de sûreté retenue pour la phase d'exploitation [du stockage], incluant sa fermeture » ;
- « la pertinence des exigences de sûreté en exploitation, incluant [la] fermeture [du stockage], définies et appliquées par l'Andra à la conception de Cigéo, notamment concernant :
  - la mise en œuvre possible de la réversibilité du stockage, en particulier concernant la récupérabilité des colis,
  - le confinement,
  - la ventilation » ;
- « la pertinence des situations incidentelles / accidentelles, ainsi que des modalités d'intervention et d'évacuation retenues par l'Andra ».

L'examen de ces deux derniers points devra considérer la prise en compte par l'Andra « des facteurs organisationnels et humains, du vieillissement de l'installation, de sa maintenance et de sa surveillance ».

Pour ce qui concerne le phasage du projet Cigéo, la lettre ASN/CODEP-DRC-2014-016991 précitée indique en outre que, « dans la mesure où la date de réception de la réponse attendue de la part de l'Andra resterait compatible avec le calendrier de l'instruction, [...] l'avis des groupes permanents d'experts [est souhaité] eu égard en particulier à :

- la pertinence du phasage proposé au regard du programme d'acquisition des éléments de démonstration présenté,
- la pertinence du calendrier des études d'options / optimisations en cours en regard du calendrier envisagé pour l'instruction de la demande d'autorisation de création ».

L'Andra a transmis les éléments relatifs au phasage du projet Cigéo le 17 octobre 2014, postérieurement à la réunion préparatoire à la réunion des groupes permanents. Ils n'ont donc pas pu être pris en compte pour la présente instruction.

Le présent rapport constitue l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) relatif au dossier « Maîtrise des risques en exploitation au niveau esquisse du projet Cigéo » présenté lors de la réunion des GPD et GPU du 10 décembre 2014. Cet avis tient compte des compléments recueillis au cours de l'instruction ainsi que des engagements pris par l'Andra par la lettre DG/14-0314 du 14 novembre 2014 citée en référence [2] et jointe en annexe A2 au présent rapport.

Le premier chapitre du présent rapport rappelle le contexte général de la demande de l'ASN et présente le dossier « Maîtrise des risques en exploitation au niveau esquisse du projet Cigéo » de l'Andra. Le chapitre 2 fournit une description de l'installation souterraine de Cigéo et des différents flux en phase d'exploitation et rappelle les évolutions de la conception générale de Cigéo depuis le « Dossier 2009 » jusqu'au stade de l'esquisse. Le chapitre 3 présente l'examen par l'IRSN de la pertinence de la démarche de sûreté en exploitation retenue par l'Andra. L'analyse des risques présentée par l'Andra pour ce qui concerne la dissémination de matières radioactives, l'incendie, l'explosion, la manutention, la coactivité, ainsi que le vieillissement et la maintenance des composants du stockage, l'intervention en situation accidentelle et la récupérabilité sont examinés au chapitre 4. Le chapitre 5 présente la conclusion générale de l'IRSN sur le dossier examiné. Dans la mesure du possible, l'IRSN a tenu compte du retour d'expérience des accidents survenus dans des installations de stockage souterrains de déchets en particulier ceux survenus au Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) en février 2014 ; une annexe (annexe T2) est consacrée à la description de ces accidents.

Les conclusions de l'IRSN résultant de l'instruction sont repérées dans le texte de la façon suivante :

- en **caractères gras encadrés** figurent les conclusions qui font l'objet de propositions de recommandations présentées lors de la réunion des GPD et GPU ;
- en **caractères gras précédés d'une barre verticale** figurent les conclusions ayant fait l'objet d'engagements de la part de l'Andra à l'issue de la réunion préparatoire à la réunion des groupes permanents, par la lettre DG/14-0314 du 14 novembre 2014 ;
- en **caractères gras** sont mentionnées les autres conclusions de l'IRSN.

## 1.2 CONTEXTE

La loi de programme du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs prévoit la poursuite des études et recherches sur le stockage réversible en couche géologique profonde « *de sorte que, au vu des résultats des études conduites, la demande de son autorisation prévue à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement puisse être instruite en 2015* ». La lettre ASN/CODEP-DRC-2014-016991 du 10 juillet 2014 [1] précise qu'à la suite du débat public qui s'est tenu du 15 mai au 15 décembre 2013, l'Andra a proposé une modification de ce calendrier par délibération de son conseil d'administration du 5 mai 2014. Sur la base de ce nouveau calendrier, l'Andra remettrait en 2015 à l'Etat une proposition de plan directeur pour l'exploitation de Cigéo et à l'ASN un dossier d'options de sûreté (DOS) et un dossier d'options techniques de récupérabilité (DORec) en préalable au dépôt de la demande d'autorisation de création (DAC) de Cigéo, prévue fin 2017.

L'Andra a développé sa démarche de maîtrise des risques en exploitation dans divers dossiers transmis à l'ASN : (i) le « Dossier 2005 » (Argile) visant à démontrer la faisabilité d'un stockage profond en couche géologique argileuse, qui a fait l'objet d'une instruction par l'IRSN [3], d'un examen par le GPD [4] et d'un avis de l'ASN [5],

(ii) le « Dossier 2009 » comprenant des options de conception, de sûreté et de réversibilité de l'installation de stockage, qui a également fait l'objet d'une instruction par l'IRSN [6], d'un examen par le GPD [7] puis d'un avis de l'ASN [8] et enfin (iii) le « Dossier Jesq03 », qui présentait, à un stade intermédiaire de la réalisation de l'esquisse du projet, ses évolutions depuis le « Dossier 2009 » ainsi que leur impact sur la sûreté de l'installation et qui a fait l'objet d'un avis de l'IRSN [9] et d'un avis de l'ASN [10].

Il convient de rappeler qu'au stade du « Dossier 2005 », l'Andra présentait une première évaluation de la sûreté de la phase d'exploitation du stockage. A cet égard, l'ASN [5] a estimé, suite à l'instruction de ce dossier, que les principes de conception étaient globalement satisfaisants au regard des risques envisagés. L'ASN précisait que la réversibilité du stockage devait être retenue pour une durée limitée et que la fermeture du stockage y mettrait fin. S'agissant toujours de la sûreté en exploitation du stockage, le GPD estimait [4] que le projet de stockage présenté par l'Andra était faisable mais émettait toutefois des recommandations relatives notamment aux systèmes de manutention, aux dispositions à retenir au regard du stockage des enrobés bitumés et aux études de sûreté-criticité. En outre, l'IRSN considérait [3] que les études présentées par l'Andra, qui intégraient un premier retour d'expérience industriel d'installations nucléaires et minières, montraient qu'il devait être possible de séparer les activités de construction et d'exploitation nucléaires selon les principes retenus par l'Andra et estimait que les dispositions envisagées ne présentaient pas d'obstacle au transfert dans des conditions sûres des colis de déchets dans les infrastructures du stockage. L'IRSN estimait néanmoins que la définition des moyens et procédés d'exploitation et l'évaluation de sûreté associée restaient encore à un stade préliminaire et que certains points, qui pourraient avoir une incidence forte sur les concepts de stockage qui seraient retenus, nécessitaient d'importants compléments d'études. Il s'agissait notamment de justifier que les concepts retenus permettaient de maîtriser le risque d'explosion lié à la production d'hydrogène par radiolyse dans les alvéoles de stockage des colis de déchets de moyenne activité à vie longue (MAVL), de justifier la capacité à remédier à une situation résultant de la chute d'un colis dans ces alvéoles et à la possibilité de reprise des colis de déchets de haute activité (HA) et de combustibles usés, alors compris dans l'inventaire des colis à stocker.

Au stade du « Dossier 2009 », l'Andra a développé son analyse des risques associés à l'exploitation du stockage et présenté les principales options retenues pour maîtriser ces risques. Le concept de transfert de colis de déchets par descenderie, le principe d'alvéoles MAVL « passants » et des galeries de transfert moins nombreuses et plus larges sont des évolutions majeures de concepts apparues dans ce dossier. A l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 », l'ASN [8] a notamment demandé à l'Andra, à l'échéance de la DAC, de (i) compléter l'analyse des risques liés à une défaillance des colis de déchets en tant que première barrière de confinement, (ii) justifier l'exclusion d'un scénario d'incendie lié à la reprise des réactions exothermiques à l'intérieur des colis, notamment de boues bitumées, (iii) présenter les dispositions de limitation des conséquences liées à un feu dans les alvéoles MAVL en cas de défaillance du système d'extinction embarqué sur l'engin de stockage. En outre, l'Andra s'est engagée, lors de l'instruction du « Dossier 2009 », à préciser la démarche de sûreté retenue, plus particulièrement les critères de sélection des scénarios « *de dimensionnement* » et « *hors dimensionnement* », et à compléter son analyse des risques en phase d'exploitation concernant des points tels que la prise en compte de l'évolution des matériaux, la dissémination de matières radioactives, l'incendie et l'explosion, la manutention des colis de déchets et la coactivité.

A l'issue de l'instruction du « Dossier Jesq03 » [9], l'ASN [10] a estimé que des éléments de conception allaient dans un sens favorable à la sûreté en phase d'exploitation du stockage. En particulier, l'ASN soulignait que (i) les choix structurants en matière d'architecture du stockage qui avaient été considérés favorables lors de l'examen du « Dossier 2009 » étaient maintenus voire renforcés (faisceau de deux galeries de liaison dans la zone de stockage MAVL, séparation physique des activités nucléaires et de travaux au niveau de la zone centrale, minimisation du nombre d'interfaces entre zones nucléaire et de travaux) et (ii) le référentiel incendie réalisé par l'Andra constituait une première étape indispensable pour permettre la mise en œuvre de dispositions de protection contre l'incendie adaptées aux spécificités de Cigéo. De plus, (iii) l'abandon de l'utilisation d'engins de manutention propulsés par un moteur thermique et la limitation des matières combustibles dans les zones nucléaires et (iv) le transfert de colis sur rails et la réduction du nombre de moyens de manutention possibles dans les alvéoles MAVL allaient dans le sens d'une meilleure maîtrise de la sûreté en exploitation. L'ASN considérait toutefois, s'agissant de la démarche de sélection des scénarios de sûreté en exploitation de l'Andra, que le choix des scénarios retenus pour le dimensionnement de l'installation devrait être justifié dans le dossier accompagnant la DAC, que cette démarche devrait intégrer la démarche d'évaluations complémentaires de sûreté (ECS) et, pour ce qui concerne les dispositions concrètes de maîtrise des risques incendie, qu'une attention particulière devrait être portée sur la maîtrise des risques liés à la coactivité, le désenfumage des galeries et l'intervention des secours. Enfin, l'ASN rappelait que les performances attendues pour la première barrière de confinement statique (constituée du colis primaire et éventuellement d'un conteneur de stockage) devaient être obtenues en priorité par le colis primaire, conformément au principe de confinement « au plus près » de la radioactivité, issu notamment du guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde [11].

La phase dite d'esquisse du projet Cigéo s'est achevée en décembre 2013 (Jalon Jesq05 interne à l'Andra), avant le démarrage des phases dites d'avant-projet sommaire (APS) et d'avant-projet détaillé (APD). Le dossier de l'Andra transmis dans le cadre de la présente instruction (cf. chapitre 1.3 du présent rapport) correspond à la fin de cette phase d'esquisse. La dénomination « au stade de l'esquisse » correspond, dans le présent rapport, au niveau du jalon Jesq05.

## 1.3 DOSSIER DE L'EXPLOITANT

Par lettre DMR/DIR/13-0192 du 6 décembre 2013, l'Andra a transmis le rapport intitulé « Maîtrise des risques de dissémination de substances radioactives, d'explosion liée à l'émission d'hydrogène par les colis de déchets, d'incendie et des risques liés à la coactivité dans l'installation souterraine et les liaisons surface-fond de Cigéo au stade de l'esquisse » [12].

Au cours de l'instruction, le dossier examiné a été complété par les réponses de l'Andra aux questions posées par l'IRSN ainsi que par les documents suivants :

- « Exigences applicables - Projet Cigéo » [13],
- « Programme industriel de gestion des déchets » [14],
- « Référentiel de sûreté appliqué à la conception de Cigéo pour la phase d'exploitation » [15],
- « Référentiel incendie pour la conception de Cigéo » [16],

- « Retour d'expérience relatif aux incendies en milieu souterrain appliqué au projet Cigéo » [17].

## 2 DESCRIPTION GENERALE DE L'INSTALLATION

### 2.1 ARCHITECTURE GENERALE ET PHASES DE VIE

L'architecture générale de l'installation souterraine retenue par l'Andra au stade de l'esquisse [12] (cf. Figure 1) est proche de celle présentée au stade du « Dossier Jesq03 » [9], mais diffère sensiblement de celle présentée dans le « Dossier 2009 » [6]. En effet, le creusement au « tunnelier pleine face » des galeries de liaison, retenu au cours de la phase d'esquisse par l'Andra, a modifié la configuration des zones de stockage.

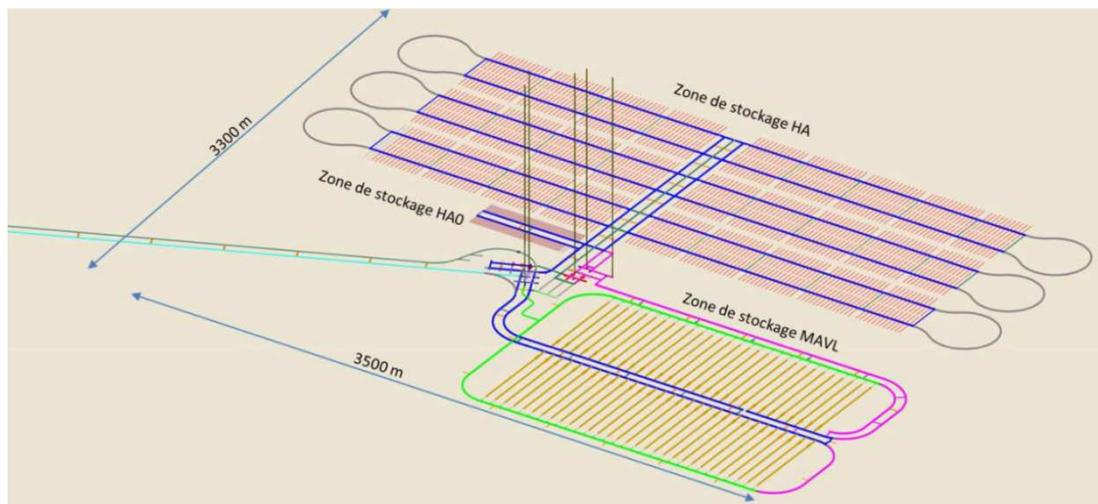


Figure 1 : Architecture de l'installation souterraine (Andra, [12])

Au stade de l'esquisse, comme dans le « Dossier 2009 » [6], l'Andra [12] retient le principe de deux descenderies qui assurent la jonction entre l'installation nucléaire de surface et les ouvrages souterrains de Cigéo. La première descenderie, « d'exploitation colis » (en bleu clair sur la Figure 1), permet le transfert des colis de stockage placés dans leur hotte de transfert par un funiculaire et peut le cas échéant être utilisée en sens inverse dans le cas d'un retrait de colis. La seconde descenderie, « de service » (en gris sur la Figure 1), est prévue pour les besoins de l'exploitation et permet notamment l'évacuation du personnel en cas d'incident et l'arrivée des secours. Contrairement au « Dossier 2009 » [6], les deux descenderies sont à présent situées dans la zone nucléaire.

Concernant les autres liaisons surface-fond, l'Andra retenait, lors du « Dossier 2009 » [6], quatre puits, dont un était excentré de la zone centrale de soutien et permettait le retour d'air spécifique à la zone de stockage MAVL. Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] prévoit cinq puits répartis entre la zone nucléaire et la zone de travaux. Ainsi, l'installation compte à présent (i) deux puits pour la zone nucléaire, le premier dédié à l'entrée d'air et la circulation du personnel et le second au retour d'air en pleine section, et (ii) trois puits pour la zone de travaux, pour l'entrée d'air et la circulation du personnel, pour le transfert des matériels et matériaux et pour le retour d'air en pleine section.

Les descenderies et les puits desservent la zone centrale de l'installation souterraine, que l'Andra nomme à présent « zone de soutien logistique » (ZSL). Cette zone, plus détaillée à ce stade du projet, est également séparée en deux parties, l'une étant dédiée à la zone nucléaire et l'autre à la zone de travaux (cf. Figure 2).



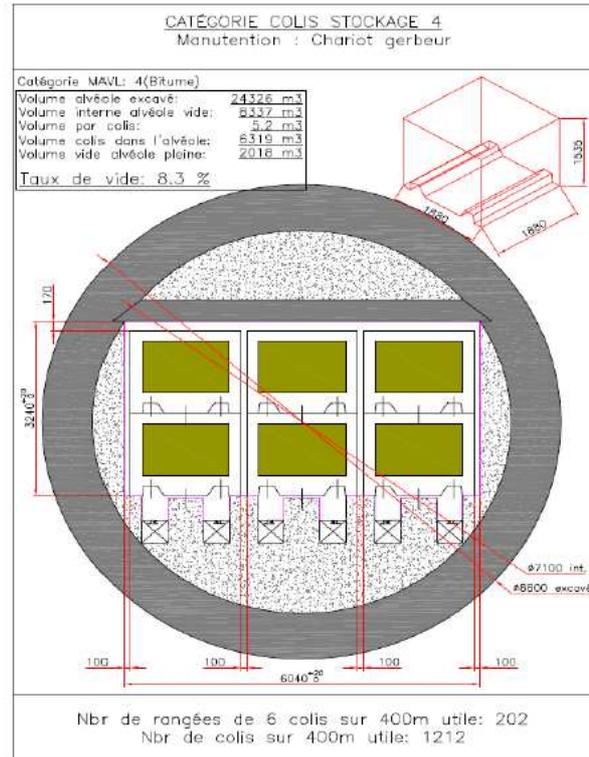
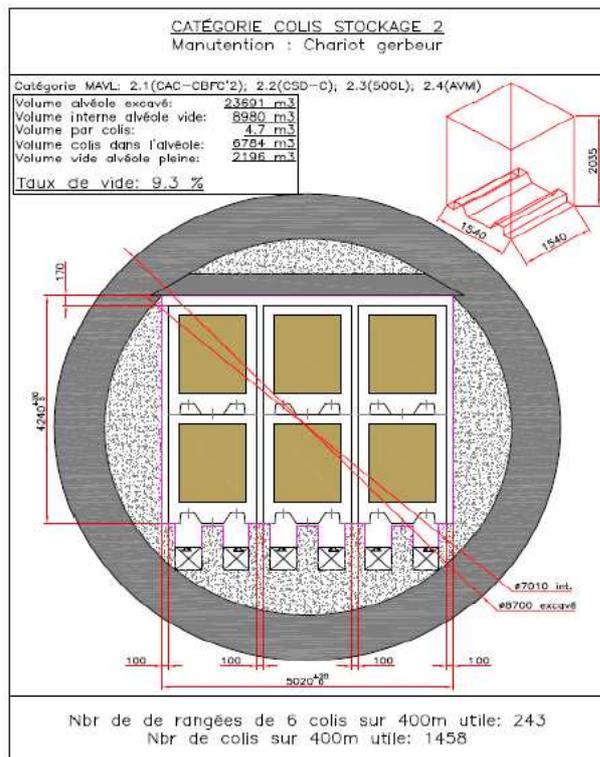


Figure 4 : Illustration d'agencement de colis de stockage dans un alvéole MAVL (Andra, [12])

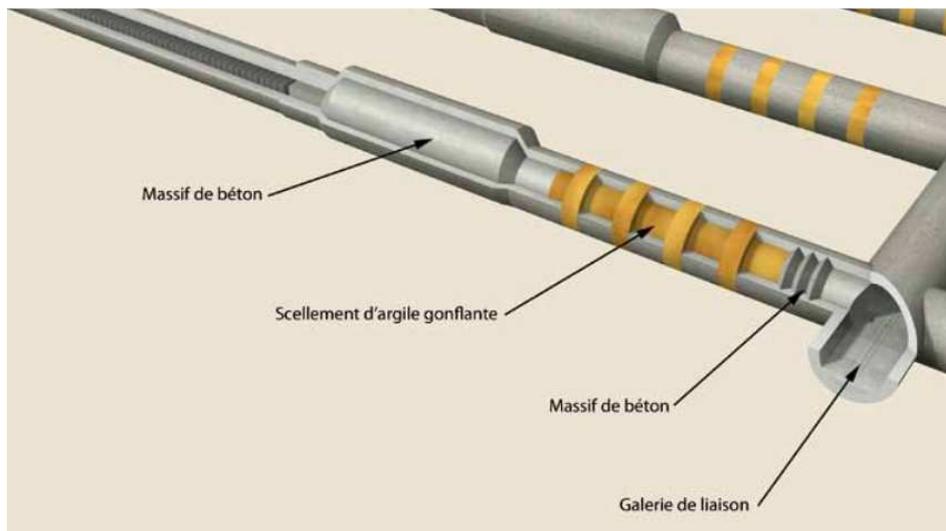


Figure 5 : Schéma de principe d'un alvéole de stockage de déchets MAVL scellé (Andra, [23])

Dans les zones de stockage HA, les galeries de liaison (galeries en bleu au centre de la zone de stockage HA sur la Figure 1) desservent les galeries d'accès (galeries en bleu au niveau des alvéoles sur la Figure 1), qui sont communes à un grand nombre d'alvéoles. Au stade du « Dossier 2009 », les alvéoles de stockage HA étaient des tunnels borgnes de longueur 40 m et de diamètre interne 65 cm. Au stade de l'esquisse [12], l'Andra retient une longueur de 80 m (alvéoles contenant des colis de déchets HA0) ou 100 m (alvéoles contenant des colis de déchets HA1 et HA2) et un diamètre interne de 65 ou 85 cm en fonction du diamètre des colis de stockage (cf. Figure 6). L'alvéole comprend une partie utile munie d'un chemisage métallique, dans laquelle sont placés les colis, et une

tête d'alvéole avec un insert métallique. Un fourreau de transfert, installé dans l'insert lors du remplissage de l'alvéole, permet la mise en place des colis de stockage. Les six quartiers de la zone HA contiennent chacun de l'ordre de 250 alvéoles. Pour la fermeture d'un alvéole, l'Andra [13] retient la mise en place d'un bouchon métallique à proximité des colis de stockage HA (protection biologique dans l'attente du scellement de l'alvéole) puis le remplissage avec un bouchon en argile gonflante avant de placer un dispositif de confinement mécanique en béton (cf. Figure 7).

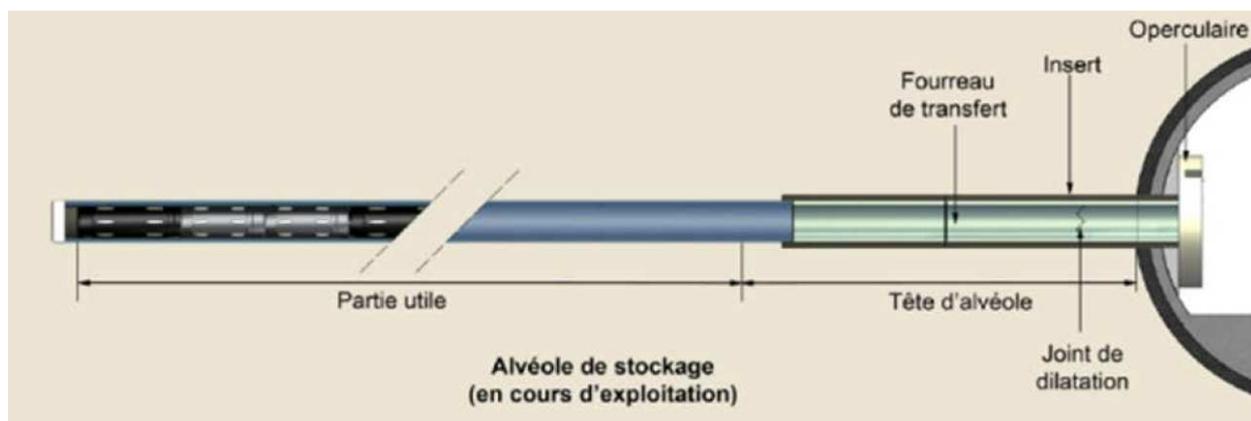


Figure 6 : Coupe d'un alvéole HA (Andra, [12])

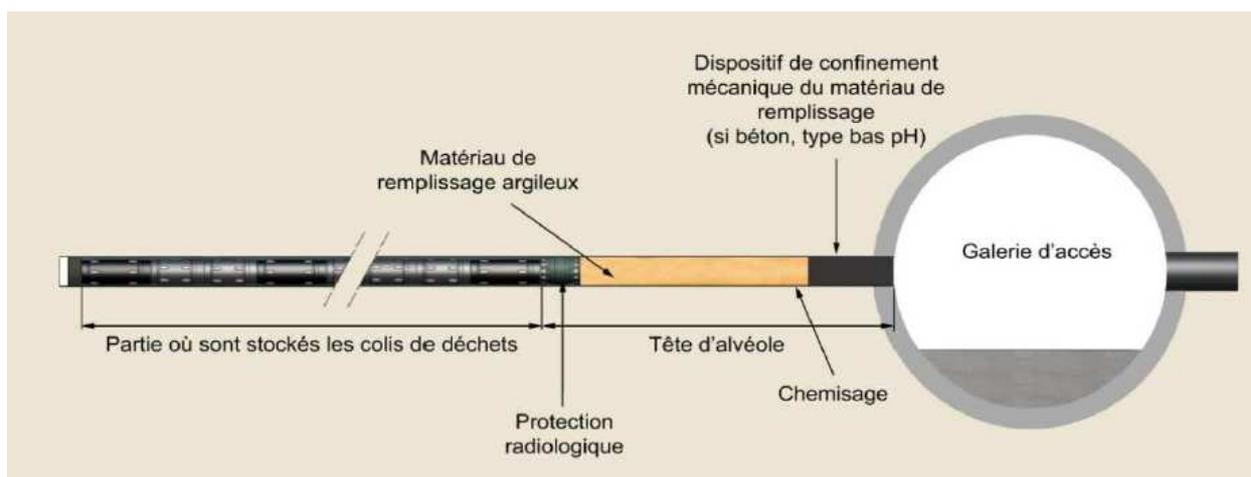


Figure 7 : Schéma de principe d'un alvéole de stockage de déchets HA scellé (Andra, [13])

Comme dans le « Dossier 2009 » [6], l'Andra [12] prévoit des galeries de recoupe au niveau des descenderies et au niveau des galeries de liaison (pour les zones de stockage MAVL et HA) et des galeries d'accès (pour la zone de stockage HA). Ces galeries de recoupe peuvent assurer des fonctions techniques (sous-stations électriques, locaux techniques...), d'évacuation et/ou d'intervention des secours. En outre, l'Andra retient le compartimentage (« séparations physiques à dimensionner en fonction des feux de référence et des scénarios associés ») des galeries de liaison et d'accès en situation d'incendie afin de cantonner un incendie dans la zone concernée.

L'Andra [12] envisage toujours à ce stade un développement progressif de Cigéo. Après une phase de construction initiale des ouvrages surface-fond et « d'une première tranche » de l'installation souterraine (ZSL et premiers alvéoles), l'Andra retient le principe d'une construction progressive de Cigéo. Il est à noter que l'Andra [18] prévoit « au démarrage de l'exploitation du stockage, avant l'exploitation courante, une phase industrielle pilote

qui aura notamment pour objectifs de conforter en conditions réelles et en complément des essais réalisés dans le Laboratoire souterrain : la maîtrise des risques dans les conditions d'exploitation, les performances des équipements industriels, la capacité à retirer des colis de déchets de leur alvéole de stockage, [...] à surveiller les ouvrages [et] à sceller les alvéoles et les galeries ». L'Andra précise que cette logique de développement entraîne une coactivité entre les activités de construction et d'exploitation du stockage ainsi qu'un découpage de la construction et de l'exploitation en tranches successives. Afin de maîtriser les risques liés à la concomitance de ces activités, l'Andra retient, comme dans le « Dossier 2009 » [6] et le « Dossier Jesq03 » [9], le principe de séparation physique entre les zones d'activités liées à l'exploitation de l'installation nucléaire (transfert de colis, stockage des colis de stockage...) et les zones de travaux conventionnels (construction d'alvéoles, creusement...). Ce point est examiné au chapitre 4.5 du présent rapport relatif aux risques liés à la coactivité.

Dans la zone de travaux, l'Andra indique [12] que les ouvrages souterrains, en particulier les alvéoles, seront creusés (zone « en creusement ») puis équipés (zone « en équipement »). Ces ouvrages viennent ensuite compléter la zone nucléaire. Lorsque les opérations de raccordement aux réseaux de la zone nucléaire sont en cours, les ouvrages souterrains sont considérés dans une zone « en équipement nucléaire » avant d'être mis « en exploitation nucléaire » (cf. Figure 8). Dans la suite du présent rapport, la « zone nucléaire » correspond aux zones en exploitation et en équipement nucléaire et la « zone de travaux » correspond aux zones en creusement et en équipement, selon la Figure 8.

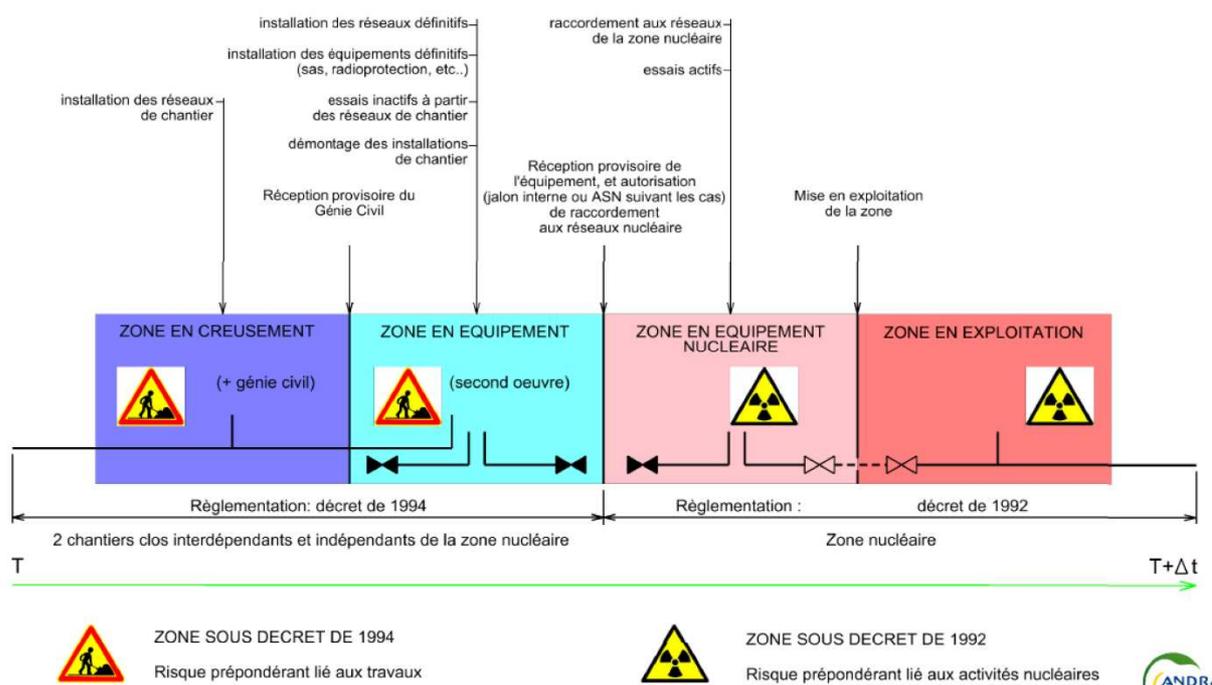


Figure 8 : Synoptique des différentes phases de développement de l'installation souterraine (Andra, [12])

## 2.2 COLIS DE STOCKAGE

Le colis de stockage correspond à l'ensemble composé du (des) colis primaire(s) placé(s) dans un conteneur de stockage.

Les fonctions attribuées aux colis de stockage n'ont pas évolué depuis le « Dossier 2009 » [6]. L'Andra indique que les colis de stockage HA et MAVL assurent toujours les fonctions de confinement des radionucléides non gazeux et de durabilité. L'Andra [12] précise que « la fonction de durabilité découle notamment de l'exigence de réversibilité du stockage et en conséquence de la capacité à récupérer les colis pendant toute la période d'exploitation. Pour garantir le confinement sur les durées requises, les conteneurs de stockage sont dimensionnés en fonction de leur comportement vis-à-vis des contraintes mécaniques et thermiques qu'ils subiront » (les aspects liés au retrait des colis sont examinés au chapitre 4.8 du présent rapport). En complément de ces fonctions de confinement et de durabilité, les conteneurs de stockage, qui renferment les colis primaires, contribuent à d'autres fonctions de maîtrise de la sûreté, notamment à la protection radiologique, à la maîtrise de réactions en chaîne, à la protection au feu et à l'évacuation des gaz produits par radiolyse (MAVL uniquement, les colis de stockage HA étant étanches aux gaz).

### Colis de stockage HA

Les conteneurs de stockage HA, en acier noir, sont cylindriques et dotés de patins en céramique inerte évitant, lors de leur mise en stockage et le cas échéant leur retrait, le contact acier/acier avec le chemisage des alvéoles de stockage [12]. Ils sont en outre dotés d'une gorge de préhension située dans le couvercle de fermeture. Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] retient différents types de conteneurs de stockage, en fonction du type de colis primaires HA (cf. Figure 9). Le poids d'un colis de stockage est de l'ordre de 2 tonnes selon son type. Le conditionnement en conteneur de stockage (un colis primaire par colis de stockage) s'effectuera par soudage par faisceaux d'électrons du couvercle sur la virole.

Colis de stockage HA moyennement exothermiques				Colis de stockage HA fortement exothermiques		
CS PIVER	CS AVM	CS R7/T7	CS EL4	CS R7/T7	CS R7/T7	
						
PIVER 1	AVM	R7/T7 froid	AA281	R7/T7 chaud	R7/T7 froid	
Dimensions (mm) (diamètre x longueur)	640 x 1485 640 x 1093 640 x 1243	725 x 2280	590 x 1605	590 x 1433	660 x 1651	590 x 1605

Figure 9 : Illustration des colis de stockage HA (Andra, [12])

### Colis de stockage MAVL

Les types de colis primaires MAVL étant très variés, l'Andra [12] définit au stade de l'esquisse, selon une démarche de standardisation, sept modèles de conteneurs de stockage (CS1 à CS7 ; cf. Figure 10) répartis selon treize aménagements intérieurs différents en fonction des dimensions des colis primaires (cf. Figure 10). Ces colis

de stockage pèsent de 7 à 25 tonnes selon le modèle. Le couvercle du conteneur de stockage est vissé ou le cas échéant clavé (cf. chapitre 4.1 du présent rapport relatif aux risques de dissémination de matières radioactives).

	CS1	CS2.1	CS2.2	CS2.3	CS2.4	CS3
						
						
Dimensions (mm)	2250 x 1280 x 1720		1540 x 1540 x 2035			1540 x 1540 x 2250

	CS4	CS5.1	CS5.2	CS5.3	CS5.4	CS6	CS7
							
Dimensions (mm)	1880 x 1880 x 1535	1780 x 1780 x 2035			2300 x 2300 x 1970	2660 x 2660 x 2115	

Figure 10 : Illustration des colis de stockage MAVL (Andra, [12])

## 2.3 FLUX DANS LES OUVRAGES SOUTERRAINS EN EXPLOITATION

### Principes retenus pour les transferts dans l'installation souterraine

Au stade du « Dossier 2009 » [6], l'Andra retenait, pour le transfert des colis de déchets MAVL et HA dans la zone centrale ainsi que dans les galeries de liaison jusqu'aux galeries d'accès, un véhicule sur pneus comme solution de référence et un véhicule sur rails comme solution alternative. L'alimentation de ces véhicules était électrique, soit via un « trolley » ou à l'aide de rails sous tension pour des longues distances, soit avec des batteries embarquées pour de courtes distances. Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] retient le principe de transfert sur rails avec une alimentation électrique par câbles et/ou batteries embarquées.

En outre, comme dans le « Dossier 2009 » [6], l'Andra [12] retient le principe de pilotage automatique des opérations de manutention, depuis une salle de conduite centralisée en surface.

### Transferts dans les galeries

Au stade du « Dossier 2009 » [6], afin de s'affranchir des intersections de galeries de la zone de travaux et de la zone nucléaire, l'Andra envisageait de creuser une galerie dédiée aux travaux au-dessus ou en-dessous, localement, de la galerie dédiée à l'exploitation. Au stade de l'esquisse, l'architecture retenue par l'Andra

présente des intersections sans superposition de galeries, les interfaces entre la zone de travaux et la zone nucléaire étant matérialisées par des séparations physiques.

Les opérations successives de transfert de la hotte contenant un colis de stockage dans les galeries de liaison restent, au stade de l'esquisse, sensiblement identiques à celles présentées au stade du « Dossier 2009 » [6]. La hotte de transfert est acheminée, via les galeries de liaison, jusqu'au niveau de la galerie d'accès. Elle est ensuite déposée sur une zone d'échange où une navette d'accostage (cf. Figure 11) la récupère pour l'acheminer au niveau de l'alvéole de stockage en vue de son accostage.

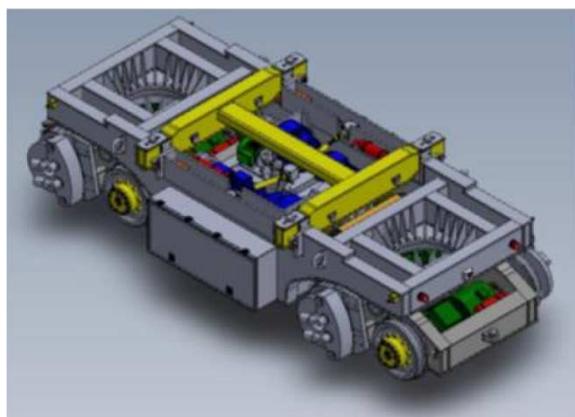


Figure 11 : Illustration d'une navette (Andra, [12])

L'Andra [12] précise que les véhicules de transfert sur rails seront susceptibles de changer de direction à l'aide de « tables tournantes » (cf. Figure 12).

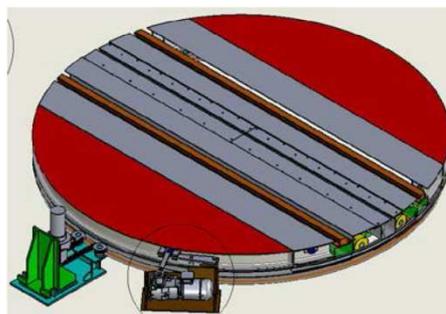


Figure 12 : Illustration d'une table tournante (Andra, [12])

### Mise en stockage MAVL

Comme dans le « Dossier 2009 » [6], l'Andra [12] retient un accostage de la hotte de transfert des colis MAVL à la porte de la cellule de manutention (« façade d'accostage »), visant notamment à assurer la continuité du confinement de la hotte avec les parois de la cellule de manutention, à l'aide d'un dispositif d'étanchéité. Ainsi, la navette d'accostage fait transiter la hotte de transfert au droit d'une table d'accostage et la dépose sur cette dernière pour permettre son accostage à la façade (cf. Figure 13). Comme l'Andra le prévoyait dans le « Dossier 2009 » [6], le colis est ensuite transféré vers une table de réception à l'intérieur de la cellule de manutention.

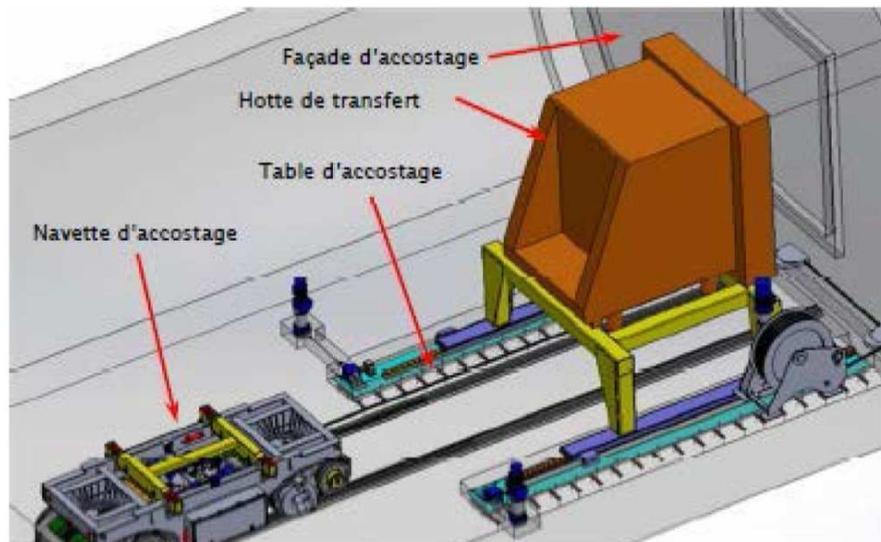


Figure 13 : Illustration du principe d'accostage d'une hotte MAVL (Andra, [12])

L'Andra envisageait trois procédés de manutention dans les alvéoles MAVL, le même procédé étant utilisé dans la cellule de manutention et la partie utile. Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] ne retient plus le pré-empilage des colis en cellule de manutention mais (i) un chariot gerbeur (cf. Figure 14) pour les colis de stockage CS1 à CS5 (équivalent au « chariot élévateur à fourche » du « Dossier 2009 » [6]) utilisant les inserts prévus sous les colis de stockage et (ii) un portique de transfert utilisant les encoches de la partie supérieure des colis, pour la manutention des colis de stockage CS6 et CS7 (cf. Figure 15).

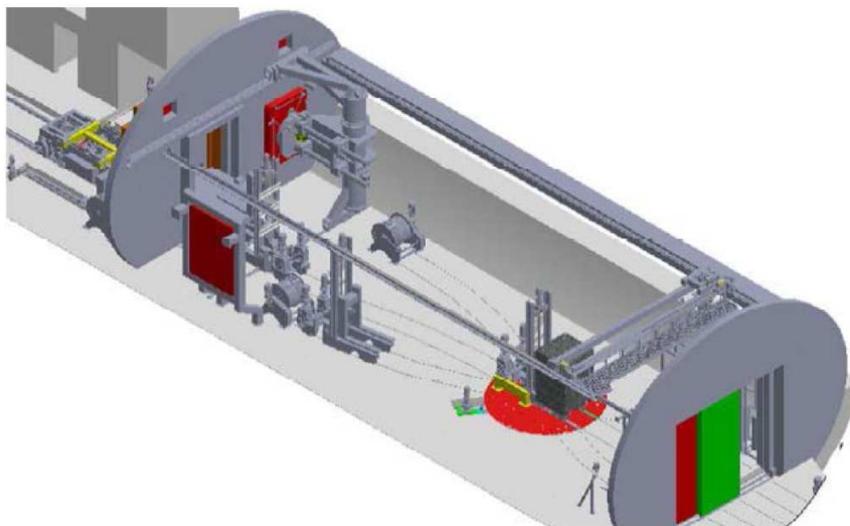


Figure 14 : Illustration du chariot gerbeur en cellule de manutention (Andra, [12])

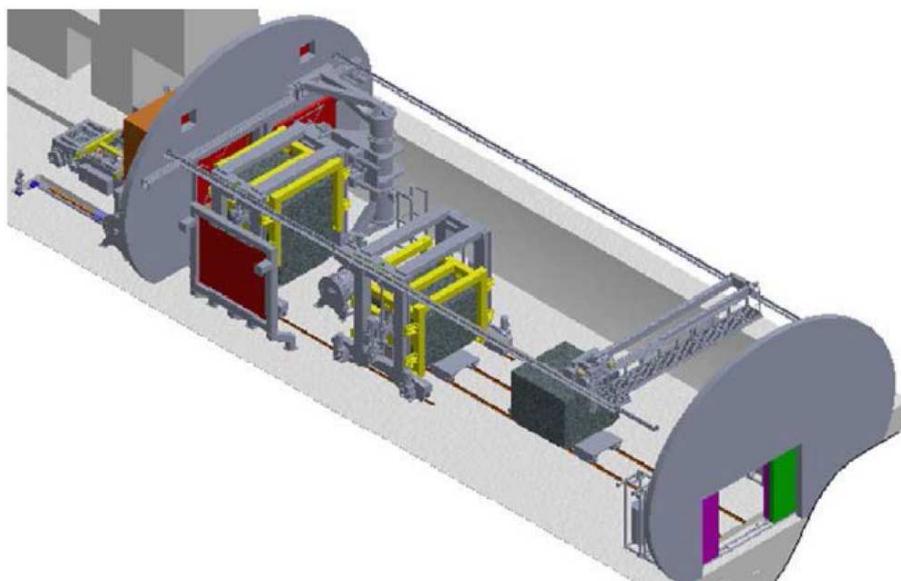


Figure 15 : Illustration du portique de transfert en cellule de manutention (Andra, [12])

### Mise en stockage HA

S'agissant des colis de stockage HA, au stade de l'esquisse, comme dans le « Dossier 2009 » [6], la hotte de transfert est accostée à l'operculaire de l'alvéole, le « *bouchon d'exploitation* » de l'alvéole est retiré et réservé (cf. Figure 16).

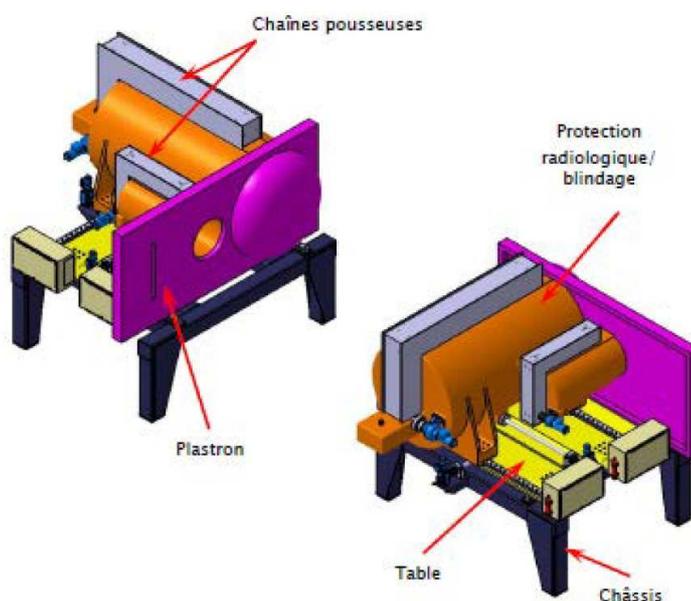


Figure 16 : Illustration schématique d'une hotte HA (Andra, [12])

Dans le « Dossier 2009 » [6], une « *chaîne pousseuse* » était le dispositif de référence pour la mise en stockage du colis HA et un « *robot pousseur* » la solution alternative. L'Andra [12] retient, au stade de l'esquisse, les deux modes d'introduction du colis de stockage HA dans l'alvéole. Une fois le « *bouchon d'exploitation* » de l'alvéole retiré, le colis de stockage est introduit à l'aide de la chaîne pousseuse ; celle-ci, intégrée à la hotte, se déroule en permettant l'introduction du colis de stockage HA dans l'insert de l'alvéole HA. Dans un deuxième temps, la chaîne pousseuse se rétracte et se repositionne dans la hotte avant que le robot pousseur « *pas à pas* » ne soit

introduit dans l'alvéole et prene le relais pour positionner définitivement le colis, ou un groupe de colis, au fond de l'alvéole.

### Flux d'air dans la zone nucléaire

Dans le « Dossier 2009 » [6], l'Andra retenait des circuits d'amenée et de retour d'air dans les installations souterraines distincts entre les zones nucléaires et de travaux. Pour ce qui concernait la zone de stockage MAVL, des galeries de retour d'air dédiées à l'extraction de l'air provenant des alvéoles de stockage permettaient de diriger l'air vers un puits de retour d'air dédié à cette zone. Pour ce qui concernait les zones HA, dont les alvéoles ne sont pas ventilés, les circuits de retour d'air en cas d'incendie étaient communs et dirigés vers le puits de retour d'air général du stockage, situé dans la zone centrale de soutien, commun aux zones nucléaires et de travaux.

Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] retient comme principe la séparation totale des flux d'air entre la zone nucléaire et la zone de travaux depuis l'admission d'air jusqu'au retour d'air dans les puits. L'air frais est acheminé, dans l'installation souterraine, par le puits d'entrée d'air et réparti en pleine section, à partir d'un plénum, dans la zone de soutien logistique puis dans les galeries de liaison et d'accès des différentes zones de stockage. Dans la descenderie, l'Andra prévoit [12] un sens d'air depuis le fond vers la surface, l'air frais provenant du puits d'entrée d'air de la zone nucléaire (cf. Figure 17).

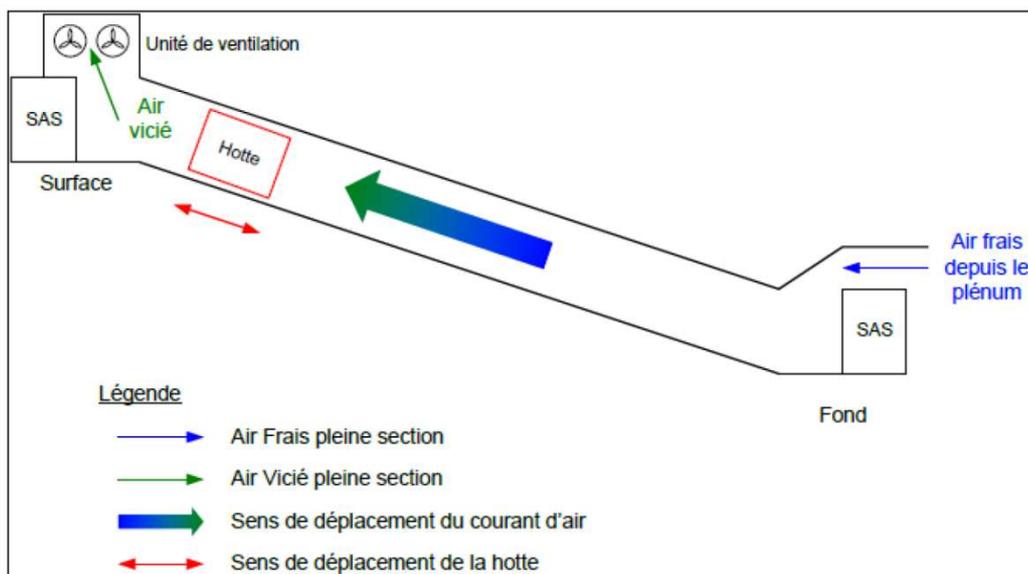


Figure 17 : Principe de ventilation de la descenderie d'exploitation colis (Andra, [12])

Après la traversée des alvéoles de stockage MAVL, l'air est récupéré dans une galerie de retour d'air avant d'être dirigé vers le puits de retour d'air de la zone nucléaire (cf. Figure 18). L'examen par l'IRSN de la ventilation des alvéoles de stockage MAVL est présenté aux chapitres 4.1 et 4.2 du présent rapport relatifs aux risques de dissémination de matières radioactives et aux risques liés à l'incendie.

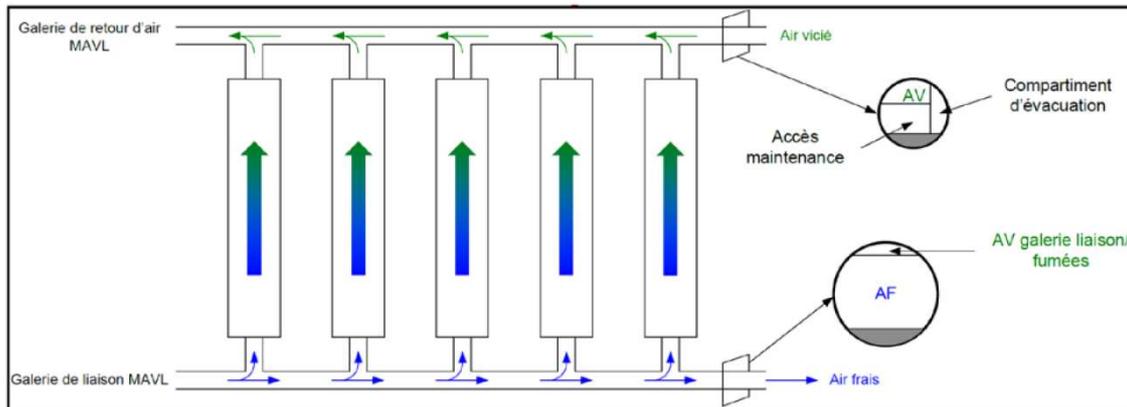


Figure 18 : Principe de ventilation des galeries et alvéoles MAVL (Andra, [12])

Dans les zones de stockage HA et HA0, l'air est acheminé en pleine section dans les galeries, extrait par un circuit d'extraction en fond de galerie dans une gaine dédiée et renvoyé au niveau du puits de retour d'air de la zone nucléaire (cf. Figure 19).

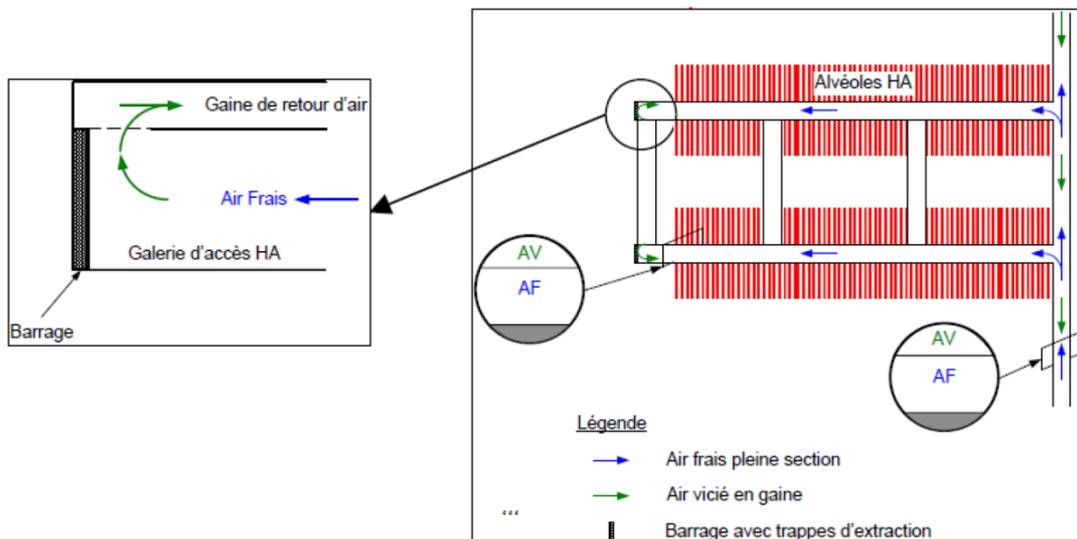


Figure 19 : Principe de ventilation des galeries HA (Andra, [12])

### 3 DEMARCHE DE SURETE

L'IRSN constate que les fonctions de sûreté retenues par l'Andra au stade de l'esquisse [12] n'ont pas sensiblement évolué depuis le « Dossier 2009 » [6]. Pour rappel, l'Andra [12] retient cinq fonctions de sûreté pour l'installation souterraine en phase d'exploitation :

- confiner les substances radioactives, de manière à se prémunir contre le risque de dispersion de ces substances,
- protéger les personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants,
- maîtriser la sûreté vis-à-vis du risque de criticité, en fonctionnement normal et accidentel,
- évacuer la puissance thermique des déchets,
- évacuer les gaz formés par radiolyse afin de gérer les risques d'explosion.

Par ailleurs, l'Andra a confirmé au cours de l'instruction que le confinement des toxiques chimiques pendant la phase d'exploitation est toujours recherché au stade de l'esquisse. Ceci n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN.

### Scénarios de sûreté

La démarche de sélection des scénarios de sûreté en exploitation retenue par l'Andra au stade de l'esquisse [12] et rappelée en annexe T1 est similaire à celle présentée au stade du « Dossier Jesq03 » [9]. Il convient de rappeler que cette démarche visait notamment à répondre à l'engagement E2.2 pris à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], afin de « préciser les critères de sélection de scénarios « de dimensionnement » ou « hors dimensionnement » » (terminologie retenue alors par l'Andra dans son dossier sans qu'elle ne soit définie) et de « justifier les situations qui ne seront pas retenues pour le dimensionnement de l'installation ».

La démarche retenue par l'Andra s'appuie sur une analyse des risques qui vise à identifier une « liste exhaustive des événements potentiels non souhaités pour l'installation ». Ceux-ci sont hiérarchisés selon leur vraisemblance, puis groupés en familles de situations (i) de fonctionnement normal et dégradé, (ii) incidentelles et accidentelles, (iii) « hors dimensionnement », (iv) exclues du dimensionnement et (v) extrêmes. Dans cette démarche, les deux premières familles de situations envisagées sont celles qui sont retenues pour le dimensionnement de l'installation (scénarios « de dimensionnement »), notamment le dimensionnement des dispositifs de prévention, de surveillance et la limitation des conséquences. La troisième a, selon l'Andra, pour objectif « de vérifier la robustesse de l'installation et de compléter éventuellement les dispositions prises dans le cadre du dimensionnement pour qu'en cas d'accidents graves mais rares, les conséquences soient limitées dans le temps et dans l'espace ». La quatrième regroupe les scénarios non pris en compte pour dimensionner l'installation, qui cumulent la défaillance de plusieurs dispositions robustes et indépendantes ou sont physiquement impossibles (par exemple chute d'avion sur les installations souterraines...). Il est à noter que l'Andra fait un lien entre les différentes familles et les niveaux de défense en profondeur, à savoir, pour les deux premières familles, les trois premiers niveaux de défense en profondeur (prévention, détection et maîtrise des accidents) et la troisième famille en lien avec le quatrième niveau (gestion des situations accidentelles non maîtrisées au troisième niveau notamment par l'intervention). Les évaluations complémentaires de sûreté sont associées à la cinquième famille (cf. *infra*).

Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] présente, pour les quatre risques analysés, des évaluations des conséquences radiologiques de situations de fonctionnement retenues à ce stade (fonctionnement normal, scénarios « de dimensionnement », scénarios « hors dimensionnement ») ainsi que les hypothèses retenues pour ces évaluations.

L'Andra [12] précise qu'à ce stade, elle ne peut assurer qu'une situation est exclue ou « hors dimensionnement » en l'absence de qualification de la performance des équipements qui sera faite au stade de l'avant-projet. L'IRSN convient que fixer ou exclure des situations pour le dimensionnement du stockage (en dehors de ceux déjà identifiés comme physiquement impossibles) requiert un certain degré d'avancement du projet. Toutefois, à environ trois ans de l'échéance retenue par l'Andra pour remettre son dossier de DAC, l'IRSN considère que les situations à retenir pour le dimensionnement du stockage doivent être fondées au plus tôt sur une analyse

détaillée des différents risques identifiés et des dispositions concrètes qui peuvent être mises en œuvre pour les maîtriser.

En outre, l'IRSN constate que les scénarios « *de dimensionnement* » et « *hors dimensionnement* » retenus par l'Andra ont évolué sans toutefois qu'une justification soit apportée quant à la modification des hypothèses retenues. Par exemple, l'Andra retenait au stade du « Dossier Jesq03 » [9] comme scénario « *de dimensionnement* » un incendie mettant en jeu un seul colis de stockage MAVL mais considérait comme « *hors dimensionnement* » un incendie concernant deux colis, et comme « *exclu* » un incendie impliquant un nombre supérieur de colis. Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] retient comme scénario « *de dimensionnement* » un incendie en alvéole MAVL impliquant deux colis de stockage et comme scénario « *hors dimensionnement* » le même nombre de colis, mais avec perte de confinement de ceux-ci ; un incendie impliquant plus de deux colis reste « *exclu* ». Or, l'IRSN rappelle la demande de l'ASN formulée à l'issue de l'instruction du « Dossier Jesq03 » [9] selon laquelle « *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* ». A cet égard, l'IRSN estime que, pour une nouvelle installation nucléaire de base, tout scénario de sûreté dont l'exclusion ne peut être démontrée, soit par son caractère de toute évidence physiquement impossible, soit en se fondant sur les dispositions de conception mises en œuvre, doit être retenu dans le dimensionnement de l'installation et de son plan d'urgence interne (PUI). La classification « *hors dimensionnement* » retenue par l'Andra reste quant à elle peu lisible. En tout état de cause, l'IRSN considère comme prioritaire, à environ trois ans de l'échéance retenue par l'Andra pour remettre son dossier accompagnant la DAC, de fixer les scénarios de sûreté, sur la base d'éléments permettant de justifier leur caractère représentatif des risques encourus, afin de démontrer avec un bon degré de confiance que les concepts présentés permettront de les maîtriser. Par conséquent,

l'IRSN estime que l'Andra devra distinguer, dans le DOS, les scénarios retenus pour le dimensionnement de l'installation ainsi que de son PUI et les scénarios exclus. Ce point fait l'objet de l'engagement E1 de la lettre Andra DG/14-0314 du 14 novembre 2014, rappelée en annexe A2 du présent rapport.

Au cours de la réunion préparatoire à la réunion des groupes permanents, l'Andra a précisé qu'elle abandonnera la terminologie « *hors dimensionnement* » et que la classe de scénarios appelés ainsi dans le présent dossier sera retenue pour le dimensionnement du PUI qui sera transmis avec le dossier accompagnant la DAC, ce qui est satisfaisant.

### Evaluations complémentaires de sûreté

Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] a intégré dans sa démarche une nouvelle étape relative aux situations extrêmes (étape 6 sur le schéma de l'annexe T1), qui sera retenue pour les évaluations complémentaires de la sûreté (ECS) de l'installation nucléaire, conformément à la demande de l'ASN formulée à l'issue de l'instruction du « Dossier Jesq03 » [9]. Ces évaluations ne sont toutefois pas présentées à ce stade.

Il convient de rappeler que les ECS font suite à une demande de l'ASN à l'intention de l'ensemble des exploitants nucléaires français, afin de prendre en compte le retour d'expérience de l'accident de la centrale de Fukushima

Dai-Ichi, survenu en mars 2011. La mise en œuvre de la démarche d'ECS nécessite de retenir, pour la conception d'une installation nouvelle comme pour l'examen d'installations existantes, des situations redoutées, par nature très peu probables mais pouvant conduire à des rejets massifs, afin d'identifier des objectifs de maintien de fonctions essentielles de l'installation ainsi que des dispositions de conception et d'exploitation permettant ce maintien (constitution, le cas échéant, d'un « noyau dur » de composants de l'installation).

S'agissant de Cigéo, l'IRSN rappelle, comme à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], que certains composants ne pourront pas aisément faire l'objet de retour sur conception après leur construction. Par exemple, il ne sera a priori pas envisageable de faire évoluer significativement les dimensions des ouvrages de liaisons surface-fond ou des alvéoles de stockage, notamment par la mise en place de dispositions ou d'équipements complémentaires, en raison des contraintes imposées par l'architecture générale du stockage et par son caractère souterrain. Or la démarche de mise en œuvre des ECS pour Cigéo pourrait avoir un impact significatif sur sa conception. L'IRSN appelle ainsi l'attention sur l'identification de scénarios relevant des ECS qui nécessitent une réflexion poussée dès la conception, comme évoqué au chapitre 4.2.3 du présent rapport relatif aux réactions exothermiques. Aussi,

**L'IRSN estime que l'Andra devra présenter, dans le DOS, la prise en compte des premières évaluations complémentaires de sûreté dans la conception de Cigéo. Ce point fait l'objet de l'engagement E2 de la lettre Andra DG/14-0314 du 14 novembre 2014, rappelée en annexe A2 du présent rapport.**

### Domaine de fonctionnement de l'installation et surveillance

La définition d'un domaine de fonctionnement d'une installation, à savoir les paramètres clés qui gouvernent sa sûreté et les valeurs de ces paramètres qui déterminent sa situation de fonctionnement (normal, autorisé, incidentel et accidentel), est une des attentes majeures de tout dossier de demande d'autorisation de création, conformément à la législation, sans préjudice des valeurs finalement retenues à l'issue des essais de mise en service. Au stade de l'esquisse de Cigéo, l'IRSN relève que le domaine de fonctionnement de l'installation de stockage et le programme de surveillance des paramètres précités ne sont pas encore établis.

L'Andra [13] indique que les objectifs de surveillance de l'évolution des ouvrages sont de (i) s'assurer que leur évolution permet de maintenir les fonctions de l'installation, (ii) réviser périodiquement la durée encore disponible avant la fermeture d'un alvéole ou d'un quartier d'alvéoles compte tenu des marges adoptées dans le dimensionnement et (iii) détecter à l'avance une évolution qui imposerait des actions curatives (retour à un niveau antérieur de récupérabilité associé éventuellement à la récupération de colis et/ou à une action de maintenance, nécessité d'un passage au niveau suivant de récupérabilité...) et correctives (modification de la conception des ouvrages suivants). Au stade de l'esquisse, l'Andra [13] a présenté une liste de paramètres *a minima* à surveiller pour la sûreté en exploitation (par exemple la contamination atmosphérique et l'ambiance radiologique dans des locaux) et pour la sûreté après fermeture (par exemple, l'extension de la zone d'argilite endommagée par l'excavation, appelée EDZ, en lien avec ses propriétés hydrauliques). L'Andra a indiqué, au cours de l'instruction, approfondir actuellement ce travail d'identification des besoins en termes de surveillance de Cigéo pendant la phase d'exploitation et de réversibilité.

L'IRSN estime que ces principes de surveillance ainsi que les paramètres à surveiller identifiés par l'Andra constituent une base satisfaisante pour répondre à l'engagement E2.1, pris par l'Andra à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], de présenter un programme d'observation et de surveillance dans le dossier accompagnant la DAC. Ils doivent toutefois être complétés par deux points, relatifs aux situations accidentelles pendant la phase d'exploitation et à la sûreté de l'installation après sa fermeture.

Pour ce qui concerne les situations accidentelles, l'IRSN considère que le retour d'expérience (REX) d'installations souterraines de stockage de déchets existantes (Asse, StocaMine, WIPP - cf. annexe T2) montre, bien que les accidents rencontrés soient par nature très différents et que leurs conséquences externes aient été limitées, la difficulté de pouvoir revenir aux conditions d'exploitation qui prévalaient avant qu'ils ne surviennent. **Aussi, l'IRSN estime que la surveillance de Cigéo est un élément fondamental pour permettre à l'exploitant de réagir avant qu'une situation accidentelle comportant des conséquences similaires ne puisse survenir** (cf. chapitre 4.2 du présent rapport relatif aux risques liés à l'incendie).

Pour ce qui concerne la sûreté de l'installation après sa fermeture, l'IRSN appelle en particulier l'attention, en cohérence avec le guide de sûreté de l'ASN relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde [11], sur la gouvernance future du stockage qui nécessitera que les paramètres associés à la sûreté à long terme du stockage soient mesurés dès la phase d'exploitation et de réversibilité et comparés aux valeurs cibles établies lors de la conception de l'installation. Ceci devra permettre de vérifier que l'état réel des différentes barrières de confinement est compatible avec l'état visé pour l'ensemble de l'installation après sa fermeture, comme le prévoit l'Andra [13].

Ainsi, l'IRSN considère que la capacité *in fine* de Cigéo à assurer la sûreté à long terme du stockage des déchets radioactifs est intimement liée à tous les événements qui prendront place au cours des phases de construction, d'exploitation et de fermeture du stockage. En conséquence, l'IRSN estime que toute sortie du domaine de fonctionnement, normal ou autorisé, détectée par le programme d'observation et de surveillance de l'installation devra être examinée, non seulement à l'aune des opérations nécessaires au retour au fonctionnement normal de l'installation, comme dans toute INB, mais aussi en fonction de l'impact de cette sortie sur l'état visé des barrières de confinement après la fermeture du stockage. A titre d'exemple, les conséquences d'un effondrement localisé de galerie devront le cas échéant être évaluées au regard de la sûreté de l'exploitation de l'installation, mais également vis-à-vis de l'état de l'installation après sa fermeture : garde de roche disponible, extension de la zone endommagée au droit de l'effondrement, propriétés lithologiques, etc.

L'IRSN considère enfin que cette démarche devra permettre de décider, le cas échéant, de l'opportunité de mettre en œuvre des actions correctives visant à assurer que les fonctions de sûreté à long terme du stockage pourront bien être délivrées à l'issue de la fermeture du stockage.

**Ainsi, l'IRSN estime qu'un enjeu majeur réside non seulement dans (i) l'identification des dérives du domaine de fonctionnement de l'installation pendant sa phase d'exploitation et de réversibilité, (ii) la capacité à mettre en œuvre les conditions d'un retour au fonctionnement normal de l'installation, mais aussi dans (iii) l'identification des conséquences de ces dérives sur le respect des exigences relatives à la sûreté à long terme du stockage et (iv) la capacité à mettre en œuvre des actions correctives permettant de garantir que**

l'état des barrières de confinement après la fermeture du stockage reste compatible avec l'objectif initial visé. En conclusion,

l'IRSN estime que l'Andra devra présenter, dans le dossier accompagnant la DAC, les paramètres clés qui gouvernent 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 fermeture. Ce point fait l'objet de l'engagement E3 de la lettre Andra DG/14-0314 du 14 novembre 2014, rappelée en annexe A2 du présent rapport.

L'IRSN considère que ces paramètres devront être, *in fine*, intégrés dans le domaine de fonctionnement de l'exploitation de l'installation.

### Démarche de sûreté relative à l'intervention en situation accidentelle

Dans la suite du présent rapport, plusieurs situations accidentelles sont évoquées dans le chapitre 4 du présent rapport relatif à l'évaluation de sûreté et les dispositions relatives à l'intervention sont examinées au chapitre 4.7 du présent rapport. De façon générale, la démarche de sûreté présentée au stade de l'esquisse par l'Andra ne comprend pas encore une stratégie d'intervention en cas d'accident. L'IRSN considère que le REX des situations accidentelles rencontrées sur différentes installations souterraines (cf. *supra*) met en exergue (i) la nécessité absolue d'éviter une situation accidentelle préjudiciable aux conditions d'exploitation ultérieures (le cas d'une contamination des galeries de liaison ou d'accès aux alvéoles MAVL est par exemple de nature à modifier profondément le fonctionnement ultérieur de l'installation, comme les modalités de reprise de l'exploitation du WIPP le montrent [26]), (ii) le besoin d'une anticipation aussi forte que possible des possibilités de réaction après un tel accident et (iii) des durées importantes d'indisponibilité des installations accidentées.

A cet égard, l'IRSN considère qu'une indisponibilité prolongée de l'unique filière de gestion des déchets que constituera Cigéo aurait des répercussions sur les installations en amont de cette filière, pouvant mettre en jeu leur sûreté et la radioprotection des travailleurs. Ainsi, l'IRSN estime qu'au-delà de la prévention des situations accidentelles retenues, la possibilité d'intervenir et le cas échéant de réhabiliter l'installation doit constituer une priorité. L'IRSN estime enfin que l'anticipation des modalités d'intervention et de réhabilitation pourrait imposer des évolutions de la conception de Cigéo (réservations, stockage de matériel...). **Aussi, l'IRSN appelle l'attention d'une part sur la nécessité de prévenir toute situation accidentelle dont les conséquences seraient préjudiciable aux conditions d'exploitation ultérieures et d'autre part sur l'importance de définir un plan d'actions visant à une réhabilitation de l'installation après un accident, en cohérence avec les fonctions de sûreté retenues pour Cigéo.**

En particulier, il conviendra dans ce cadre de tenir compte des évaluations complémentaires de sûreté (cf. *supra*).

### Objectifs de protection contre les rayonnements ionisants

L'Andra [12] présente, au stade de l'esquisse, les objectifs de protection contre les rayonnements ionisants qu'elle retient pour les différentes situations de fonctionnement de Cigéo évoquées ci-dessus (cf. Tableau 1).

	Personnel en zone réglementée	Public et environnement
Situations normale et dégradée	ALARA <sup>1</sup> Dose efficace individuelle < 5 mSv/an	Absence de rejets non concertés Rejets concertés suivant autorisations de rejets Dose efficace individuelle < 0,25 mSv/an
<b>DIMENSIONNEMENT</b>		
Situations incidentelles	ALARA Dose efficace individuelle inférieure à la valeur de la réglementation (< 20 mSv/an)	Dose efficace individuelle inférieure à la valeur de la réglementation (< 1 mSv/an)
Situations accidentelles	Limitation des doses des travailleurs Prise en compte des contraintes liées à la situation post-accidentelle	Dose efficace individuelle < 10 mSv/an (intégrée sur 50 ans) Absence de nécessité de mesures de protection du public
<b>HORS DIMENSIONNEMENT</b>		
Situations accidentelles	Pas d'effet falaise	
	Mesures de protection du public limitées dans le temps et l'espace	
<b>ECS</b>		
Situations extrêmes	Pas de rejets massifs	

Tableau 1 : Objectifs de protection contre les rayonnements ionisants (Andra, [12])

L'IRSN note que les objectifs chiffrés du tableau 1 correspondent à des contraintes que se fixe l'Andra avant d'effectuer une optimisation des doses qui seraient reçues par le personnel ou le public. L'Andra définit, comme dans le « Dossier 2009 » [6], une dose efficace individuelle maximale (ou « contrainte dose ») pour le public et l'environnement en situations normale et dégradée correspondant au quart des valeurs issues de la réglementation et y associe le principe d'optimisation sous contrainte de dose, en tenant compte des facteurs économiques et sociaux (démarche ALARA), ce qui n'appelle pas de remarque à ce stade.

En revanche, l'IRSN relève que la dose efficace individuelle maximale retenue par l'Andra pour le personnel en zone réglementée en situation incidentelle (< 20 mSv/an) au stade de l'esquisse est plus importante que dans le « Dossier 2009 » (5 mSv/an, [6]) et égale à la limite réglementaire. Au cours de l'instruction, l'Andra a indiqué que les valeurs de dose retenues pourront être affinées d'ici à la DAC, à l'issue d'une démarche itérative visant à évaluer l'« acceptabilité des choix de conception et d'exploitation » et a confirmé appliquer la démarche ALARA. L'IRSN rappelle, comme dans le « Dossier 2009 » [6], que la démarche d'optimisation et sa mise en œuvre à la conception des différents postes de travail ainsi que ses résultats en termes d'impact dosimétrique prévisionnel restent des attendus dans le dossier accompagnant la DAC. En tout état de cause, l'IRSN souligne que la contrainte de dose se définit, d'après la commission internationale de protection radiologique (CIPR), comme une borne supérieure de la dose individuelle prévue dans l'optimisation de la protection et reste inférieure à la limite de

<sup>1</sup> As Low As Reasonably Achievable : dispositions mises en place afin de réduire les expositions aussi basses que raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux.

dose établie réglementairement. Aussi, l'IRSN appelle l'attention sur le fait que la démarche d'optimisation doit prendre en compte des contraintes de dose présentant une marge par rapport aux limites réglementaires.

Pour ce qui concerne les situations accidentelles « hors dimensionnement » et celles relevant des ECS (cf. Tableau 1), l'IRSN considère que la réponse de l'Andra aux engagements E1 et E2 pris au cours de la présente instruction (cf. *supra*) devra permettre de statuer sur le bien-fondé des objectifs de protection qui seront retenus.

## **4 EVALUATION DE SURETE**

### **4.1 RISQUES DE DISSEMINATION DE MATIERES RADIOACTIVES**

Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] retient, comme dans le « Dossier 2009 » [6], l'objectif de confinement des matières radioactives par le maintien d'au moins un système de confinement entre les zones contaminées et les zones non contaminées ou l'environnement, dans toutes les situations associées aux scénarios « de dimensionnement ». Pour ce faire, l'Andra [12] vise, en fonctionnement normal, « à maintenir un niveau de contamination aussi faible que possible dans les différents « locaux » de l'installation et limiter les rejets de substances radioactives à l'extérieur de l'installation » et retient, en situations incidentelles et accidentelles, des dispositions visant « à limiter les conséquences radiologiques pour le personnel, le public et l'environnement ».

#### **Systemes de confinement**

Pour ce qui concerne les déchets HA, l'Andra retenait au stade du « Dossier 2009 » [6] le colis primaire comme premier système de confinement et le conteneur de stockage comme second système de confinement. Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] retient un unique système de confinement constitué du colis de stockage, composé du colis primaire et du conteneur de stockage en acier, assurant chacun le rôle de barrière de confinement (évolution de la terminologie par rapport au « Dossier 2009 »). La mise en place d'un second système de confinement dans l'installation souterraine n'est pas jugée nécessaire compte tenu de la robustesse du colis de stockage HA. L'IRSN convient que le colis de stockage HA et notamment le conteneur de stockage, dont le dimensionnement vise à le rendre étanche à l'eau sur une durée d'ordre millénaire (protection du colis primaire des arrivées d'eau), devrait constituer un ensemble robuste pendant la phase d'exploitation et de réversibilité. L'IRSN s'interroge néanmoins quant à la gestion des eaux qui arriveront dans les alvéoles de stockage pendant cette phase et aux exigences et dispositions associées qui seront retenues afin (i) de récupérer ces eaux et (ii) de les traiter en cas de colis de stockage défectueux (voire contaminés).

Pour ce qui concerne les déchets MAVL, l'Andra retenait au stade du « Dossier 2009 » [6] le colis primaire comme premier système de confinement et comme second système de confinement, le génie civil et la ventilation associée. Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] définit le premier système de confinement comme le colis de stockage (colis primaire placé dans un conteneur de stockage, cf. chapitre 2 du présent rapport relatif à la description de l'installation) ou le colis primaire lorsqu'aucune mise en conteneur de stockage n'est envisagée (cf. *infra*) et un second système de confinement assuré par, d'une part la hotte de transfert dans les galeries et

les liaisons surface-fond, d'autre part les parois des ouvrages associées à un confinement dynamique dans les alvéoles de stockage MAVL (cf. *infra*).

### Colis primaires et colis de stockage MAVL

L'Andra [12] indique qu'il existe une incertitude sur les performances de confinement de certains colis primaires MAVL sur la durée d'exploitation et que « *pour pallier cette incertitude sur le comportement des colis primaires dans la durée (pendant le stockage en alvéole jusqu'à sa fermeture), la fonction de confinement pourrait faire intervenir le conteneur de stockage comme barrière de confinement* ». A cet effet, l'Andra [12] ajoute que, si une fonction de confinement était attribuée au conteneur de stockage, elle impliquerait la mise en place d'un dispositif complémentaire, par exemple la mise en œuvre d'un liant de clavage, pour assurer une jointure entre le corps du conteneur et son couvercle, lors de la fabrication du colis de stockage, dit alors « clavé ». Au cours de l'instruction, l'Andra a précisé que les exigences associées au confinement et les différentes solutions de stockage, à savoir (i) le stockage direct (i.e. sans conteneur de stockage), (ii) en conteneur de stockage « clavé » ou (iii) en conteneur de stockage « sans clavage » seraient définies dans le dossier accompagnant la DAC. L'Andra ajoute que si le stockage direct de colis primaires sans conteneur était retenu, le colis primaire constituerait alors le premier système de confinement.

L'IRSN estime que la possibilité d'un stockage direct de colis primaires sans conteneur est une évolution notable depuis le « Dossier 2009 » [6] mais qui reste cohérente avec la position de l'ASN prise à l'issue de l'instruction du « Dossier Jesq03 » [9], selon laquelle « *conformément au principe de confinement au plus près de la radioactivité, à celui de la défense en profondeur, ainsi qu'aux principes énoncés dans le guide de sûreté [...], les performances attendues pour la première barrière de confinement statique (constituée du colis primaire et éventuellement d'un conteneur de stockage) doivent être obtenues en priorité par le colis primaire* ». L'IRSN avait indiqué, à l'issue de l'instruction du « Dossier Jesq03 » [9], qu'il n'avait pas d'opposition de principe sur un tel stockage direct (sans conteneur de stockage) à condition que la démonstration de l'atteinte des performances de confinement équivalentes à celles que présenterait le colis de stockage soit apportée en situation normale comme en cas d'incident. En effet, les objectifs de protection (cf. *supra*) et donc les exigences de confinement des matières radioactives solides et de récupérabilité qui reposent sur le colis de stockage ou potentiellement sur le colis primaire doivent être les mêmes quelle que soit la solution de stockage. A cet égard, l'IRSN estime, en cohérence avec la position de l'ASN précitée, que les spécifications d'acceptation des colis de déchets destinés au stockage devront faire état des exigences de confinement retenues pour les colis primaires pendant la phase d'exploitation et de réversibilité quel que soit leur mode de conditionnement (stockage direct, en conteneur « sans clavage » ou en conteneur « clavé »). En outre, l'IRSN rappelle, comme souligné lors de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], que les performances de confinement de certains colis primaires qui sont déjà produits peuvent être difficiles à démontrer sur la durée d'exploitation et de réversibilité de Cigéo. Aussi, l'IRSN estime que pour ces colis primaires, le premier système de confinement doit être constitué du colis primaire et du conteneur de stockage, à savoir deux composants contribuant chacun à assurer le rôle de barrière de confinement statique exigée du colis de stockage. En conséquence,

l'IRSN estime que l'Andra devra présenter :

- dans le projet de spécifications préliminaires d'acceptation des colis de déchets joint au DOS, les exigences de confinement assignées aux colis de déchets primaires MAVL suivant qu'ils sont acceptés pour un stockage direct ou pour un stockage en conteneur de stockage ;
- dans le DOS, les fonctions et les performances des conteneurs de stockage ;
- dans le dossier accompagnant la DAC, les dispositions concrètes permettant de satisfaire ces exigences, quelle que soit la solution de stockage envisagée.

L'Andra devra également présenter, dans le dossier accompagnant la DAC, les modes de stockage retenus ou envisagés pour chaque famille de colis de déchets du programme industriel de gestion des déchets (PIGD).

Ce point fait l'objet de l'engagement E4 de la lettre Andra DG/14-0314 du 14 novembre 2014, rappelée en annexe A2 du présent rapport.

### Hottes de transfert

L'Andra [12] présente les exigences retenues pour le dimensionnement des hottes de transfert, à savoir (i) la protection du colis de stockage (maintien de son intégrité physique) pour les scénarios incidentels et accidentels identifiés dans la descenderie et les galeries souterraines et (ii) le maintien de la fonction de confinement de ce colis. L'Andra précise que le choix d'un classement C1<sup>2</sup> de la descenderie et des galeries souterraines guide également le dimensionnement de la hotte de transfert, compte tenu de la nécessité d'absence de contamination en situation normale et du caractère acceptable d'un faible niveau de contamination dans des circonstances exceptionnelles. L'Andra indique qu'au stade de l'esquisse, la performance de confinement visée pour les hottes est de l'ordre de  $10^{-2} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ <sup>3</sup> et que celle-ci sera définie en phase APS sur la base des scénarios qui seront retenus. En outre, l'Andra [12] prévoit que les hottes ne soient pas étanches aux gaz afin de prévenir le risque d'explosion lié à la production d'hydrogène par les colis. A cet égard, l'Andra précise qu'elle retient la possibilité d'équiper les hottes de transfert d'une trappe permettant d'évacuer les gaz au-delà de l'atteinte d'un seuil de concentration comme disposition en situation incidentelle ou accidentelle entraînant l'immobilisation de la hotte. A ce stade du développement du projet, l'Andra n'a toutefois pas précisé la conception et les performances de confinement de la trappe.

Les performances de confinement visées de la hotte au stade de l'esquisse, compte tenu de l'objectif de propreté radiologique<sup>4</sup> retenu par l'Andra pour les colis de stockage, n'appellent pas de remarque particulière de la part de l'IRSN. S'agissant de la présence d'une trappe intégrée à la hotte, l'IRSN n'a pas d'opposition de principe mais appelle cependant l'attention sur le potentiel point faible du confinement assuré par la hotte, que constitue la présence de cette trappe. A cet égard, l'IRSN rappelle que l'Andra s'est engagée (engagement E4.1) à l'issue de

---

<sup>2</sup> Le classement C1 correspond à une zone propre exempte, en condition normale de fonctionnement, de toute contamination radioactive, surfacique ou atmosphérique ; seul un faible niveau de contamination est accepté, dans des circonstances exceptionnelles

<sup>3</sup> Flux de fuite :  $1 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  correspond à un transfert de gaz ayant entraîné une remontée de pression de 1 Pa dans un volume de  $1 \text{ m}^3$  en 1 seconde (ou une chute de pression dans le cas d'un volume en surpression)

<sup>4</sup> L'Andra retient une contamination surfacique maximale de  $0,4 \text{ Bq/m}^2$  pour les émetteurs  $\alpha$  et  $4 \text{ Bq/m}^2$  pour les émetteurs  $\beta\gamma$

l'instruction du « Dossier 2009 » [6], à définir, dans le dossier accompagnant la DAC, les exigences de sûreté associées à la deuxième barrière de confinement statique (i.e. la hotte de transfert) en prenant en compte notamment la défaillance du colis primaire en tant que première barrière de confinement. **L'IRSN souligne donc la nécessité de prendre également en compte la présence éventuelle de la trappe dans la réponse à l'engagement précité.**

### Ventilation des alvéoles MAVL

Le principe de confinement dynamique retenu pour les alvéoles MAVL au stade de l'esquisse (présenté sur la Figure 20) a évolué depuis le « Dossier 2009 » [6]. En effet, l'Andra ne retenait alors pas de filtration très haute efficacité (THE) au niveau des alvéoles MAVL. Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] prévoit une admission d'air dans chaque alvéole par transfert depuis la galerie d'accès, un transfert en pleine section dans l'alvéole de façon longitudinale, une collecte en fond d'alvéole dirigée vers un niveau de filtration THE (propre à chaque alvéole), avec une extraction en surface par des ventilateurs communs à l'ensemble de la zone nucléaire (cf. chapitre 2.3 du présent rapport relatif aux flux dans l'installation nucléaire). L'IRSN estime que ceci répond, dans le principe, à la demande de l'ASN formulée à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], relative à l'analyse des risques liés à une défaillance de la première barrière de confinement et aux dispositions visant à assurer, lorsque nécessaire, un confinement dynamique dans certains secteurs de l'installation.

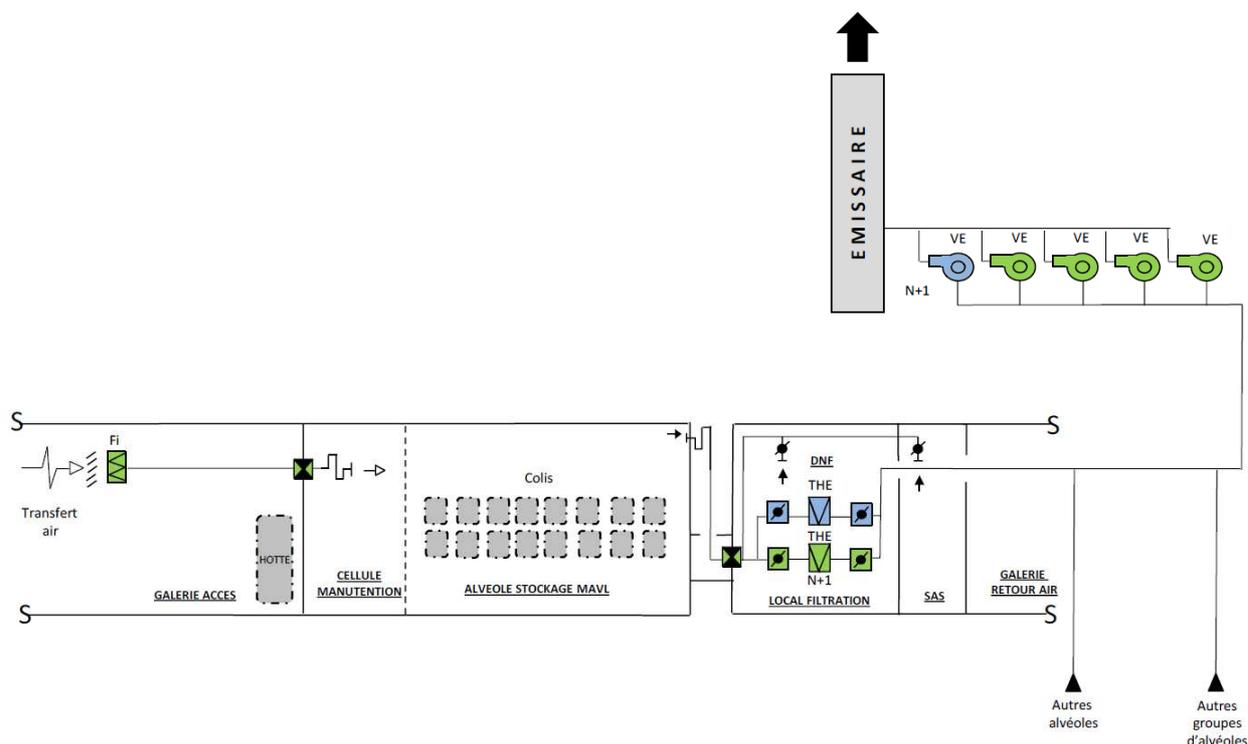


Figure 20 : Schéma-type de la ventilation d'un alvéole MAVL en fonctionnement normal (Andra, [12])

L'IRSN souligne que compte tenu du caractère souterrain de l'installation et de l'environnement cimentaire des alvéoles MAVL (génie civil et colis de stockage) pouvant générer des poussières, le colmatage des filtres THE situés au niveau de chaque alvéole pourrait être plus rapide que sur une installation nucléaire de base classique et nécessiter des changements relativement fréquents. A cet égard, l'IRSN rappelle qu'une bonne pratique dans les

installations nucléaires de base classiques est de mettre en place une pré-filtration de type moyenne efficacité (ME) afin de préserver les filtres THE. Aussi, l'IRSN appelle l'attention sur l'intérêt de mettre en place des dispositions complémentaires afin de se prémunir du colmatage précoce des filtres THE.

Par ailleurs, l'Andra [12] indique que le renouvellement d'air des alvéoles MAVL varie entre 9 000 m<sup>3</sup>/h et 2 900 m<sup>3</sup>/h, selon le taux de remplissage de l'alvéole. En outre, l'Andra précise que des cascades de dépression sont visées au niveau de chaque alvéole de stockage entre les différents locaux (cellule de manutention, partie utile de l'alvéole, local filtration THE et sas d'accès au local filtration). Au cours de l'instruction, l'Andra a ajouté que le réglage des débits et des dépressions serait réalisé à l'aide de registres en pied de puits ainsi qu'au niveau de chaque alvéole, notamment en s'appuyant sur le retour d'expérience du pilotage de la ventilation dans les ouvrages souterrains. L'IRSN estime que les principes retenus pour la ventilation des alvéoles MAVL sont globalement acceptables à ce stade et rappelle que l'Andra s'est engagée (engagement E4.2) à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], à présenter, dans le dossier accompagnant la DAC, les modalités de 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 et de réversibilité du stockage.

#### Contrôle et surveillance du confinement

S'agissant du contrôle des colis de stockage MAVL, l'Andra [12] retient notamment un contrôle de second niveau des procédés de production des colis ainsi qu'un contrôle par sondage des paramètres importants pour la sûreté, en complément des contrôles réalisés par les producteurs des déchets.

L'Andra [13] envisage qu'une « inspection régulière de l'état des colis et des tunnels de stockage et le prélèvement d'échantillons atmosphériques dans l'alvéole [puissent] être réalisés notamment au moyen du dispositif téléopéré », les dispositions concrètes qui lui seront associées sont en cours d'étude. L'IRSN estime que la mise en place de dispositifs de surveillance des colis de stockage tout au long de la phase d'exploitation et de réversibilité est un élément favorable pour la maîtrise de la sûreté de l'installation. Cependant, l'IRSN observe que le faible volume libre de la partie utile de l'alvéole MAVL et l'impossibilité de réaliser une maintenance (en raison de l'ambiance radiologique) pendant la phase d'exploitation et de réversibilité au sein de ces alvéoles pourraient constituer des obstacles à la mise en œuvre, voire à l'efficacité d'un dispositif téléopéré pour l'inspection de l'état des colis de stockage. Aussi, l'IRSN encourage l'Andra à poursuivre ses études afin de démontrer la faisabilité d'un tel dispositif, notamment à travers la mise en œuvre d'un démonstrateur au cours de la phase pilote de Cigéo.

L'Andra [12] ajoute qu'une surveillance de contamination atmosphérique à l'extraction d'air des alvéoles MAVL ainsi que des locaux de l'installation souterraine destinés à recevoir du personnel sera mis en place. L'IRSN souligne que, compte tenu d'une part des débits de ventilation, du caractère souterrain de Cigéo et de l'environnement cimentaire des alvéoles MAVL (génie civil et colis de stockage) et d'autre part du retour d'expérience d'installations nucléaires de base (notamment l'Atelier de Vitrifaction de Marcoule où la corrosion perforante constatée lors d'un retrait de colis de déchets n'avait jamais été détectée au préalable par les dispositifs de surveillance de la contamination atmosphérique des fosses à l'extraction d'air [19]), la démonstration de la détection d'une défaillance du confinement d'un colis de stockage par la surveillance de la

contamination atmosphérique en sortie des alvéoles MAVL peut ne pas être suffisante. De plus, l'IRSN estime que le REX de l'accident de relâchement de radioactivité du WIPP (cf. annexe T2) montre que l'une des principales difficultés du U.S. Department of Energy (DOE) pour détecter au plus tôt la reprise de réactions exothermiques dans le colis de déchets incriminé et pour trouver les causes de la contamination (en particulier identifier si un seul ou plusieurs colis sont à l'origine du relâchement constaté) réside dans le fait que les colis stockés au WIPP ne font pas l'objet d'une surveillance suffisante. Aussi, l'IRSN estime que l'Andra devra approfondir les enseignements qu'elle tire du REX du WIPP pour la définition du programme de surveillance de Cigéo. En conclusion, l'IRSN appelle l'attention sur la nécessité de mettre en œuvre une surveillance dans les alvéoles MAVL permettant de détecter au plus tôt une défaillance du confinement d'un colis de stockage pendant la phase d'exploitation et de réversibilité. Cette conclusion est reprise dans le chapitre 4.2.3 du présent rapport relatif aux risques liés aux réactions exothermiques.

S'agissant de la surveillance des rejets en surface des effluents gazeux (gaz, poussières et aérosols) extraits de la zone nucléaire de Cigéo, l'Andra [12] prévoit de les mesurer en continu au niveau des cheminées de ventilation de la zone puits et de la zone descendrière. L'IRSN estime que l'air extrait pourrait présenter un taux d'empoussièrément notablement plus important que celui rencontré dans les installations nucléaires de base en surface, en raison de la taille et du caractère souterrain de l'installation. Ainsi, pour ce qui concerne la mesure des aérosols radioactifs, qu'elle soit en temps réel (balise d'aérocontamination avec filtre déroulant) ou différée (filtre de prélèvement changé périodiquement), la présence de poussières dans l'air pourrait d'une part nuire à la détection en temps réel d'une faible activité atmosphérique, en raison d'un colmatage plus rapide des balises, conduisant à un renouvellement plus rapide du filtre et donc une précision moins importante, d'autre part rendre le comptage plus délicat pour les mesures en différé. Aussi, il conviendra de veiller à l'adéquation des dispositions qui seront mises en place pour la surveillance des rejets avec les caractéristiques de l'air extrait de l'installation souterraine.

## 4.2 RISQUES LIÉS A L'INCENDIE

### 4.2.1 DISPOSITIONS DE PROTECTION CONTRE L'INCENDIE

#### Mise en œuvre du référentiel incendie

L'IRSN avait identifié, au cours de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], (i) le besoin de mettre en place un référentiel incendie en raison du large éventail de réglementations et de référentiels disponibles et applicables pour la gestion des risques liés à l'incendie d'une part dans les installations nucléaires de base et d'autre part dans les ouvrages souterrains (mines, tunnels) et (ii) la nécessité d'évaluer les conséquences d'un incendie dans l'installation souterraine à l'intérieur et à l'extérieur de ladite installation. A l'issue de cette instruction, l'Andra s'était engagée (engagement E7.1) à présenter, dans le dossier accompagnant la DAC, sa démarche d'analyse des risques liés à l'incendie, en considérant d'une part les exigences de sûreté applicables aux INB de surface, d'autre part celles applicables aux ouvrages souterrains (mines, tunnels), ce référentiel ainsi formé devant porter sur la prévention et la limitation des risques liés à l'incendie, pouvant avoir des conséquences à l'intérieur et à l'extérieur de l'installation nucléaire souterraine.

Au stade de l'esquisse, l'Andra utilise le référentiel incendie [16] élaboré conformément à l'engagement précité et retient quatre objectifs de sécurité incendie :

- protection de la vie et de la santé des personnes présentes dans les installations,
- préservation de l'environnement (incluant la protection des populations avoisinantes),
- maintien des fonctions de sûreté,
- maintien de l'activité industrielle et des installations.

A ces objectifs, l'Andra associe des « *sous objectifs de sécurité* » puis des exigences fonctionnelles pour chacun d'entre eux. De plus, l'Andra définit des critères de performance liés à ces exigences fonctionnelles, notamment pour guider la conception de Cigéo. Par exemple, pour l'objectif de maintien des fonctions de sûreté, l'Andra retient six « *sous objectifs de sécurité* » dont le confinement des substances radioactives, pour lequel l'Andra retient une exigence fonctionnelle de maintien du confinement en situations d'incendie et de post-incendie. Cette exigence fonctionnelle est déclinée en six critères de performance. L'Andra précise que la conception de Cigéo doit viser à l'atteinte des exigences et critères de performance et reposer sur des valeurs et/ou des dispositions techniques issues de la réglementation ; cette démonstration peut également s'appuyer sur des simulations, des essais et, le cas échéant, sur le retour d'expérience appuyé par le jugement d'expert.

L'IRSN constate que le référentiel incendie présenté par l'Andra au stade de l'esquisse couvre déjà une grande variété d'exigences fonctionnelles et de critères de performance associés et qu'il fera l'objet de mises à jour lors des phases de conception ultérieures. **Ceci est satisfaisant sur le principe. L'engagement E7.1 peut donc être considéré comme soldé.** Néanmoins, à ce stade du projet et sans préjuger de la déclinaison du référentiel incendie dans les dossiers à venir, celui-ci appelle les remarques suivantes.

L'IRSN note que l'Andra ne présente pas de critère de tenabilité, notamment thermique, pour les équipements de protection des équipes d'intervention. Au cours de l'instruction, l'Andra a indiqué que les équipements de protection des équipes d'intervention seraient précisés dans les phases ultérieures d'APS et d'APD et déterminés sur la base de ceux déjà utilisés et portés par les sapeurs-pompiers des services départementaux d'incendie et de secours. L'IRSN souligne que l'établissement de critères de tenabilité permet notamment d'identifier les situations pour lesquelles l'intervention des équipes sera limitée et que si la tenabilité (notamment thermique) n'est pas acquise, des modifications de conception de l'installation et/ou des dispositions complémentaires pourraient s'avérer alors nécessaires (mise en place de systèmes d'extinction fixe...). **Aussi, l'IRSN souligne l'importance de prendre en compte dès la conception des critères de tenabilité, notamment thermique, associés aux équipements de protection des équipes d'intervention.**

Par ailleurs, le REX rassemblé par l'Andra [17] montre également que la présence de fumées opaques et toxiques est un point commun à la plupart des incendies en milieu souterrain. L'Andra retient dans le référentiel incendie [16] des exigences liées à la réaction au feu des matériaux, sur la base de la norme NF EN 13501-1. L'IRSN relève que les classes de réaction au feu présentées à ce stade ne comprennent pas de critère de production de fumées. L'Andra retient également des exigences en lien avec la concentration en gaz toxiques et en oxygène dans l'air et indique que les critères associés à ces exigences seront définis sur la base d'une connaissance précise de l'installation et des équipements présents. A cet égard, l'IRSN souligne que, lors d'incendies en milieu souterrain, les difficultés de mise en œuvre d'une intervention rapide et efficace permettent souvent à l'incendie de se

développer. En particulier, la présence de fumées opaques et toxiques ralentit considérablement la progression des équipes d'intervention. Aussi, l'IRSN estime que les matériaux et équipements utilisés dans l'installation souterraine et les liaisons surface-fond devront être choisis notamment au regard de leur production de fumées et de la toxicité de ces fumées. En conséquence,

l'IRSN estime que l'Andra devra compléter, dans le dossier accompagnant la DAC, les exigences de son référentiel incendie relatives à l'opacité et la toxicité des fumées. Ce point fait l'objet de l'engagement E5 de la lettre Andra DG/14-0314 du 14 novembre 2014, rappelée en annexe A2 du présent rapport.

### Démarche d'analyse des risques liés à l'incendie

Au stade de l'esquisse, l'Andra confirme dans le référentiel incendie [16] qu'elle appuie sa démarche d'analyse des risques liés à l'incendie sur :

- l'identification des sources de dangers et des cibles pour les quatre objectifs visés (cf. *supra*),
- la détermination de dispositions de prévention et de protection adaptées aux enjeux,
- l'établissement de scénarios d'incendie enveloppes qui doivent permettre de justifier du caractère suffisant des dispositions de protection contre l'incendie (DPCI) retenues,
- la prise en compte de la défaillance d'un équipement « actif » de protection contre l'incendie et la justification de l'absence d'un effet falaise.

Les deux premiers points, couramment traités dans des analyses de risques liés à l'incendie, **n'appellent pas de commentaire de la part de l'IRSN.**

Pour ce qui concerne le troisième point, l'Andra [12] précise que les feux de référence présentés au stade de l'esquisse devront être consolidés en phase d'APS. L'IRSN rappelle que la justification du caractère enveloppe des effets des incendies qui seront retenus pour le dimensionnement des DPCI et la justification de la capacité des DPCI à prévenir et limiter les conséquences des incidents ou accidents liés à l'incendie font l'objet des engagements E7.2 et E7.3 pris par l'Andra à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6] en vue du dossier accompagnant la DAC. **En l'absence de feu de référence consolidé au stade de l'esquisse, l'IRSN considère que ces engagements restent donc à solder, au plus tard dans le dossier accompagnant la DAC.**

Pour ce qui concerne le dernier point, l'IRSN constate qu'au stade de l'esquisse l'Andra ne présente ni la définition des catégories « actifs » ou « non actifs » qu'elle utilise pour les équipements de protection contre l'incendie, ni leur classement dans ces catégories. L'IRSN estime que l'ensemble de ces équipements concourent à la maîtrise des risques liés à l'incendie et donc qu'il n'est pas raisonnable d'écarter a priori l'étude des conséquences de la défaillance d'un équipement « non actif ». **Aussi, l'IRSN estime important d'analyser les conséquences de la défaillance de toute disposition de maîtrise des risques incendie et, le cas échéant, de justifier leur exclusion.**

Enfin, l'IRSN rappelle que l'Andra s'est engagée à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6] (engagement E7.4) à préciser, dans le dossier accompagnant la DAC, 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 surface-fond, et à

présenter les dispositions permettant d'éviter la propagation d'un incendie entre la cellule de manutention et la partie utile d'un alvéole MAVL. Au stade de l'esquisse, l'Andra présente les principes de sectorisation pour la descenderie « exploitation colis » (fermeture des portes des gares haute et basse) ainsi que pour les alvéoles MAVL (un secteur de feu constitué de la cellule de manutention et de la partie utile de l'alvéole et un secteur de feu constitué du local filtration) et les principes de compartimentage des galeries de liaison et d'accès (fermeture de portes dans les galeries). L'Andra ne présente toutefois pas les dispositions associées à ces principes. **Il conviendra donc, pour solder l'engagement E7.4 pris par l'Andra pour le dossier accompagnant la DAC, que l'Andra précise les exigences et les dispositions liées à ces principes, celles associées à la ZSL ainsi que celles permettant d'éviter la propagation d'un incendie entre la cellule de manutention et la partie utile d'un alvéole MAVL.**

### **Simulation d'incendies en milieu souterrain**

L'Andra a présenté, au cours de la présente instruction, les outils et modèles qu'elle utilise pour évaluer les risques liés à l'incendie, notamment le logiciel *Fire Dynamic Simulator* (FDS) pour les modélisations d'incendie en zone nucléaire ou dans les zones « à forts enjeux », ou les logiciels de type ANSYS ou SAFIR pour les simulations thermiques et thermomécaniques sous agression d'un incendie sur des équipements « à forts enjeux » en zone nucléaire ou en zone de travaux. L'Andra précise que, dans la démonstration de sûreté, les résultats des modélisations d'incendies seront comparés aux critères de performance retenus tels que par exemple les distances d'évacuation pour le personnel, les niveaux de température, l'opacité. L'IRSN note qu'à ce stade, la notion de « fort enjeu » reste à préciser dans l'analyse des risques liés à l'incendie.

L'IRSN avait signalé à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6] la nécessaire adaptation des outils de simulation numérique de développement d'incendie aux spécificités de Cigéo (géométrie des ouvrages de stockage, galeries de grandes longueurs, espaces confinés...). En outre, l'importance que l'Andra attribue, dans l'évaluation des risques liés à l'incendie, aux résultats de simulation au regard d'autres éléments, comme la prise en compte du REX par exemple, mérite d'être explicitée. **L'IRSN rappelle que la présentation des méthodes et outils (logiciels de calculs, retour d'expérience, jugement d'experts...) utilisés pour l'analyse des risques liés à l'incendie ainsi que la démonstration de leur pertinence pour les domaines dans lesquels ils sont utilisés sont attendues dans le dossier accompagnant la DAC, conformément à l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (« arrêté INB »).**

## **4.2.2 CONDUITE DE LA VENTILATION EN SITUATION D'INCENDIE**

Les principes de conduite de la ventilation en situation d'incendie ont été précisés par l'Andra depuis le « Dossier 2009 » [6]. L'Andra [12] indique qu'en l'absence de dissémination de matières radioactives, une ventilation de désenfumage est mise en œuvre, à savoir (i) pour les descenderies, le maintien à débit nominal de la ventilation dans la section pour la maîtrise de la propagation ascendante des fumées et (ii) pour les galeries d'accès et de liaison, le basculement en mode désenfumage dans le compartiment impacté (extraction des fumées dans le compartiment et transfert d'air depuis les galeries situées en amont et en aval du sinistre). Les options de conception et les dispositions concrètes de mise en œuvre du désenfumage des descenderies et des galeries ne

sont toutefois pas présentées au stade de l'esquisse. Il convient de rappeler que l'Andra s'est engagée (engagement E7.5) à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6] à présenter, dans le dossier accompagnant la DAC, l'ensemble des principes de désenfumage et à justifier d'une part l'efficacité du concept de désenfumage retenu, d'autre part l'adéquation de ces 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 de stockage. **Cet engagement, pris par l'Andra pour le dossier accompagnant la DAC, reste donc à solder.**

S'agissant des alvéoles MAVL, l'Andra [12] indique que « *la cellule de manutention et la partie utile de l'alvéole constituent un secteur de feu* ». Le scénario « *de dimensionnement* » retenu par l'Andra est un incendie mettant en jeu deux colis de stockage, le confinement des colis primaires restant assuré (seule la contamination surfacique potentielle des colis de stockage impactés serait mise en suspension) ; le scénario de dégradation des performances de confinement des colis primaires des deux colis de stockage en situation d'incendie est quant à lui considéré comme « *hors dimensionnement* ». L'Andra précise que la gestion de la ventilation en cas d'incendie n'est pas encore figée au stade de l'esquisse mais qu'une possibilité pourrait être de couper le transfert d'air dans le secteur de feu et de maintenir l'extraction jusqu'aux limites technologiques des filtres (atteinte des limites de colmatage ou de température par exemple) avant le passage en confinement statique de l'alvéole. L'IRSN note que les scénarios précités prennent bien en compte cette possibilité d'un passage en confinement statique de l'alvéole et que « *les fuites sont dirigées vers la galerie d'accès et de liaison puis vers l'environnement* ». L'Andra présente une première évaluation, associée à ces deux scénarios, de l'impact radiologique ; l'impact intégré sur 70 ans est de l'ordre respectivement du dixième de millisievert (scénario « *de dimensionnement* ») et du millisievert (scénario « *hors dimensionnement* ») pour le nourrisson à 2 000 m de la zone des puits (Bure). Ceci fournit un premier ordre de grandeur d'impact radiologique de scénario accidentel. Cependant, l'IRSN rappelle toutefois qu'il ne peut se prononcer sur le caractère enveloppe des scénarios retenus à ce stade (cf. chapitre 3 du présent rapport relatif à la démarche de sûreté).

L'IRSN considère qu'un passage en confinement statique du secteur de feu avant la fin de l'incendie mène à une montée en pression dans le local où se situe l'incendie et une inversion des sens d'air avec fuites vers les galeries d'accès et de liaison. L'IRSN souligne que, outre un rejet non filtré (la ventilation de ces galeries n'étant pas équipée de filtration THE), de telles fuites conduiraient à une contamination des galeries et des alvéoles situés en aval aéraulique de l'alvéole sinistré. Or, l'IRSN rappelle, comme indiqué au chapitre 3 du présent rapport relatif à la démarche de sûreté, la nécessité de prévenir toute situation accidentelle dont les conséquences pourraient être préjudiciables aux conditions ultérieures d'exploitation de l'installation de stockage. En effet, le REX d'autres installations souterraines de stockage (Asse, WIPP, StocaMine) montre la difficulté de pouvoir revenir aux conditions d'exploitation qui prévalaient avant la survenue de l'accident. En particulier, la contamination radioactive des infrastructures du stockage peut induire d'importantes difficultés pour la reprise de l'exploitation, qui doit se faire dans des conditions de protection radiologique acceptables.

Lors de la réunion préparatoire à la réunion des groupes permanents, l'Andra a indiqué que des études étaient en cours, relatives notamment à la tenue au feu des colis de stockage, et qu'elles permettront de statuer sur la nécessité de retenir des dispositions supplémentaires afin de pallier la défaillance des filtres THE des alvéoles MAVL en situation d'incendie. L'IRSN estime que les résultats de ces études devraient permettre de consolider la

définition des scénarios retenus pour le dimensionnement de l'installation et du PUI ainsi que celle des scénarios exclus, qui font l'objet de l'engagement E1 de la lettre Andra DG/14-0314 du 14 novembre 2014 présenté au chapitre 3 du présent rapport relatif à la démarche de sûreté. Toutefois, l'IRSN appelle l'attention sur le fait que les dispositions supplémentaires qui pourraient en résulter, d'une part doivent permettre de prévenir une contamination des galeries d'accès et de liaison, d'autre part sont susceptibles d'avoir des conséquences sur le dimensionnement de l'installation. Aussi,

**l'IRSN estime que l'Andra devra présenter, dans le DOS, les dispositions de maîtrise des relâchements de matières radioactives en provenance des secteurs de feu, en cas d'incendie dans la partie utile ou la cellule de manutention des alvéoles MAVL. Ce point fait l'objet de l'engagement E6 de la lettre Andra DG/14-0314 du 14 novembre 2014, rappelée en annexe A2 du présent rapport.**

#### 4.2.3 CAS PARTICULIER DES REACTIONS EXOTHERMIQUES

L'IRSN rappelle que, conformément à la demande de l'ASN formulée à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 », l'Andra doit justifier dans le dossier accompagnant la DAC « *l'exclusion d'un scénario d'incendie de reprise de réactions exothermiques à l'intérieur de colis, notamment de boues bitumées* ». L'IRSN soulignait alors qu'un tel scénario pouvait inclure, notamment pour les colis de déchets bitumés, outre le cas d'un incendie d'engin de manutention dans un alvéole MAVL, l'initiation d'une réaction exothermique à l'intérieur de colis, dans des situations de fonctionnement normal et incidentel du stockage (arrêt de la ventilation, propagation d'énergie thermique depuis l'extérieur des alvéoles...). Compte tenu de l'enjeu de sûreté lié à un incendie impliquant des colis de boues bitumées et du nombre important de ces colis dans le PIGD [14] (environ 40 000 colis bitumés MAVL sur près de 175 000 colis primaires MAVL à stocker, auxquels il faut ajouter environ 32 000 colis bitumés FAVL « en réserve »), il s'agit ainsi d'assurer qu'un tel scénario puisse être rendu extrêmement improbable.

S'agissant du seuil de température au-delà duquel un emballement de réactions exothermiques peut avoir lieu, l'Andra considérait au stade du « Dossier 2009 » [6] que le critère de maintien d'une température inférieure à 120°C permettait de garantir l'objectif de non emballement de réactions exothermiques dans les colis d'enrobés bitumineux. Au stade de l'esquisse, l'Andra retient [13] une valeur de 100°C pour ce critère. L'IRSN relève que cette valeur est cohérente avec celle retenue par exemple pour la demande d'agrément de l'emballage de transport de colis d'enrobés bitumineux (TN 833)<sup>5</sup>. Toutefois, l'IRSN constate que la justification de ce critère n'est pas disponible en l'état actuel des connaissances. A cet égard, l'Andra [12] indique qu'elle a défini un programme de recherche et développement (R&D) conjointement avec le CEA, AREVA et EDF, dont les axes de travail sont :

- (i) « *l'étude du comportement intrinsèque des enrobés bitumineux en température afin d'évaluer et de justifier la température en deçà de laquelle il n'y a pas de risque d'emballement de réactions*

---

<sup>5</sup> La demande d'agrément de l'emballage TN 833 pour le transport de fûts de déchets bitumés produits dans l'atelier STE3 de l'usine de retraitement de l'établissement AREVA NC de La Hague a fait l'objet de la position de l'ASN formulée dans la lettre CODEP-DTS-2011-054030 du 23 novembre 2011. Celle-ci fait état de plusieurs compléments nécessaires et à ce jour, l'agrément n'a pas été délivré. La lettre précitée indique notamment, pour ce qui concerne la stabilité thermique des déchets bitumés, que « *les démonstrations complémentaires fondées sur des résultats expérimentaux, en justifiant l'homogénéité des lots de fûts considérés, permettant de vérifier que ceux-ci ne présentent pas de risque d'emballement thermique jusqu'à une température pouvant atteindre 100°C* » devront être transmises à l'ASN en préalable au transport des fûts.

*exothermiques au sein des colis de boues bitumées et de préciser le comportement d'ensemble de la matrice »,*

- (ii) *« la reproduction à l'échelle 1 des effets d'un incendie sur un colis de stockage constitué de colis primaires d'enrobés représentatifs des boues bitumées et d'un conteneur en béton afin d'apporter des éléments de réponse dimensionnant sur la maîtrise du risque incendie lié à ces colis lors de la phase d'exploitation du stockage géologique ».*

Ce programme n'a pas pu être transmis à l'IRSN dans le cadre de la présente instruction. L'IRSN n'a donc pas examiné la capacité de ce programme à déterminer le seuil de température au-delà duquel un risque d'emballement existe et de façon plus générale, à rassembler les connaissances nécessaires pour répondre à la demande précitée de l'ASN.

L'IRSN appelle malgré tout l'attention sur le phénomène de reprise lente de réactions chimiques exothermiques, due à un apport d'énergie modéré depuis l'extérieur du colis (plus faible que celui associé à un incendie à proximité des colis), qui pourrait conduire à élever progressivement la température jusqu'au seuil d'emballement. A cet égard, la cause du rejet d'activité qui a eu lieu au WIPP en février 2014 (cf. annexe T2) n'est pas encore établie et l'IRSN s'interroge sur un possible lien entre les deux événements survenus dans cette installation de stockage, notamment si les perturbations occasionnées par l'incendie ont pu conduire à une élévation de température dans les chambres de stockage et déclencher la reprise de réactions exothermiques dans le colis de déchets incriminé. Les investigations en cours menées par le DOE devraient permettre de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

Pour évaluer le risque de reprise lente de réactions chimiques exothermiques, l'IRSN estime en particulier que l'étude de la réactivité chimique des colis bitumés en température doit tenir compte des hétérogénéités possibles dans ces colis, liées par exemple à des phénomènes de sédimentation de sels non solubles (la viscosité du bitume décroît lorsque la température augmente) ou au déplacement de bulles de gaz de radiolyse. La rhéologie des enrobés bitumineux est en effet sensible à une montée en température de l'air ambiant, comme l'atteste l'augmentation du nombre de fûts d'enrobés bitumineux en gonflement observés par l'exploitant de l'installation d'entreposage de la STEL Marcoule à la suite de l'épisode caniculaire de 2003.

Sans préjuger des résultats du programme de R&D précité, prévus pour fin 2014, l'IRSN souligne son importance vis-à-vis de la maîtrise des risques liés à l'incendie. En effet, l'IRSN rappelle, comme indiqué au chapitre 4.1 du présent rapport relatif aux risques de dissémination de matières radioactives, que **les performances attendues pour la première barrière de confinement statique doivent être obtenues en priorité par le colis primaire. A ce titre, l'IRSN estime que les efforts doivent être portés avant tout sur la connaissance des colis de déchets et les impacts de modification des conditions d'environnement sur les risques de reprise de réactions chimiques exothermiques.**

En outre, l'IRSN constate que la démarche de l'Andra vise bien à prévoir un ensemble de dispositions de prévention dans l'installation de stockage (maîtrise de la charge calorifique dans l'installation souterraine, tenue des colis de stockage à l'incendie...) afin de rendre le plus improbable possible un scénario d'incendie impliquant une reprise de réactions exothermiques dans les colis et qu'en cela, elle répond dans le principe à la demande d'exclure un tel événement des scénarios de dimensionnement du stockage. Néanmoins, l'IRSN considère que la

surveillance des alvéoles de stockage MAVL, pendant la phase d'exploitation et de réversibilité, reste, en complément de dispositions de prévention prises dès leur conception, une des dispositions de sûreté fondamentales pour garantir qu'une reprise de réactions exothermiques dans les colis d'enrobés bitumineux ne conduirait pas à une situation hors de contrôle. En effet, la possibilité d'avoir recours à un système d'aspersion de mousse ou au noyage pour enrayer une telle situation, comme cela est le cas pour l'entreposage de boues bitumées STE3 de La Hague et l'EIP de Marcoule, n'a pas été étudiée à ce stade par l'Andra.

L'IRSN note que l'Andra [13] retient d'ores et déjà comme paramètre à surveiller la « *température des colis à risque (déchets bitumés notamment)* ». Les dispositions associées à cette surveillance ne sont cependant pas définies au stade de l'esquisse. L'IRSN estime que cette surveillance devra être définie en cohérence avec les résultats des programmes de R&D (cf. *supra*) et sur la base d'une étude de la stabilité thermique des colis de stockage en situations normale, incidentelles et accidentelles, incluant la propagation de l'énergie thermique d'un colis de stockage à un autre. En tout état de cause, cette surveillance ne devra pas uniquement viser à identifier l'atteinte de la température seuil d'emballement de réactions exothermiques dans les colis d'enrobés bitumineux mais devra inclure également la détection d'une évolution non attendue de la température des colis de déchets et devra permettre de réagir avant que cette évolution ne soit plus maîtrisable. **La détection précoce d'une montée en température de colis de stockage suivie de la mise en œuvre d'actions pourrait en effet permettre d'éviter l'atteinte du seuil de température au-delà duquel une reprise de réactions exothermiques deviendrait hors de contrôle.**

Aussi, en cohérence avec la conclusion sur la nécessité de mettre en œuvre une surveillance dans les alvéoles MAVL présentée au chapitre 4.1 du présent rapport relatif aux risques de dissémination de matières radioactives,

**Recommandation n° 1 :**

**l'IRSN recommande que l'Andra présente, dans le dossier accompagnant la DAC, un programme de surveillance pendant la phase d'exploitation et de réversibilité permettant de détecter au plus tôt une montée progressive de la température des colis de stockage présentant des risques de réactions exothermiques. Ce programme de surveillance devra être établi sur la base d'une étude de la stabilité thermique des colis de stockage en situations normale, incidentelles et accidentelles.**

Par ailleurs, l'accident de la centrale de Fukushima Dai-Ichi survenu en mars 2011 a conduit à adopter, dans le cadre d'évaluations complémentaires de sûreté (cf. chapitre 3 du présent rapport), un niveau supplémentaire d'exigence en matière de sûreté nucléaire afin de renforcer la robustesse des installations en cas d'accidents graves. A cet égard, l'« European Nuclear Safety Regulators Group » (ENSREG) a déclaré dès le 13 mai 2011 [21] que des situations extrêmes prenant en compte la perte successive des lignes de défense de l'installation nucléaire doivent être postulées, selon une approche déterministe et quelle que soit la probabilité d'occurrence de cette perte. Il s'agit ainsi d'identifier les situations susceptibles d'aboutir à des rejets massifs, en particulier celles associées à un effet falaise (par exemple, l'emballement d'un phénomène). L'efficacité des dispositions de prévention et de limitation des conséquences prises au titre de la défense en profondeur est alors évaluée pour chacune de ces situations, en considérant la perte des fonctions de sûreté les unes après les autres - sauf s'il est physiquement impossible qu'une fonction soit perdue - en vue de rechercher les améliorations possibles de la sûreté de l'installation à chaque étape (fonction perdue) conduisant à l'événement redouté.

A cet égard, l'IRSN souligne que l'atteinte du seuil de température au-delà duquel un emballement de réactions exothermiques peut se produire à l'intérieur de colis de déchets bitumés pourrait conduire, en fonction du nombre de colis concernés, à un relâchement important de matières radioactives hors de l'alvéole MAVL, voire à un rejet non filtré. L'IRSN estime que ce scénario, s'il peut être rendu très improbable comme le vise l'Andra notamment par la qualification des conteneurs de stockage en béton, pourra difficilement être réputé physiquement impossible en raison notamment de la nature des déchets bituminés (a contrario des déchets vitrifiés ou métalliques). Sur ce point, l'IRSN relève que le REX du WIPP (cf. annexe T2) montre qu'une relaxation de certaines dispositions de sûreté ne peut pas être exclue sur une durée d'exploitation d'ordre séculaire et considère qu'il convient d'intégrer cette éventualité dans la réflexion relative à la définition du scénario étudié. A titre d'exemple, la perte de la fonction de sûreté (confinement) attribuée aux conteneurs de stockage en béton impactés par l'événement relèverait d'un phénomène physiquement possible en raison d'un potentiel non-respect des spécifications de ces conteneurs. Il est donc prudent de retenir un tel scénario d'emballement de réactions exothermiques, au titre des ECS, pour un nombre de colis établi en cohérence avec les initiateurs possibles, en postulant que les dispositions de prévention d'ores et déjà prévues sont défailtantes. L'étude par étapes du déroulement de ce scénario, en considérant la dégradation de chaque ligne de défense l'une après l'autre jusqu'au rejet de matières radioactives à l'extérieur de l'installation, devra permettre d'identifier pour chaque étape, les dispositions complémentaires qu'il convient de retenir le cas échéant pour éviter le rejet ou en limiter les conséquences.

Ainsi, malgré les efforts qui pourront être déployés pour maintenir un haut niveau de sûreté pendant l'exploitation de Cigéo, l'IRSN estime que ce type de situation extrême doit être envisagé dès la conception de l'installation afin de statuer sur l'opportunité de retenir des dispositions complémentaires, par exemple la filtration ultime de rejets résultant de ce scénario. En conséquence,

#### **Recommandation n° 2**

**l'IRSN recommande que l'Andra présente, dans le DOS et au titre des premières évaluations complémentaires de sûreté, l'étude d'un scénario d'emballement de réactions exothermiques à l'intérieur de plusieurs colis de boues bitumées et, sur cette base, identifie le cas échéant les dispositions complémentaires nécessaires pour éviter l'occurrence d'un rejet important ou en limiter les conséquences.**

L'IRSN signale que si d'autres colis venaient à être identifiés comme présentant des risques d'incendie liés à des réactions exothermiques, la même étude devrait être conduite pour ces colis.

## **4.3 RISQUES LIES A L'EXPLOSION**

### **Démarche d'analyse des risques liés à l'explosion**

L'Andra [15] indique que l'analyse des risques liés à l'explosion d'origine interne qui sera fournie dans le dossier accompagnant la DAC répondra aux exigences réglementaires et notamment à la réglementation relative aux ouvrages miniers. Elle précise que les risques de formation d'atmosphères explosives seront évalués et réduits avant l'évaluation des risques consécutifs à une explosion. L'IRSN note que les exigences réglementaires retenues par l'Andra proviennent de référentiels (ICPE, RGIE, code du travail...) qui ne sont pas spécifiques aux installations

nucléaires et que leur déclinaison pour Cigéo nécessitera de tenir compte également des exigences de sûreté et de la défense en profondeur. A cet égard, l'IRSN souligne qu'une analyse classique des risques liés à l'explosion (basée notamment sur la détermination de zones ATEX<sup>6</sup>) peut ne pas rendre compte des contraintes spécifiques aux installations nucléaires, comme par exemple la protection de cibles de sûreté (les colis de stockage par exemple) ou d'éléments importants pour la protection (EIP) vis-à-vis des risques liés à l'explosion. En conséquence, l'IRSN estime qu'il conviendra que l'analyse des risques liés à l'explosion soit cohérente avec les exigences de sûreté ainsi que les exigences réglementaires et leur déclinaison à Cigéo. **A cet égard, l'IRSN appelle l'attention sur le bénéfice que représenterait l'établissement d'un référentiel « explosion » pour la conception de Cigéo, sur un principe comparable à celui rédigé par l'Andra sur l'incendie, afin de cadrer les études futures des risques liés à l'explosion.** En tout état de cause, l'IRSN rappelle que l'Andra s'est déjà engagée, à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6] (engagement E8.1), à clarifier, dans le dossier accompagnant la DAC, sa démarche d'analyse des risques liés à l'explosion et à définir sur cette base les dispositions visant à les maîtriser 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 ventilation. De plus, comme évoqué au chapitre 1.3 du présent rapport relatif au dossier de l'Andra, le dossier [12] examiné traite des risques liés à l'explosion uniquement à travers le dégagement d'hydrogène des colis de déchets, sans tenir compte des autres sources potentielles. A cet égard, l'IRSN rappelle que l'Andra s'est engagée (engagements E8.3 et E8.4), à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], à justifier (i) le caractère enveloppe des situations à risque d'explosion dans un alvéole MAVL et (ii) le lieu de charge des batteries et, le cas échéant, l'absence de matériels ATEX dans la cellule de manutention des alvéoles MAVL. **Les engagements E8.1, E8.3 et E8.4, pris par l'Andra pour le dossier accompagnant la DAC, restent donc à solder.**

### **Analyse des risques d'explosion liée au dégagement d'hydrogène des colis de déchets**

Afin de maîtriser les risques d'explosion liés à l'hydrogène de radiolyse produit par les colis de déchets, l'Andra fixe comme objectif (i) le maintien de la concentration en hydrogène à un niveau inférieur à 25% de la limite inférieure d'explosivité (LIE<sup>7</sup>) dans l'ensemble de l'installation souterraine en fonctionnement normal et inférieur à 75% de la LIE en situations incidentelles et accidentelles et (ii) le maintien, en fonctionnement normal, d'un régime de ventilation permettant d'éviter la création de zones mortes<sup>8</sup> dans les alvéoles de stockage MAVL.

Afin d'analyser les risques d'explosion liés à la production d'hydrogène par radiolyse des colis de déchets, l'Andra [12] procède selon trois étapes :

- (i) l'évaluation du terme source H<sub>2</sub>, grâce à la caractérisation des débits de production d'H<sub>2</sub> par radiolyse des colis de déchets MAVL,
- (ii) l'identification des zones à risques,
- (iii) l'identification des événements d'origine interne ou externe pouvant engendrer la formation d'une atmosphère explosive.

---

<sup>6</sup> ATEX : ATmosphères EXplosives

<sup>7</sup> La LIE correspond à la concentration minimale d'un gaz dans l'air qui permet l'inflammation et l'explosion ; pour l'H<sub>2</sub> celle-ci est égale à 4%

<sup>8</sup> Une zone morte est une zone du local ventilée de façon non homogène.

La première étape conduit à l'identification de colis représentatifs des colis de déchets MAVL produisant de l'H<sub>2</sub> par radiolyse, sur la base des connaissances disponibles sur les colis du programme industriel de gestion des déchets (PIGD) ; l'Andra [12] retient (i) une production maximale d'H<sub>2</sub> de 20 L/colis primaire/an<sup>9</sup> et (ii) une production d'H<sub>2</sub> maximale de 40 L/colis de stockage/an. L'IRSN note que ces valeurs sont cohérentes avec celles présentées dans le « Dossier 2009 » [6] : l'Andra retenait déjà comme critère d'acceptation des colis MAVL à Cigéo la valeur de 20 L/colis primaire/an et envisageait notamment un entreposage de ce type de colis en surface, préalablement à l'acceptation des colis pour le stockage, pour permettre le cas échéant la décroissance de la production d'H<sub>2</sub> en deçà du critère. **Ceci n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN à ce stade.**

A l'issue de la démarche précitée, l'Andra [12] considère que les zones à risques d'explosion liés à la production d'hydrogène de radiolyse sont les hottes de transfert ainsi que les alvéoles de stockage MAVL. Elle présente les situations qu'elle retient pour les études de ces risques (cf. Tableau 2). Il est à noter que la trappe mentionnée au chapitre 4.1 du présent rapport relatif aux risques de dissémination de matières radioactives n'est pas prise en compte dans ces situations.

	Débit de production	Situation normale	Situation incidentelle		Situation accidentelle	
			Evènement initiateur	Scénario	Evènement initiateur	Scénario
<b>Hottes</b>	40 L/colis de stockage/an	Production de gaz dans une cavité fermée étanche pendant le transfert	Hotte immobilisée dans une galerie ventilée suite à une panne de l'engin de transfert (< 7 jours)	Production de gaz dans une cavité fermée étanche	Hotte immobilisée dans une galerie ventilée suite à un accident (< 15 jours)	Production de gaz dans une cavité fermée étanche
<b>Alvéoles MAVL</b>	40 L/colis de stockage/an	Production de gaz dans un local fermé ventilé	Panne de ventilation (< 7 jours)	Production de gaz dans un local fermé non ventilé	Perte prolongée de la ventilation dans l'alvéole (< 15 jours)	Production de gaz dans un local fermé non ventilé

**Tableau 2 : Situations retenues par l'Andra pour les études des risques d'explosion liés au dégagement d'hydrogène des colis (Andra, [12])**

Pour ce qui concerne les risques liés à l'explosion dans la partie utile d'un alvéole MAVL en fonctionnement normal, les modélisations effectuées par l'Andra [12] montrent que la concentration en H<sub>2</sub> est au maximum de 10<sup>-4</sup> % que ce soit dans les jeux longitudinaux ou transversaux de l'alvéole. Au cours de l'instruction, l'Andra a présenté une modélisation de la partie utile d'un alvéole MAVL, basée sur les données du « Dossier 2009 » [6]. L'IRSN relève que la géométrie des alvéoles (alvéoles plus longs notamment) et les débits de ventilation ont évolué notablement depuis le « Dossier 2009 » [6] et sont susceptibles d'évoluer encore pendant les études d'APS et d'APD. Aussi, l'IRSN estime nécessaire que l'Andra s'assure que l'évolution de la conception des alvéoles MAVL et de leur ventilation permet de prévenir l'accumulation d'hydrogène. L'IRSN rappelle enfin qu'à l'issue de l'examen du

<sup>9</sup> Les colis primaires MAVL considérés à ce stade sont (i) les déchets activés de déconstruction des réacteurs UNGG, REP Chooz A, EL4 et déchets non sodés de Superphénix, (ii) C1PG de déchets activés d'exploitation REP, (iii) les déchets technologiques métalliques et organiques et (iv) les conteneurs Amiante Ciment / CAC produits suivant la spécification 300 AQ.038 (déchets technologiques)

« Dossier 2005 » [5], l'ASN avait demandé que « *le bien fondé des choix de concepts de stockage [soit] confirmé par des démonstrateurs d'ouvrages de stockage et des études relatives à la sûreté, [...] notamment pour les dispositifs de ventilation permettant de limiter le risque d'explosion dû à la présence de gaz de radiolyse* ». L'IRSN estime donc que cette demande reste d'actualité pour le dossier accompagnant la DAC et que l'adéquation de la ventilation pourra être vérifiée *in situ* pendant la phase pilote de Cigéo.

En outre, l'IRSN relève que l'Andra [12] n'écarte pas la possibilité de prévoir des dispositions permettant d'accepter un nombre limité de colis de stockage dont la production d'hydrogène serait supérieure à la valeur retenue pour l'analyse des risques d'explosion liés au dégagement d'H<sub>2</sub> de radiolyse produit par les colis de déchets, avec une gestion au cas par cas et la mise en place de mesures dérogatoires. **L'IRSN souligne que pour que de tels colis de stockage soient acceptés dans Cigéo, l'Andra devra démontrer que leur transfert dans l'installation souterraine dans les hottes et leur stockage en alvéole MAVL se fera de manière sûre avec le dimensionnement retenu pour les hottes et la ventilation des alvéoles MAVL.**

Par ailleurs, l'IRSN note que l'Andra [12] retient, pour le dimensionnement de l'installation, des situations accidentelles conduisant à une durée d'immobilisation de la hotte de transfert et un arrêt de la ventilation pendant une durée maximale de 15 jours. L'Andra précise que cette durée maximale pourrait être revue pendant les phases d'APS et d'APD. Or, comme indiqué au chapitre 3 du présent rapport relatif à la démarche de sûreté, le REX rassemblé par l'IRSN sur des accidents survenus dans des installations souterraines de stockage de déchets existantes (Asse, StocaMine, WIPP) montre que ces situations peuvent conduire à un arrêt prolongé de l'exploitation des installations, qui dépasse largement 15 jours. A titre d'exemple, le REX du second événement du WIPP (cf. annexe T2) montre que plusieurs mois après la détection de contamination, l'exploitant n'avait pas encore pu revenir à une ventilation nominale. **A cet égard, l'IRSN considère que l'engagement E1 relatif aux scénarios retenus pour le dimensionnement de l'installation, de son PUI et aux scénarios exclus, présenté au chapitre 3 du présent rapport relatif à la démarche de sûreté, s'applique pleinement aux scénarios accidentels liés aux risques d'explosion d'hydrogène produit par les colis de déchets.** En outre, l'IRSN rappelle que l'Andra s'est engagée, à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], (engagement E8.2) à justifier, dans le dossier accompagnant la DAC, les durées maximales d'immobilisation des colis et d'indisponibilité des systèmes de ventilation et à définir ces durées avec des marges suffisantes.

Enfin, l'Andra [12] indique que des dispositions seront prises pour mesurer le taux d'hydrogène, notamment en sortie d'alvéole, et que les capteurs seront réglés de manière à permettre, en cas de dépassement d'une valeur seuil, l'arrêt de l'exploitation, la mise en sûreté de l'installation et l'évacuation du personnel ; cette valeur seuil n'est pas précisée à ce stade des études ni les conditions de mise à l'état sûr de l'installation. L'IRSN souligne qu'un défaut d'homogénéisation de l'hydrogène au point de mesure pourrait être de nature à retarder cette détection. **Il est donc nécessaire de s'assurer que la mesure de la teneur en hydrogène à l'extraction d'air des alvéoles MAVL est représentative.**

## 4.4 RISQUES LIES A LA MANUTENTION

### Principes de maîtrise des risques liés à la manutention

Comme dans le « Dossier 2009 » [6], l'Andra [12] retient des principes et des exigences de sûreté tels que la mise en œuvre de pentes « douces » (inférieures à 3% pour les galeries souterraines), la limitation des vitesses de circulation des engins de manutention, la minimisation de la hauteur de manutention des colis, la redondance de certains équipements (dispositifs de freinage...), la surveillance de la chaîne de transfert des colis, la surveillance et la maintenance des équipements et de l'installation souterraine (liaisons surface-fond incluses), la limitation de la présence de personnel grâce au principe de télé-opération et enfin le dimensionnement des hottes de transfert aux collisions. L'IRSN observe que ces principes valent pour les opérations de transbordement qui étaient déjà identifiées comme « à risque » dans le « Dossier 2009 ». **L'IRSN estime toujours que ces principes sont globalement cohérents avec les bonnes pratiques en matière de gestion des risques liés à la manutention dans les installations nucléaires.**

Comme évoqué au chapitre 2 du présent rapport relatif à la description de l'installation, l'Andra retient par ailleurs, au stade de l'esquisse, le transfert sur rails pour la manutention des colis au sein des installations souterraines et abandonne le choix d'engins de manutention à moteur thermique sur pneus. L'IRSN estime que ce principe conduit à minimiser l'introduction dans l'installation souterraine de matériaux à forte capacité calorifique et que les rails permettent de favoriser le suivi des trajectoires prévues des chariots de transfert transportant les colis. **Ceci est satisfaisant au regard des risques liés à l'incendie et à la manutention.**

Enfin, l'Andra [12] indique que des croisements sont possibles entre un véhicule de transfert de colis et tout autre engin (transfert de personnel, engin dédié à la maintenance...) au niveau des intersections de galerie (cf. chapitre 2 du présent rapport relatif à la description de l'installation), tout en réitérant l'objectif de limiter ces croisements. Au cours de l'instruction, l'Andra a précisé que les critères de limitation et les modalités de croisements n'étaient pas définis au stade de l'esquisse. **L'IRSN souligne l'importance de ces critères ainsi que celle des modalités de croisements des véhicules de transfert de colis avec d'autres engins au regard des risques liés à la manutention et considère que ces éléments devront être pris en compte par l'Andra dans la démonstration de sûreté qui sera présentée dans le dossier accompagnant la DAC.**

### Dispositions de prévention des risques liés à la manutention

S'agissant des hauteurs de manutention, l'IRSN avait relevé à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6] la nécessité de mettre en cohérence les exigences de sûreté retenues et les moyens de manutention envisagés. Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] retient une chute de colis dans la partie utile d'un alvéole MAVL au moment de la dépose du colis au niveau supérieur de la pile de colis, qui compte deux niveaux (cf. chapitre 2 du présent rapport relatif à la description de l'installation). L'IRSN observe que la hauteur de chute retenue est équivalente à la hauteur d'un colis de stockage, soit environ 2 mètres selon le type de colis de stockage concerné et note que l'Andra prévoit de dimensionner le colis de stockage à cette chute. **L'IRSN convient que cette hauteur correspond à la hauteur maximale de chute possible pour un colis de stockage MAVL.**

Pour ce qui concerne la prévention des risques de collision dans les galeries, l'Andra [12] prévoit, au stade de l'esquisse, des systèmes de détection d'obstacles (radars, scrutateurs laser...) provoquant « *un arrêt [des moyens de transfert] si l'obstacle ne disparaît pas* » et le principe d'un arrêt d'urgence menant à la mise « *en position sûre* » de la hotte. De plus, l'Andra [13] indique retenir la même exigence de mise « *en position sûre* » dans le cas d'une perte d'alimentation électrique. Enfin, l'Andra [12] prévoit des dispositifs anti-collision pour tous les systèmes mobiles dans la cellule de manutention des alvéoles MAVL. **Ceci n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN.**

S'agissant des pentes au sein de l'installation souterraine (hors liaisons surface-fond), l'Andra prévoit, comme dans le « Dossier 2009 » [6], une valeur de pente de 3 % au maximum. L'IRSN soulignait à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6] la nécessité pour l'Andra de prendre en compte, dans le dossier accompagnant la DAC, l'influence de cette pente vis-à-vis des risques de chute des hottes de transfert des colis et, le cas échéant, de concevoir des dispositions particulières au regard des risques liés à la manutention, par exemple des dispositions d'arrimage de la charge transportée. L'IRSN constate qu'au stade de l'esquisse, l'Andra n'apporte pas d'élément de justification du dimensionnement des procédés de transfert à cette pente et **considère que cette remarque est toujours d'actualité.**

### **Scénarios incidentels et accidentels**

Au stade du « Dossier 2009 » [6], l'Andra retenait, comme situations incidentelles et accidentelles, la détérioration des colis de stockage notamment à la suite d'une chute ou d'une collision de hotte, lors d'une opération de transfert dans la descenderie ou les galeries de transfert, ou d'une chute de colis dans l'alvéole de stockage MAVL. De plus, l'Andra indiquait que les situations relatives à l'endommagement des hottes, des ouvrages et des composants importants pour la sûreté seraient présentées dans le dossier accompagnant la DAC.

Au stade du « Dossier Jesq03 » [9], l'Andra retenait la poursuite de la course du chariot de transfert jusqu'au contact d'une pile de colis stockés et une chute lors de la dépose d'un colis de stockage au niveau supérieur de la pile comme scénario « *de dimensionnement* » et considérait la chute du chariot de transfert dans la descenderie en l'absence de funiculaire comme scénario « *hors dimensionnement* ». L'Andra présentait enfin des pistes de réflexion afin de répondre à l'engagement E9.1, pris à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], de « *présenter à l'échéance de la DAC 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* », comme par exemple des dispositions complémentaires permettant de ramener les engins dans des locaux de maintenance ou dans la cellule de manutention ou encore des dispositifs manuels permettant de pallier des pannes d'équipements mécaniques.

Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] a développé son jeu de scénarios liés aux moyens de transfert et identifie des scénarios « *de dimensionnement* », « *hors dimensionnement* » et exclus, en fonction des zones de l'installation. Ainsi, par exemple, l'Andra retient (i) une poursuite de la course du funiculaire en survitesse jusqu'aux butées d'arrêt de la descenderie comme scénario « *de dimensionnement* » pour les liaisons surface-fond, (ii) le même scénario mais avec une collision « *d'intensité supérieure* » comme scénario « *hors dimensionnement* » et exclut le scénario d'emballement du funiculaire (rupture du câble) sans déclenchement de tous les systèmes de freinage.

Toutefois, l'Andra ne présente pas les éléments justifiant cette classification. Aussi, l'IRSN considère qu'au titre de l'engagement E1 pris par l'Andra relatif à la sélection des scénarios de sûreté (cf. chapitre 3 du présent rapport), l'Andra devra présenter, dans le dossier accompagnant la DAC, les justifications associées à la définition des scénarios « de dimensionnement », des scénarios relevant du dimensionnement du PUI et des scénarios exclus pour ce qui concerne les risques de manutention.

L'étude de situations de blocage de la chaîne cinématique du transfert des colis fait l'objet, comme rappelé ci-dessus, de l'engagement E9.1 précité. Il s'agit de la prise en compte, dans la démonstration de sûreté, d'un arrêt non prévu de l'opération de manutention en cours (suite à un incident ou une panne) associé à l'impossibilité de rétablir la chaîne cinématique pendant une certaine durée. L'Andra [12] présente notamment les éléments suivants relatifs à des situations de blocage :

- dans les liaisons surface-fond, l'Andra retient, au stade de l'esquisse, le principe du retour du funiculaire en gare quelle que soit la situation de blocage du funiculaire dans la descenderie, à l'aide de dispositions techniques de conception telles que la redondance de ses fonctions principales. L'Andra a indiqué au cours de l'instruction que les principales options de sûreté associées aux situations de blocage du funiculaire seront présentées dans le DOS et que les dispositions constructives et organisationnelles associées à ces situations seront présentées dans le dossier accompagnant la DAC. **Ceci n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN à ce stade des études ;**
- dans les galeries souterraines, l'Andra retient, au stade de l'esquisse, un scénario de blocage de la hotte de transfert de colis pendant au maximum 15 jours. **L'IRSN rappelle sa remarque sur ce point, examiné au chapitre 4.3 du présent rapport relatif aux risques liés à l'explosion, selon laquelle les éléments de justification de l'exclusion d'un blocage d'une durée supérieure à 15 jours sont attendus pour le dossier accompagnant la DAC ;**
- enfin, dans les alvéoles de stockage MAVL, l'Andra [12] retient des scénarios de chute de colis. L'IRSN considère qu'ils peuvent initier une situation de blocage.

Ainsi, l'IRSN relève que si l'Andra présente un certain nombre de scénarios mettant en jeu des incidents liés à la manutention, elle n'a toutefois pas développé de scénario spécifique à un blocage de la chaîne cinématique. En outre, dans les alvéoles HA, l'Andra ne retient pas au stade de l'esquisse de scénario de blocage de transfert de colis lors de leur mise en stockage, **ce qui n'est pas acceptable en l'absence de la démonstration qu'un tel scénario puisse être exclu. L'IRSN constate ainsi que l'impact de ces situations sur l'ensemble de la chaîne cinématique de transfert des colis n'est pas présenté au stade de l'esquisse et estime par conséquent que l'engagement E9.1, pris par l'Andra pour le dossier accompagnant la DAC, reste à solder.**

Par ailleurs, l'IRSN constate que l'Andra ne présente pas, au stade de l'esquisse, de dispositions permettant de répondre à l'engagement 9.2 pris à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6] relatif à la présentation d'un ensemble d'éléments et de 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. **Aussi, l'IRSN estime que cet engagement, pris par l'Andra pour le dossier accompagnant la DAC, reste à solder.** En tout état de cause, l'IRSN estime que les dispositions qui seront présentées dans le dossier

accompagnant la DAC devront être qualifiées *in situ* pour les scénarios retenus dans la démonstration de sûreté à l'aide de démonstrateurs, pendant la phase pilote du stockage.

## 4.5 RISQUES LIES A LA COACTIVITE

### Coactivité entre les zones nucléaire et de travaux

Au stade du « Dossier 2009 » [6], l'Andra évoquait succinctement les risques liés à la coactivité, à savoir la concomitance au sein de l'installation souterraine d'activités d'excavation, de construction et d'équipement d'une part et d'exploitation nucléaire d'autre part. Elle prévoyait de réaliser « *des études complémentaires [...] sur les risques de propagation d'incidents notamment au niveau des réseaux [(galeries, fluides...)] pour s'assurer que la défection de l'un d'eux dans une zone n'entraîne pas l'arrêt de l'activité dans l'autre zone* ». A l'issue de l'instruction de ce dossier, l'ASN [8] avait demandé que l'analyse des risques liés à la coactivité soit complétée dans le dossier accompagnant la DAC et avait noté que l'Andra s'était engagée sur ce point (engagement E11).

Afin de répondre à cette demande, l'Andra retient le principe de séparation physique entre les zones nucléaire et de travaux (cf. chapitre 2 du présent rapport, relatif à la description de l'installation). L'Andra précise [12] que la mise en œuvre de ce principe permet, en fonctionnement normal, de s'affranchir de l'impact potentiel des opérations effectuées dans la zone de travaux sur la zone en exploitation nucléaire. Au cours de l'instruction, l'Andra a précisé que les options de sûreté de ces séparations seront présentées dans le DOS et les exigences associées dans le dossier accompagnant la DAC. En outre, les principales situations accidentelles envisagées par l'Andra au stade de l'esquisse dans les zones de travaux (incendie, choc ou collision, inondation interne, séisme) feront l'objet d'une évaluation des conséquences, en phase APS, qui servira de base au dimensionnement des séparations précitées.

Dans la ZSL, l'Andra [12] indique que les séparations entre la zone nucléaire et la zone de travaux sont des séparations physiques fixes. Dans les galeries de liaison, l'Andra [12] retient des séparations physiques « *évolutives* » qui seront déplacées au fur et à mesure de la mise à disposition de nouveaux alvéoles de stockage pour l'exploitation nucléaire. Au cours de l'instruction, l'Andra a précisé que les exigences applicables à ces séparations seront identiques à celles des séparations physiques fixes de la ZSL et qu'elle prévoyait la mise en place d'une seconde séparation physique « *évolutive* » avant le démontage de la première. Les opérations relatives au déplacement de ces séparations, entre les galeries de liaison en zone de travaux et en zone nucléaire, ne sont toutefois pas encore définies.

L'IRSN rappelle que l'Andra s'est engagée à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6] (engagements E11.1, E11.2 et E11.3) à compléter, dans le dossier accompagnant la DAC, son analyse des risques liés à la concomitance des activités dans la zone de travaux et la zone nucléaire (i) en présentant les exigences de sûreté et le dimensionnement des séparations physiques, (ii) en justifiant le positionnement et le nombre de séparations et (iii) en justifiant les options de conception et les options de sûreté relatives aux galeries de retour d'air des zones de stockage MAVL. **L'IRSN observe que si la conception de Cigéo retenue au stade de l'esquisse guide l'architecture vers une minimisation du nombre de séparations physiques entre les zones nucléaire et de**

travaux, l'Andra n'a pas encore apporté les justifications précitées. Les engagements E11.1, E11.2 et E11.3 pris par l'Andra pour le dossier accompagnant la DAC restent donc à solder.

Pour ce qui concerne le franchissement des séparations physiques entre la zone nucléaire et la zone de travaux, l'Andra [12] indique que ces séparations, qu'elles soient fixes ou « évolutives », sont fermées et non franchies en situation normale. Au cours de l'instruction, l'Andra a néanmoins indiqué que ces séparations pourraient être franchies pour certaines activités de gardiennage (protection physique). L'Andra a précisé qu'elle cherchait à prévenir les risques de franchissement de ces séparations en fonctionnement normal en interposant plusieurs barrières à la fois techniques et organisationnelles, non décrites au stade de l'esquisse ; l'analyse du risque de franchissement entre la zone de travaux et la zone nucléaire sera étudiée dans les études d'APS et APD (le franchissement non autorisé d'une séparation est considéré, à ce stade, comme une situation incidentelle). Par ailleurs, l'Andra retient, comme dans le « Dossier Jesq03 » [9], le passage des secours à travers les séparations physiques entre les zones de travaux et d'activités nucléaires au niveau des galeries de liaison pour certaines situations accidentelles (par exemple un incendie). L'IRSN considère donc que les modalités d'ouverture des sas devront faciliter leur franchissement pour ces situations. L'IRSN estime par ailleurs qu'il existe un risque que certaines de ces séparations soient maintenues ouvertes par le personnel pour faciliter la réalisation de certaines activités régulièrement mises en œuvre pour l'exploitation, comme le montre le REX d'installations exploitées pendant de longues durées tel que celui du WIPP par exemple (portes coupe-feu bloquées en position ouverte). Aussi, l'IRSN souligne la nécessité de porter une attention particulière sur la définition des procédures et des dispositions qui seront retenues en vue d'exclure autant que possible le non-respect des consignes associées aux modalités de franchissement des séparations physiques de l'installation. En conclusion,

l'IRSN estime que l'Andra devra présenter, 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. Ce point fait l'objet de l'engagement E7 de la lettre Andra DG/14-0314 du 14 novembre 2014, rappelée en annexe A2 du présent rapport.

### Coactivité dans la zone nucléaire

Au stade de l'esquisse, l'Andra étend la notion de coactivité à la concomitance d'activités réalisées au sein de la zone nucléaire. Comme évoqué au paragraphe précédent, l'Andra [12] retient des séparations physiques « évolutives » dans les galeries de liaison du stockage, sans toutefois définir à ce stade les opérations détaillées relatives à leur déplacement. Notamment, l'IRSN relève que l'ensemble des opérations relatives à la déconstruction de la première séparation « évolutive », une fois que la seconde est mise en place, peut avoir un impact sur la sûreté en exploitation (risques liés à la coactivité lors d'opérations de déconstruction ou de connexion des fluides par exemple), indépendamment de leurs performances intrinsèques. L'IRSN considère en tout état de cause que la mise en œuvre de ces opérations de déplacement nécessitera des moyens importants (matériel, matériaux, personnel...). A cet égard, l'IRSN rappelle que l'Andra s'est engagée (engagement E11.4) à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6] à analyser les risques liés aux 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...) et à intégrer ce type d'activité dans le fonctionnement normal de l'installation. De plus, dans le cas où une fermeture progressive de l'installation de stockage serait retenue dans le cadre de la gouvernance de Cigéo, des opérations de fermeture des alvéoles auraient lieu concomitamment avec des opérations de mise en stockage. Or, l'IRSN relève que l'Andra [12] ne tient pas compte au stade de l'esquisse, dans les situations de fonctionnement normal, des opérations de fermeture des alvéoles. **L'engagement E11.4, pris par l'Andra pour le dossier accompagnant la DAC, reste donc à solder.**

S'agissant des activités humaines en zone nucléaire, l'Andra [12] confirme, comme dans le « Dossier 2009 » [6], son objectif de « *recherche systématique d'automatisation des opérations de transfert et de mise en alvéole de stockage* ». L'Andra [12] indique que les opérations de manutention sont pilotées depuis une salle de conduite centralisée en surface. Bien qu'« *une [possible] présence humaine dans la zone d'évolution du chariot* » soit envisagée (comme le croisement d'un chariot muni d'un colis de stockage avec du personnel, un véhicule de maintenance voire un véhicule de secours), l'Andra a indiqué au cours de l'instruction qu'« *aucune activité humaine n'est prévue à proximité de colis de stockage pour les situations normales et dégradées* ». L'IRSN considère que ce principe est satisfaisant. Pour les situations occasionnelles de présence humaine à proximité de colis de stockage, **il conviendra que l'Andra identifie l'ensemble des situations de ce type et définisse les dispositions techniques ou organisationnelles permettant de maîtriser les risques liés à la coactivité.**

Par ailleurs, l'Andra [12] indique que l'accès à la cellule de manutention des alvéoles MAVL est interdit mais peut être autorisé à titre exceptionnel, dès lors qu'aucun colis ne s'y trouve, pour des opérations de maintenance qui ne pourraient être réalisées à distance. Les opérations de maintenance précitées ne sont toutefois pas définies au stade de l'esquisse. En outre, l'Andra a ajouté au cours de l'instruction avoir identifié un risque lié à la coactivité entre les activités humaines prévues dans les zones de stockage en équipement nucléaire et le transfert de colis de déchets jusqu'aux alvéoles. Elle a précisé qu'une analyse des risques liés à la coactivité du centre de stockage dans son ensemble, incluant les facteurs organisationnels et humains, était en cours et que celle-ci permettra de prendre en compte les interactions possibles entre les activités menées sur l'ensemble de l'installation. **Ceci n'appelle pas de commentaire de la part de l'IRSN au stade de l'esquisse.**

#### **Démarche de prise en compte des facteurs organisationnels et humains**

L'Andra a mentionné dès le « Dossier 2009 » [6] que la conception de Cigéo s'appuierait notamment sur une démarche d'étude des postes de travail « *centrée sur l'activité de travail* », « *pluridisciplinaire* », « *itérative et incrémentale* ». L'IRSN considérait à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], que la démarche de prise en compte des risques liés aux facteurs organisationnels et humains était cohérente avec les bonnes pratiques en termes de maîtrise de ces risques dans les installations nucléaires. Les premiers résultats de la prise en compte de ces facteurs ne sont toutefois pas présentés à ce stade. L'IRSN souligne que les options prises en phase de conception d'un projet d'installation déterminent dans une large mesure le travail futur des opérateurs et par voie de conséquence son incidence sur la sûreté. **Les résultats de cette démarche et leur prise en compte, notamment pour la définition des activités humaines sensibles pour la sûreté de l'installation, devront être présentés dans le dossier accompagnant la DAC.**

## Gestion des responsabilités

L'arrêté du 7 février 2012 indique que l'exploitant doit exercer sur les intervenants extérieurs une surveillance lui permettant de s'assurer notamment qu'ils appliquent la politique et la stratégie de l'exploitant et que les opérations qu'ils réalisent, ou que les biens ou services qu'ils fournissent, respectent les exigences définies par l'exploitant. A cet égard, l'IRSN note que le REX du WIPP a montré qu'une partie des dysfonctionnements relevés par l'AIB (« *Accident Investigation Board* ») [20] est liée à une répartition inadéquate des fonctions et des responsabilités au sein de l'organisation de l'exploitation (assurée par l'exploitant et ses sous-traitants). En effet, le programme de surveillance que l'exploitant du WIPP avait prescrit n'a, par exemple, pas été correctement mis en œuvre par les entreprises sous-traitantes sur le site et l'exploitant ne contrôlait *in fine* pas le respect de ce programme. S'agissant de Cigéo, l'IRSN souligne que sa construction et son exploitation nécessiteront également la collaboration de nombreux corps de métiers. **Aussi, l'IRSN appelle l'attention sur l'importance de la gestion des responsabilités entre les différentes entreprises impliquées dès la construction et pendant l'exploitation de Cigéo.**

## 4.6 VIEILLISSEMENT ET MAINTENANCE

L'Andra [13] indique que « *les démonstrations de sûreté à apporter en support à la demande d'autorisation de création devront couvrir l'ensemble du domaine de fonctionnement [de l'installation souterraine] et des équipements en tenant compte de leur vieillissement sur une centaine d'années* ». Elle précise que le vieillissement de l'installation et des équipements est retenu dans (i) le caractère fonctionnel et la démonstration de l'intégrité des composants qui contribuent aux fonctions de sûreté sur la durée de la période d'exploitation et (ii) la démonstration de la faisabilité et de la sûreté des opérations de retrait de colis. Au cours de l'instruction, l'Andra a indiqué que des opérations de jouvence<sup>10</sup> seront programmées et qu'elles seront étudiées et déclinées dans le cadre des études d'avant-projet. L'Andra [13] inclut en outre, dans sa liste de paramètres à surveiller pour la sûreté nucléaire en exploitation, la surveillance du vieillissement de l'installation et des équipements. L'IRSN rappelle que l'Andra s'est engagée (engagements E3.1 et E3.2) à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6] à présenter, dans le dossier accompagnant la DAC, la méthode retenue pour prendre en compte le vieillissement des composants de l'installation souterraine (liaisons surface-fond incluses) pendant la phase d'exploitation et de réversibilité, et en particulier à tenir 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.

S'agissant des opérations de maintenance, l'Andra [13] indique que celles-ci sont intégrées au fonctionnement normal de l'installation. Elle précise que « *chaque alvéole doit pouvoir être maintenu ouvert pendant 100 ans [...] sans nécessiter d'opération de maintenance à l'intérieur de l'alvéole* » autre que dans la cellule de manutention. Les ouvrages seront surveillés, notamment afin de détecter à l'avance une évolution qui imposerait des actions curatives. Au-delà de ces objectifs, les opérations de maintenance envisagées dans l'installation souterraine ne sont pas décrites au stade de l'esquisse. Cependant, l'IRSN rappelle toutefois que le rapport de l'AIB relatif à

---

<sup>10</sup> L'Andra définit une opération de jouvence comme étant un remplacement d'éléments obsolètes, en fin de vie, avec une remise aux normes ou à une réadaptation en fonction d'évolutions réglementaires. Elle précise que celle-ci diffère d'une opération de maintenance dans le sens où elles ne sont pas pilotées par les mêmes services.

l'incendie survenu au WIPP en février 2014 [20] a relevé de nombreuses défaillances pour ce qui concerne la prévention, notamment une maintenance insuffisante des équipements de protection contre l'incendie. A cet égard, l'Andra prévoit un « programme de maintenance » qui prendra en compte ce REX.

L'IRSN note que la définition des dispositions liées à la prise en compte du vieillissement et de la maintenance est en cours et n'a pas de remarque particulière à ce stade. Les engagements E3.1 et 3.2, pris par l'Andra pour le dossier accompagnant la DAC, restent à solder.

## 4.7 INTERVENTION ET EVACUATION EN SITUATIONS INCIDENTELLES ET ACCIDENTELLES

Au stade de l'esquisse, l'Andra [12] prévoit, dans la ZSL, des locaux spécifiques pour les véhicules d'intervention et de secours. En outre, l'Andra retient un accès des véhicules d'intervention et de secours par la descendrière de service depuis la surface puis, depuis la ZSL, par une galerie de liaison parallèle à celle touchée par un sinistre et qui nécessite une intervention et une approche vers ledit sinistre par les recoupes d'intervention et d'évacuation. L'Andra prévoit à ce titre une distance maximale de 400 mètres entre deux de ces recoupes. L'IRSN rappelle en outre (cf. chapitre 4.5 du présent rapport relatif aux risques liés à la coactivité) que l'Andra prévoit que les personnes évacuées et/ou les moyens d'intervention puissent franchir les séparations physiques entre les zones « en exploitation » et « travaux » en situation incidentelle ou accidentelle.

L'IRSN souligne que le REX d'installations souterraines classiques, bien qu'elles comportent des charges calorifiques plus importantes que celles envisagées dans la zone nucléaire de Cigéo, montre l'importance d'une intervention rapide. A titre d'exemple, le REX de l'incendie du tunnel du Mont-Blanc (Chamonix) a conduit les équipes de secours du tunnel routier du Fréjus (Modane) à repenser leur stratégie d'intervention, considérant qu'après seulement quelques minutes, il était a priori exclu de pouvoir s'approcher suffisamment du foyer d'un incendie pour mettre en œuvre des moyens de lutte. Aujourd'hui, des équipes de secours sont ainsi postées à l'intérieur du tunnel du Fréjus, en complément de celles disposées du côté français comme du côté italien, afin notamment d'optimiser leur temps de réaction en cas de sinistre à l'intérieur du tunnel. De plus, pour ce qui concerne la facilitation de l'intervention et de l'évacuation, l'IRSN rappelle l'importance de la conduite de la ventilation en situation accidentelle et de la mise en œuvre de matériaux minimisant la toxicité des fumées et l'opacité des effluents, dans le cas particulier d'un incendie (cf. chapitre 4.2 du présent rapport relatif aux risques liés à l'incendie).

Enfin, sur la base du REX des événements du WIPP de février 2014 (cf. annexe T2), l'IRSN souligne d'une part que, malgré l'évacuation réussie de l'ensemble du personnel présent dans l'installation souterraine au moment de l'incendie, un rapport de l'AIB [20] a relevé de nombreux manquements en matière d'intervention, notamment des instructions inadéquates et des procédures non suivies, qui ont conduit à limiter l'efficacité des moyens de lutte contre l'incendie. L'IRSN note que l'Andra [17] a identifié comme REX de cet incident la nécessité de « *moyens de secours adaptés aux risques et répartis dans l'installation* » ainsi que des « *formations, entraînements et exercices réguliers* ». L'IRSN estime que ce premier retour d'expérience fait par l'Andra est satisfaisant au stade de l'esquisse et qu'il conviendra d'établir les stratégies d'intervention dans Cigéo en approfondissant la prise en compte du REX existant pour les installations souterraines. En outre, l'IRSN estime

qu'il conviendra d'adapter ces stratégies en prenant également en compte les caractéristiques des séparations physiques de Cigéo (cf. chapitre 4.5 du présent rapport relatif aux risques liés à la coactivité), notamment les modalités d'ouverture et les contrôles associés, ainsi que l'encombrement des accès (présence de chariots de manutention, de matériel dédié à la maintenance, de personnel en cours d'évacuation, etc.), qui peuvent constituer un frein à l'intervention et/ou à l'évacuation. En conclusion,

**l'IRSN estime que l'Andra devra présenter, dans le dossier accompagnant 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. Ce point fait l'objet de l'engagement E8 de la lettre Andra DG/14-0314 du 14 novembre 2014, rappelée en annexe A2 du présent rapport.**

Par ailleurs, l'Andra [12] prévoit à l'intérieur des alvéoles MAVL, en cas d'incendie, des moyens d'intervention essentiellement déportés et télécommandés soit depuis la galerie d'accès au niveau de la paroi d'accostage de la cellule de manutention, soit depuis la galerie de retour d'air MAVL via le local de filtration situé en aval de l'alvéole. A cet égard, l'ASN a demandé à l'Andra, à l'issue de l'instruction du « Dossier 2009 » [6], de présenter, dans le dossier accompagnant la DAC, les dispositions 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 sur l'engin de mise en alvéole. Cette demande reste d'actualité.

## 4.8 RETRAIT DES COLIS DE DECHETS

L'Andra [13] indique que le retrait des colis MAVL et HA en fonctionnement normal ou dégradé, avec les moyens de manutention utilisés pour la mise en place des colis, est une exigence prise en compte dans les études de conception. Pour les colis de stockage MAVL, l'Andra [12] précise que « *la configuration de la cellule de manutention lors de la phase de stockage n'intègre pas les dispositions complémentaires nécessaires pour la réversibilité afin d'éviter un déploiement et un surplus de maintenance qui pourraient s'avérer inutiles* ». L'Andra indique toutefois retenir des réservations en termes d'espace disponible et d'alimentation en énergie pour déployer le cas échéant, dans un second temps, les équipements spécifiques à la récupération des colis. **L'IRSN considère qu'il conviendra de préciser ces éléments dans le DORec.**

L'Andra [13] indique que l'option de référence « *consiste à fonder la sûreté du retrait d'un colis de stockage sur la capacité de ce dernier à assurer un premier système de confinement* ». L'Andra [13] envisage toutefois la possibilité de développer des solutions de retrait de colis de stockage dont la fonction de confinement ne serait plus assurée. Elle précise qu'en complément de l'option de référence, elle évaluera « *la possibilité de constituer, lors d'opérations de retrait, deux systèmes de confinement autres que le colis (hotte, génie civil associé à une ventilation nucléaire), [dans le cas où] le colis de stockage n'assure plus le rôle de premier système de confinement* ».

L'IRSN relève que l'Andra n'intègre pas dans ses exigences le retrait de colis suite à une situation accidentelle. Au cours de l'instruction, l'Andra a précisé que, s'agissant de la gestion des accidents, « *l'installation sera mise en sécurité par la pose rapide d'équipements provisoires (ventilation, barrières de confinement ...) et non par une*

*opération de retrait des colis. Une fois la mise en sécurité réalisée l'exploitant examinera les dispositions à mettre en œuvre pour reprendre l'exploitation normale. Le maintien en stockage de colis, même endommagés, ou leur retrait éventuel pourra alors être décidé sans caractère d'urgence* ». L'Andra a ajouté que les critères de choix de retrait des colis pour chaque situation accidentelle identifiée seront présentés dans le dossier accompagnant la DAC, ainsi que les dispositions associées.

L'IRSN estime que la capacité à retirer, si nécessaire, les colis dans toutes les situations, incluant les situations accidentelles, est une des conditions de maîtrise de la sûreté de l'installation pendant sa phase d'exploitation et de réversibilité. L'IRSN estime donc important que, dès la conception, des situations de retrait de colis de stockage ne constituant plus une barrière de confinement soient prises en compte. L'absence d'anticipation de retrait de colis de stockage endommagés pourrait conduire à favoriser la solution de fermeture (« bouchage ») de la partie accidentée, ce qui n'est pas nécessairement optimal au regard de la sûreté et de la radioprotection. **Par conséquent, l'IRSN estime que la conception doit viser à rendre possible le retrait des colis dans les différentes situations de fonctionnement envisageables de Cigéo.** De plus, l'IRSN rappelle sa remarque relative à la difficulté de pouvoir revenir aux conditions d'exploitation qui prévalaient avant la survenue d'un accident, qui pourrait comprendre le retrait de colis impliqués dans l'accident (cf. chapitre 3 du présent rapport relatif à la démarche de sûreté).

Cette position s'appuie notamment sur le REX du stockage de déchets conventionnels StocaMine où, en 2002, un incendie dans les installations souterraines est survenu et a notamment causé l'arrêt anticipé de l'installation. Le retrait des déchets a fait l'objet de nombreux débats, rapportés récemment lors de la concertation publique sur le projet de fermeture de StocaMine [31] et une décision du retrait d'une partie de l'inventaire vient d'être prise, douze ans après l'événement. L'IRSN constate de surcroît que des dispositions de conception du WIPP intégrant la possibilité de récupérer des colis endommagés auraient possiblement facilité les investigations en cours depuis plusieurs mois en vue de déterminer les causes de l'événement de relâchement d'activité de fûts déjà stockés, voire permis une gamme plus ouverte de choix laissés aux décideurs dans une telle situation.

Aussi,

**l'IRSN estime que l'Andra devra présenter, dans le DOS, les principes de conception qui visent à permettre, en cas d'incident ou d'accident affectant un alvéole en cours d'exploitation, et une fois l'installation mise en sécurité :**

- **la reprise des fonctions d'exploitation (surveillance, capacité d'intervention...) dans l'alvéole concerné, incluant le cas échéant le retrait de colis dans l'alvéole impacté ;**
- **la préservation du reste de l'installation et notamment la fonction de récupérabilité.**

Ce point fait l'objet de l'engagement E9 de la lettre Andra DG/14-0314 du 14 novembre 2014, rappelée en annexe A2 du présent rapport.

Par ailleurs, l'Andra [13] indique que la conception de référence prévoit que le scellement d'un alvéole puisse « être effectué aussi rapidement que possible après son remplissage ». Elle confirme toutefois [25] la notion de « fermeture progressive » du stockage qui comprend « la possibilité technique de temporiser chaque étape de

*fermeture tout en préservant les fonctions de sûreté* » et étudie [13] également une variante qui prévoit que « *chaque alvéole [puisse être] maintenu [ouvert] pendant 100 ans* ». En outre, l'Andra [25] indique que l'obturation d'un alvéole et la fermeture d'un quartier de stockage induiront une augmentation du degré d'effort qui serait nécessaire pour récupérer les colis. En particulier, l'obturation des alvéoles diminuera notablement leur récupérabilité.

A cet égard, l'IRSN rappelle qu'à l'issue de l'instruction du dossier « Ouvrages de fermeture de Cigéo » en 2014 [23], l'ASN [24] soulignait que les opérations de déconstruction des ouvrages de fermeture (bouchons d'alvéoles HA, scellements d'alvéoles MAVL...) seraient lourdes et délicates, et demandait (i) que la réouverture d'alvéoles potentiellement scellées soit traitée dans le DOREC et (ii) que si l'option d'une fermeture des alvéoles au cours de la phase d'exploitation était retenue, des essais de démonstration de la faisabilité de leur réouverture en vue de récupérer des colis de déchets soient réalisés au cours de la phase pilote. Cette demande implique, selon l'IRSN, que l'Andra se fixe des exigences de récupérabilité de colis en alvéole de stockage scellé et que la conception de Cigéo réponde à ces exigences, sans préjudice des principes de gouvernance du stockage qui seront décidés avant le décret d'autorisation de création de Cigéo. A cet égard, si la récupérabilité ne pouvait être raisonnablement acquise au-delà de la fermeture des alvéoles et que la réversibilité totale du stockage pendant toute la phase d'exploitation et de réversibilité devait être confirmée, le maintien d'alvéoles de stockage remplis et ouverts pourrait être retenu par défaut. **En conséquence, l'IRSN estime d'une part que les choix doivent rester ouverts à ce stade du projet, d'autre part qu'un bilan des avantages et inconvénients de chaque option en termes de sûreté et de radioprotection pour les alvéoles de stockage de déchets HA et MAVL constituerait un élément d'appréciation du bien-fondé des choix de conception à l'égard du possible retrait des colis.** L'IRSN considère que les études engagées par l'Andra devraient permettre d'établir ce bilan.

## **5 CONCLUSION GENERALE**

L'IRSN considère que le dossier « Maîtrise des risques en exploitation au niveau esquisse du projet Cigéo », élaboré par l'Andra comme un dossier d'étape à la fin de la phase d'esquisse (jalón « Jesq05 », fin 2013) et les informations transmises au cours de l'instruction font état de plusieurs avancées notables à l'égard de la maîtrise des risques pendant la phase d'exploitation et de réversibilité de Cigéo. L'IRSN relève ainsi que :

- les principes de confinement dans les alvéoles MAVL ont été améliorés, en particulier la mise en œuvre d'un confinement dynamique en complément d'un second système de confinement statique ;
- les risques liés à la concomitance des activités, notamment entre les zones d'activités nucléaires et de travaux, ont fait l'objet d'une première évaluation ;
- un « référentiel incendie », qui réunit les exigences à retenir pour la maîtrise des risques liés à l'incendie, a été établi sur la base de références relatives à la sûreté nucléaire et à la sécurité des ouvrages souterrains conventionnels.

Les aspects liés au vieillissement, à la maintenance et aux facteurs organisationnels et humains n'ont pu faire l'objet d'une analyse approfondie au cours de la présente instruction, dans la mesure où les éléments fournis par l'Andra étaient focalisés sur les risques de dissémination de matières radioactives, ceux liés à l'explosion, à l'incendie et à la coactivité. L'IRSN note en outre que la plupart des engagements pris par l'Andra et des

demandes de l'ASN issus des instructions précédentes pour l'échéance de la DAC, ne sont pas soldés. En complément de ceux-ci, le dossier examiné met en exergue plusieurs points majeurs qui devront être approfondis dans la suite du projet. L'IRSN estime plus particulièrement que l'établissement d'un jeu de scénarios incidentels et accidentels à retenir pour le dimensionnement de l'installation souterraine et de son PUI, ainsi que l'étude de situations extrêmes relevant des ECS, apparaissent comme prioritaires. A cet égard,

- la maîtrise des risques liés à l'incendie, qui constitue un enjeu majeur pour Cigéo en particulier dans les alvéoles MAVL, devra faire l'objet d'un effort substantiel de la part de l'Andra, afin de statuer sur le caractère représentatif des scénarios retenus et sur la suffisance des dispositions visant à contenir ou limiter les relâchements de matières radioactives en provenance des secteurs de feu. L'Andra s'est engagée sur ce point ;
- le REX d'autres installations souterraines de stockage impose de rechercher la mise en œuvre de toutes les dispositions permettant d'éviter une situation accidentelle préjudiciable au retour aux conditions d'exploitation qui prévalaient avant qu'elle ne survienne. Outre le contrôle des colis de déchets avant leur mise en stockage, l'IRSN considère que l'Andra devra établir un programme de surveillance de l'installation permettant notamment de détecter au plus tôt une montée progressive de la température des colis de stockage qui présentent des risques de réactions exothermiques. En tout état de cause, un scénario d'emballement de réactions exothermiques à l'intérieur de plusieurs colis de boues bitumées devra être étudié au titre des ECS, afin d'identifier des dispositions complémentaires nécessaires pour éviter l'occurrence d'un rejet important ou en limiter les conséquences ;

Par ailleurs, la conception de Cigéo doit viser à rendre possible le retrait des colis dans les différentes situations de fonctionnement envisageables. L'IRSN note que l'Andra s'est engagée à présenter les principes de conception qui visent à permettre, en cas d'incident ou d'accident, la reprise des fonctions d'exploitation dans l'alvéole concerné, incluant le retrait de colis, ainsi que la préservation du reste de l'installation. En outre, dans l'attente d'une décision concernant les conditions de réversibilité du stockage, l'IRSN encourage l'Andra à poursuivre ses études relatives à la fermeture immédiate ou différée des alvéoles de stockage de déchets HA et MAVL, afin de maintenir les choix ouverts à ce stade. Ces études devraient permettre d'établir le bilan des avantages et inconvénients de chaque option en termes de sûreté et de radioprotection.

La majorité de ces compléments sont attendus à l'échéance du DOS en 2015 afin d'arrêter les choix structurants de la conception de Cigéo en amont de la DAC. L'IRSN considère que le DOS devra présenter l'ensemble des concepts retenus pour la construction de l'installation et le stockage des colis de déchets, leur justification au regard de la sûreté de l'installation pendant la phase d'exploitation et à long terme, ainsi que l'identification des compléments de démonstration et des éléments de qualification qui seront à apporter à l'échéance de la DAC puis lors de la phase industrielle pilote.

## REFERENCES

- [1] Saisine de l'Autorité de Sûreté Nucléaire ASN CODEP-DRC-2014-016991 du 10 juillet 2014
- [2] Lettre d'engagements de l'Andra DG/14-0314 du 14 novembre 2014, Projet de stockage Cigéo - Instruction du dossier relatif à « La maîtrise des risques de dissémination de substances radioactives, d'explosion lié à l'émission d'hydrogène par les colis de déchets, d'incendie et des risques liés à la coactivité dans l'installation souterraine et les liaisons surface-fond de Cigéo au stade de l'esquisse »
- [3] Rapport IRSN DSU n°106, Avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire sur le « Dossier 2005 Argile », présenté devant le GPD les 12-13 décembre 2005
- [4] Avis GPD/05-16, Avis et Recommandations du Groupe Permanent « Déchets » du 12/12/2005 et du 13/12/2005 - Stockage Géologique - Examen du « Dossier 2005 Argile »
- [5] Avis du 1<sup>er</sup> février 2006, Avis de l'Autorité de sûreté nucléaire 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 PNGMDR-MV
- [6] Rapport IRSN/2010-00002, Avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire sur le « Dossier 2009 - Projet HA-MAVL » et sur le « DAIE » du laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne, présenté devant le GPD les 29-30 novembre 2010
- [7] Avis CODEP-MEA-2010-068480, Avis et Recommandations du Groupe Permanent « Déchets » du 29/11/2010 - Dossier 2009 pour le projet HA-MAVL et demande de renouvellement de l'autorisation d'exploitation du laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne
- [8] Avis ASN CODEP-DRC-2011-002092, Examen du « Dossier 2009 » relatif au projet HA-MAVL
- [9] Avis IRSN N°2013-00159 du 26 avril 2013 sur les évolutions du projet Cigéo au stade « Jesq03 » depuis le Dossier 2009
- [10] Avis ASN CODEP-DRC-2013-033414, Dossier « Projet Cigéo - Esquisse Jesq03 (2012) - Document de synthèse des évolutions par rapport au Dossier 2009 et impact sur la sûreté »
- [11] Guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde - version du 12 février 2008
- [12] Note Andra CG-TE-D-NTE-AMOA-SR1-0000-13-0127/A, décembre 2013, « La maîtrise des risques de dissémination de substances radioactives, d'explosion lié à l'émission d'hydrogène par les colis de déchets, d'incendie et des risques liés à la coactivité dans l'installation souterraine et les liaisons surface-fond de Cigéo au stade de l'esquisse »
- [13] Note CIGEO.SP.ADPG.11.0020.E, septembre 2013, « Exigences applicables - Projet Cigéo »
- [14] Note CGPEADPG110074.B, juillet 2013, « Programme industriel de gestion des déchets - Projet Cigéo »
- [15] Note CG-TE-AMOA-SR1-0000-13-0071/A, septembre 2013, « Référentiel de sûreté appliqué à la conception de Cigéo pour la phase d'exploitation »
- [16] Note SUR NT ASSN 11.0051 indice C, décembre 2011, « Référentiel incendie pour la conception de Cigéo »
- [17] Note CG-TE-D-NTE-AMOA-FE0-0000-14-0088/A, août 2014, « Retour d'expérience relatif aux incendies en milieu souterrain appliqué au projet Cigéo »

- [18] Texte DEVR1410495X, 10 mai 2014, « Délibération du conseil d'administration de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs du 5 mai 2014 relative aux suites à donner au débat public sur le projet Cigéo »
- [19] Rapport DEND n°2009-090, CEA/Marcoule Réexamen de sûreté de l'installation AVM, présenté devant la CSLU et la CSGD le 10 juin 2009
- [20] Accident Investigation Report, March 2014, « Underground Salt Haul Truck Fire at the Waste Isolation Pilot Plant - February 5, 2014 »
- [21] Déclaration du 13 mai 2011 de l'European Nuclear Safety Regulators Group (ENSREG) et spécifications des "stress tests : [http://www.ensreg.eu/sites/default/files/EU%20Stress%20tests%20specifications\\_0.pdf](http://www.ensreg.eu/sites/default/files/EU%20Stress%20tests%20specifications_0.pdf)
- [22] Note CG-TE-F-NSY-AMOA-SR0-0000-12-0117/A, décembre 2012, « Projet Cigéo - esquisse Jesq03 (2012) - Document de synthèse des évolutions par rapport au dossier 2009 et impact sur la sûreté »
- [23] Rapport IRSN N° 2014-00006, Projet de stockage Cigéo - Ouvrages de fermeture, présenté devant le GPD le 1<sup>er</sup> juillet 2014
- [24] Avis ASN CODEP-DRC-2014-039040, Dossier « projet de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde - ouvrages de fermeture »
- [25] Propositions de l'Andra relatives à la réversibilité du projet Cigéo, Décembre 2012, référence 499b, <http://www.andra.fr/download/site-principal/document/editions/499b.pdf>
- [26] <http://www.wipp.energy.gov/wipprecovery/recovery.html>
- [27] [http://www.wipp.energy.gov/wipprecovery/accident\\_desc.html](http://www.wipp.energy.gov/wipprecovery/accident_desc.html)
- [28] Accident Investigation Report, April 2014, « Phase 1 - Radiological Release Event at the Waste Isolation Pilot Plant on February 14, 2014 »
- [29] [http://www.wipp.energy.gov/Special/WIPP%20Update%205\\_16\\_14.pdf](http://www.wipp.energy.gov/Special/WIPP%20Update%205_16_14.pdf)
- [30] <http://www.wipp.energy.gov/Special/WIPP%20Recovery%20Plan.pdf>
- [31] Bilan de la concertation publique sur le projet de fermeture du stockage souterrain StocaMine (du 15 novembre 2013 au 15 février 2014)

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Objectifs de protection contre les rayonnements ionisants (Andra, [12]).....	26
Tableau 2 : Situations retenues par l'Andra pour les études des risques d'explosion liés au dégagement d'hydrogène des colis (Andra, [12]).....	42

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Architecture de l'installation souterraine (Andra, [12]) .....	9
Figure 2 : Schéma des zones de soutien logistique (Andra, [12]) .....	10
Figure 3 : Coupe longitudinale d'un alvéole de stockage MAVL et des locaux adjacents (Andra, [12]). La partie utile de l'alvéole (nommée « Alvéole de stockage » sur la figure) n'est pas représentée à l'échelle .....	10
Figure 4 : Illustration d'agencement de colis de stockage dans un alvéole MAVL (Andra, [12]).....	11
Figure 5 : Schéma de principe d'un alvéole de stockage de déchets MAVL scellé (Andra, [23]) .....	11
Figure 6 : Coupe d'un alvéole HA (Andra, [12]) .....	12
Figure 7 : Schéma de principe d'un alvéole de stockage de déchets HA scellé (Andra, [13]) .....	12
Figure 8 : Synoptique des différentes phases de développement de l'installation souterraine (Andra, [12]) .....	13
Figure 9 : Illustration des colis de stockage HA (Andra, [12]) .....	14
Figure 10 : Illustration des colis de stockage MAVL (Andra, [12]) .....	15
Figure 11 : Illustration d'une navette (Andra, [12]) .....	16
Figure 12 : Illustration d'une table tournante (Andra, [12]) .....	16
Figure 13 : Illustration du principe d'accostage d'une hotte MAVL (Andra, [12]).....	17
Figure 14 : Illustration du chariot gerbeur en cellule de manutention (Andra, [12]).....	17
Figure 15 : Illustration du portique de transfert en cellule de manutention (Andra, [12]) .....	18
Figure 16 : Illustration schématique d'une hotte HA (Andra, [12]).....	18
Figure 17 : Principe de ventilation de la descenderie d'exploitation colis (Andra, [12]).....	19
Figure 18 : Principe de ventilation des galeries et alvéoles MAVL (Andra, [12]) .....	20
Figure 19 : Principe de ventilation des galeries HA (Andra, [12]) .....	20
Figure 20 : Schéma-type de la ventilation d'un alvéole MAVL en fonctionnement normal (Andra, [12]) .....	30
Figure 21 : Schéma du WIPP. Partie droite : zones de stockage de déchets. La zone 7 est la seule en cours de remplissage (DOE, [20]) .....	79
Figure 22 : Colis stockés au WIPP (colis irradiants à gauche et colis empilés au centre) (DOE, [26]).....	80
Figure 23 : Schéma et photographie du système de ventilation du WIPP, au niveau du puits d'extraction d'air (DOE, [27] [28]) .....	81
Figure 24 : Photo de l'engin de travaux de sel qui a brûlé (DOE, [20]) .....	82
Figure 25 : Schéma d'ensemble du WIPP. En rouge : lieu de l'incendie. En jaune : localisation de la balise qui s'est déclenchée le 14 février 2014 (DOE, [27]) .....	82
Figure 26 : Photo de colis de déchets stockés pris du dessus. Le fût incriminé dans la fuite de radioactivité est au milieu à gauche de la photo (DOE, [29]).....	83

## ANNEXE A1 Lettre CODEP-DRC-2014-016991 de l'ASN



**Direction des déchets,  
des installations de recherche et du cycle**

10 JUIL. 2014

Montrouge, le  
**Le Président de l'Autorité de sûreté  
nucléaire**

à

**Monsieur le Président du Groupe  
Permanent d'experts pour les déchets  
Monsieur le Président du Groupe  
Permanent d'experts pour les  
laboratoires et les usines**

N/Réf : CODEP-DRC-2014-016991  
Affaire suivie par : Cécile CASTEL  
Tél : 01-46-16-42-45  
Fax : 01-46-16-44-30  
Mel : [Cecile.castel@asn.fr](mailto:Cecile.castel@asn.fr)

**Objet :** Projet de stockage Cigéo – Examen du dossier « maîtrise des risques en exploitation au niveau esquisse et phasage du projet Cigéo »

**Réf. :** [1] Lettre Andra DMR/DIR/13-0192 du 6 décembre 2013  
[2] Lettre Andra DG/DIR/13-0279 du 23 décembre 2013

**Annexe :** Rappel des engagements, demande et recommandation issues de l'instruction des dossiers « 2005 – argile », « Jalon 2009 », « Dossiers remis entre 2009 et 2012 » et « Jesq03 » en lien avec les risques en exploitation et le phasage du projet

La loi n°2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs, prévoit la poursuite des études et recherches sur le stockage réversible en couche géologique profonde « de sorte que, au vu des résultats des études conduites, la demande de son autorisation prévue à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement puisse être instruite en 2015 ».

A la suite du débat public préalable au dépôt de la demande d'autorisation de création pour une telle installation prévu par l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement et qui s'est tenu du 15 mai au 15 décembre 2013, l'Andra a proposé une modification de ce calendrier par délibération de son conseil d'administration du 5 mai 2014.

Sur la base de ce calendrier, l'Andra remettrait en 2015 à l'État une proposition de plan directeur pour l'exploitation de Cigéo et à l'Autorité de sûreté nucléaire un dossier d'options de sûreté et un dossier d'options techniques de récupérabilité en préalable du dépôt de la demande d'autorisation de création de Cigéo. L'Andra déposerait alors une demande d'autorisation de création de cette installation fin 2017, intégrant les éléments issus de l'instruction des dossiers d'options susmentionnés et des études d'avant-projet définitif.

[www.asn.fr](http://www.asn.fr)  
15 rue Louis Lejeune – CS 70013 – 92541 Montrouge cedex  
Téléphone 01 46 16 40 00 • Fax 01 46 16 44 20

L'Autorité de sûreté nucléaire a, jusqu'à présent, rendu des avis au Gouvernement sur les études sur la faisabilité du concept de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde et leur avancement. Dès lors qu'un dossier d'options de sûreté sera déposé par l'Andra, c'est la réglementation des INB qui s'applique strictement et l'ASN l'instruira à ce titre.

L'ASN souhaite prendre position sur les dernières études de maîtrise des risques en exploitation réalisées par l'Andra au stade de l'esquisse ainsi que sur le phasage de déroulement du projet proposé par l'Andra pour que les éléments associés soient, le cas échéant, pris en compte dans le dossier d'options de sûreté que l'Andra a annoncé vouloir remettre en 2015 ainsi que dans le futur dossier de demande d'autorisation de création.

#### **Concernant la maîtrise des risques en exploitation de Cigéo au stade de l'esquisse**

Par lettre citée en référence [1], l'Andra a adressé à l'ASN un dossier intitulé « maîtrise des risques de dissémination de substances radioactives, d'explosion lié à l'émission d'hydrogène par les colis de déchets, d'incendie et des risques liés à la coactivité dans l'installation souterraine et les liaisons surface-fond de Cigéo au stade de l'esquisse » (réf. CG-TTE-D-NTE-AMOA-SR1-0000-13-0127/A).

Ce dossier se positionne en fin de phase esquisse du projet de stockage en couche géologique profonde développé par l'Andra. Il est à considérer dans la continuité des dossiers déjà déposés par l'Andra et examinés par le groupe permanent d'experts pour les déchets sur le projet de stockage en couche géologique profonde.

Les engagements, demandes, positions et recommandations issus de l'instruction des dossiers « 2005 – argile », « Jalon 2009 » en lien avec les risques en exploitation du projet sont rappelés en annexe, de même que les positions de l'ASN sur ce sujet issues de l'examen du dossier « Jesq03 ».

Afin que l'ASN puisse, le cas échéant, prendre position sur la sûreté des options présentées par l'Andra concernant la maîtrise des risques de dissémination de substances radioactives, d'explosion lié à l'émission d'hydrogène par les colis de déchets, d'incendie et des risques liés à la coactivité dans l'installation souterraine et les liaisons surface-fond de Cigéo au stade de l'esquisse, je souhaiterais obtenir l'avis des groupes permanents d'experts que vous présidez sur le dossier précité eu égard en particulier à :

- La prise en compte des engagements, positions, demandes et recommandations issus de l'instruction des dossiers « 2005 – argile », « Jalon 2009 » et « Jesq03 » ;
  - La pertinence de la démarche de sûreté retenue pour la phase d'exploitation, incluant sa fermeture, présentée dans le dossier ;
  - La pertinence des exigences de sûreté en exploitation, incluant sa fermeture, définies et appliquées par l'Andra à la conception de Cigéo, notamment concernant
    - la mise en œuvre possible de la réversibilité du stockage, en particulier concernant la récupérabilité des colis,
    - le confinement,
    - la ventilation,
- et en considérant la prise en compte :
- des facteurs organisationnels et humains,
  - du vieillissement de l'installation,
  - de sa maintenance et de sa surveillance ;

- La pertinence des situations incidentelles / accidentelles, ainsi que des modalités d'intervention et d'évacuation retenues par l'Andra, en considérant la prise en compte :
  - des facteurs organisationnels et humains,
  - du vieillissement de l'installation,
  - de sa maintenance et de sa surveillance.

Il est à noter que la pertinence des modalités d'intervention et d'évacuation retenues concernent la construction de Cigéo, son exploitation, ainsi que les co-activités induites par la construction de certaines parties de l'installation qui s'effectuera en parallèle au fonctionnement d'autres parties de l'installation.

#### Concernant le phasage du projet Cigéo

Par lettre citée en référence [2], l'Andra a adressé à l'ASN le document « Projet Cigéo Programme d'essais relatif aux ouvrages de grandes dimensions » (réf. CG.NT.A.DIP.13.0002/A).

Ce document constitue la réponse de l'Andra à la demande de l'ASN de lui « indiquer sous deux ans dans quel cadre et à quelle échéance un démonstrateur pourra être réalisé pour la qualification d'ouvrages de grandes dimensions », formulée l'issue de l'instruction du dossier « Jalon 2009 »

A ce document s'ajoutera la réponse de l'Andra à la demande formulée par l'ASN dans sa lettre de prise de position du 18 novembre 2013 (lettre CODEP-DRC-2013-033414) concernant 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 sûreté de l'installation.

La présente saisine pourra être complétée en conséquence après réception de ce document.

Les engagements, demandes, positions et recommandations issus de l'instruction des dossiers « Jalon 2009 » et « Dossiers remis entre 2009 et 2012 » en lien avec le phasage du projet sont rappelés en annexe, de même que les positions de l'ASN sur ce sujet issues de l'examen du dossier « Jesq03 ».

Dans la mesure où la date de réception de la réponse attendue de la part de l'Andra resterait compatible avec le calendrier de l'instruction, et afin que l'ASN puisse prendre position, le cas échéant, sur le phasage proposé par l'Andra pour le développement de son projet, je souhaiterais obtenir l'avis des groupes permanents d'experts que vous présidez sur le dossier précité eu égard en particulier à :

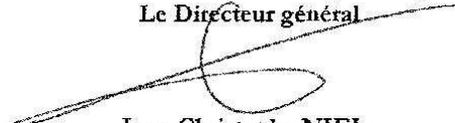
- La pertinence du phasage proposé au regard du programme d'acquisition des éléments de démonstration présenté,
- La pertinence du calendrier des études d'options / optimisations en cours en regard du calendrier envisagé pour l'instruction de la demande d'autorisation de création.

Je vous demande également de me faire part des autres observations que vous pourriez porter sur ces dossiers.

Je vous prie de bien vouloir convier la direction des déchets, des installations de recherche et du cycle et la division territoriale de Châlons-en-Champagne aux travaux menés par les groupes permanents d'experts que vous présidez.

L'ASN souhaite recueillir en synthèse un avis commun des groupes permanents à l'issue de la réunion des groupes permanents d'expert pour les déchets ainsi que pour les laboratoires et les usines, à ce jour planifiée pour le 10 décembre 2014.

Pour le Président de l'ASN et par délégation,  
Le Directeur général

  
Jean-Christophe NIEL

LISTE DE DIFFUSION
--------------------

*Copies externes :*

- IRSN/SEDVAN

*Copies internes :*

- ASN/DG : JCN, JLL
- ASN/DRC : FS, LTA, CCA, JPC
- ASN/Division de Châlons-en-Champagne
- ASN/DCN : ANM

## ANNEXE A LA LETTRE CODEP-DRC-2014-016991

### RAPPEL DES ENGAGEMENTS ET RECOMMANDATIONS ISSUES DE L'INSTRUCTION DES DOSSIERS « 2005 – ARGILE », « JALON 2009 », « DOSSIERS REMIS ENTRE 2009 ET 2012 » ET « JESQ3 » EN LIEN AVEC LES RISQUES EN EXPLOITATION ET LE PHASAGE DU PROJET

#### CONCERNANT LA MAITRISE DES RISQUES EN EXPLOITATION

##### Positions de l'ASN issues de l'examen du dossier « JESQ3 » :

*Lettre de l'ASN référencée CODEP-DRC-2013-033414 du 18 novembre 2013*

- « Concernant les colis de déchets, je tiens à souligner que conformément au principe de confinement « au plus près » de la radioactivité, à celui de la défense en profondeur, ainsi qu'aux principes énoncés dans le guide de sûreté du 12 février 2008 relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde, les performances attendues pour la première barrière de confinement statique (constituée du colis primaire et éventuellement d'un conteneur de stockage) doivent être obtenues en priorité par le colis primaire ».

« L'ASN considère que les choix d'options suivants nécessiteront une attention particulière dans le cadre de la démonstration de sûreté de l'installation » :

- « 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 » ;
- « l'architecture regroupée semi-enterrée des installations de surface : il conviendra d'analyser de manière approfondie certains risques (incendie, inondation d'origine interne ou externe) qui devront être considérés en fonction de cette architecture particulière » ;
- « 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 » ;

##### Demandes ASN issues de l'examen du « dossier 2009 » (en vue du dossier en support de la demande d'autorisation de création) :

*Annexe à la lettre de l'ASN référencée CODEP-DRC-2011-002092 du 1<sup>er</sup> juin 2011*

- « compléter l'analyse des risques liés à une défaillance de la première barrière de confinement (assurée par les colis de déchets) et présenter, les dispositions visant, en cas de défaillance du confinement statique, à assurer, lorsque nécessaire, un confinement dynamique dans certains secteurs de l'installation que vous définirez » ;
- « justifier l'exclusion d'un scénario d'incendie de reprise de réactions exothermiques à l'intérieur de colis, notamment de boîtes bitumées » ;
- « 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 MAVT, en cas de défaillance du système d'extinction embarqué sur l'engin de mise en alvéole » ;
- « 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. ».

**Demandes ASN issues de l'examen du « dossier 2005 » (en vue du dossier en support de la demande d'autorisation de création) :**

*Annexe à la lettre de l'ASN référencée CODEP-DRC-2011-002092 du 1<sup>er</sup> juin 2011*

- « examiner, dans le cadre des études d'optimisation de la radioprotection, les adaptations, 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 » ;
- « définir les dispositions permettant d'éviter, en cas d'incendie, des réactions exothermiques dans les enrobés bitumés, y compris en cas d'incendie de l'engin de manutention dans l'alvéole de stockage » ;
- « poursuivre les études de sûreté-criticité en visant à établir les critères d'admissibilité des colis ».

**Engagements de l'Andra (en vue de la demande d'autorisation de création) :**

*Lettre de l'Andra référencée Andra/DMR/DIR/10-0144 du 26 octobre 2010*

- E.3 : Pour ce qui concerne les risques liés à l'évolution des matériaux
  - o E3.1 : L'Andra présentera la méthode retenue pour prendre en compte le vieillissement des composants des installations souterraines et de liaison jour-fond lors de l'exploitation du stockage.
  - o E3.2 : 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.
  - o E3.3 : L'Andra précisera si l'étanchéité du chemisage de l'alvéole HA est retenue en tant qu'exigence de sûreté, la durée associée à cette exigence, ainsi que la solution technique retenue.
- E4 : Pour ce qui concerne les risques liés à la dissémination de matières radioactives
  - o E4.1 : 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.
  - o E4.2 : 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.
- E5 : Pour ce qui concerne les risques liés au dégagement thermique
  - o 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.
- E6 : Pour ce qui concerne les risques liés à l'exposition interne et externe
  - o 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.
- E7 : Pour ce qui concerne les risques liés à l'incendie
  - o E7.1 : L'Andra présentera sa démarche d'analyse des risques liés à l'incendie, en considérant d'une part les exigences de sûreté applicables aux INB de surface, d'autre part celles applicables aux ouvrages souterrains (maisons, tunnels). Le référentiel ainsi formé portera sur la prévention et la limitation des risques liés à l'incendie, pouvant avoir des conséquences à l'intérieur et à l'extérieur de l'installation nucléaire souterraine.
  - o E7.2 : L'Andra justifiera la capacité des dispositions de protection contre l'incendie (DPCI) à prévenir et à limiter les conséquences des incidents ou accidents liés à l'incendie, pour toutes les « cibles de sûreté » (colis, composants dont une agression entraînerait une diminution du niveau de sûreté de l'installation...). L'Andra précisera les dispositions de détection des départs de feu dans la zone de travaux et justifiera le cas échéant l'absence de telles dispositions dans les alvéoles MAVL.
  - o E7.3 : L'Andra justifiera le caractère enveloppe des effets des incendies qui seront retenus pour le dimensionnement des dispositions de protection contre l'incendie.

- E7.4 : 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.
- E7.5 : 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.
- E8 : Pour ce qui concerne les risques liés à l'explosion
  - E8.1 : 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.
  - E8.2 : 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.
  - E8.3 : 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.
  - E8.4 : 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.
- E9 : Pour ce qui concerne les risques liés aux opérations de manutention
  - E9.1 : 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.
  - E9.2 : 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 oeuvre à l'échelle industrielle dans des conditions de sûreté satisfaisantes.
- E10 : 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.
- E11 : Pour ce qui concerne les risques liés à la co-activité, l'Andra complètera son analyse des risques en intégrant notamment les éléments suivants
  - E11.1 : 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.
  - E11.2 : L'Andra justifiera le positionnement et le nombre des sas marquant la séparation physique entre la zone nucléaire et la zone de travaux.
  - E11.3 : 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 (gaines) et dans la zone de travaux (galeries).
  - E11.4 : Les travaux effectués dans la zone nucléaire mettant notamment en oeuvre 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.
- E12 : Pour ce qui concerne les risques liés à la perte d'auxiliaires
    - o L'Andra considérera, dans son analyse de l'origine des risques liés à la perte des moyens de contrôle et de surveillance, la perte des systèmes de ventilation.
  - E13 : Pour ce qui concerne les risques liés aux séismes
    - o E13.1 : 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.
    - o E13.2 : 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.
  - E14 : Pour ce qui concerne les risques liés à l'inondation d'origine externe
    - o E14.1 : 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.
    - o E14.2 : 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.

## CONCERNANT LE PHASAGE

### **Demande ASN issue de l'examen du dossier « JESQ03 » :**

*Lettre de l'ASN référencée CODEP-DRC-2013-033414 du 18 novembre 2013*

- *« Enfin, vous indiquez dans votre courrier que ce document présente votre réponse à la demande formulée dans ma lettre citée en référence [CODEP-DRC-2011-002092 du 1<sup>er</sup> juin 2011] « de me 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 sûreté de l'installation ». Je considère que votre réponse doit être complétée sur les échéances de disponibilité des éléments de démonstration susmentionnés. 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 différenciez ceux qui relèvent de la demande d'autorisation de création et ceux qui relèvent du dossier de mise en service ».*

### Positions de l'ASN issue de l'examen du dossier « JESQ03 » :

*Lettre de l'ASN référencée CODEP-IDRC-2013-033414 du 18 novembre 2013*

- « 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 »

*« L'ASN considère que les choix d'options suivants nécessiteront une attention particulière dans le cadre de la démonstration de sûreté de l'installation » :*

- « L'élargissement de l'usage d'un tunnelier « pleine face » pour excaver les galeries de liaison de l'installation souterraine, en plus de la descendrière 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 réducteurs du creusement sur les ouvrages souterrains et les équipements » ;
- « 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 » ;

### Position de l'ASN issue de l'examen des documents produits par l'Andra entre 2009 et 2012 :

*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*

- « Certains éléments de démonstration de sûreté devront s'appuyer sur la réalisation de démonstrateurs ; à cet égard, la durée d'un an annoncée à ce jour séparant la construction d'un alvéole témoin MAVL inactif et la mise en actif de l'installation, prévue en 2025, pourrait s'avérer insuffisante. »
- « L'ordonnancement de stockage des colis, outre qu'il vise à répondre aux besoins des producteurs, doit aussi permettre d'acquérir l'expérience nécessaire pour évaluer et conforter les concepts de stockage retenus ; aussi, est-il essentiel, comme le prévoit l'Andra, qu'une phase de « montée en puissance » progressive de l'exploitation de l'installation de stockage géologique profond précède son exploitation courante permettant ainsi d'acquérir un retour d'expérience suffisant sur le comportement géomécanique des alvéoles et d'éprouver les méthodes d'exploitation » ;

### Recommandation de l'ASN issue de l'examen du « dossier 2009 » :

*Avis n°2011-AV-129 du 26 juillet 2011 de l'ASN sur le dossier relatif au stockage réversible profond des déchets ILL-MAVL déposé par l'Andra conformément à l'article 11 du décret n°2008-357 du 16 avril 2008*

- « L'ASN recommande que l'Andra reste attentive à bien coordonner les travaux de recherche et d'expérimentations avec les différentes phases de développement du projet afin d'assurer la disponibilité des données nécessaires à la démonstration de la sûreté de l'installation le moment venu. »

**Demandes ASN issues de l'examen du « dossier 2009 » (en vue du dossier en support de la demande d'autorisation de création) :**

*Lettre de l'ASN référencée CODEP-DRC-2011-002092 du 1<sup>er</sup> juin 2011*

- *« 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 »*
- *« 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 »*

## **ANNEXE A2 Lettre DG/14-0314 de l'Andra (engagements)**



Châtenay-Malabry, le 14 NOV. 2014

Monsieur Pierre-Franck CHEVET  
Président de l'Autorité de Sûreté  
Nucléaire

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

Le directeur général

Tél. 01 46 11 80 00

Affaire suivie par : Fabrice BOISSIER

Réf : [1] DMR/DIR/13-0192 du 6 décembre 2013  
[2] DMR/DIR/14-0054 du 20 mars 2014  
[3] DMR/DIR/14-0068 du 11 avril 2014

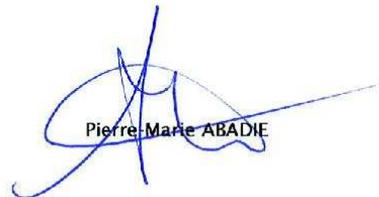
N/réf : DG/14-0314

Objet : Projet de stockage Cigéo - Instruction du dossier relatif à « La maîtrise des risques de dissémination de substances radioactives, d'explosion lié à l'émission d'hydrogène par les colis de déchets, d'incendie et des risques liés à la coactivité dans l'installation souterraine et les liaisons surface-fond de Cigéo au stade de l'esquisse »

Monsieur le président,

Dans le cadre de l'instruction du dossier cité en objet transmis par lettres citées en références de [1] à [3], vous trouverez en annexe à la présente les engagements que l'Andra propose de prendre pour les prochaines étapes du projet. Ces engagements ont fait l'objet d'échanges avec l'IRSN.

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

  
Pierre-Marie ABADIE

P.J. : Engagements de l'Andra

[www.andra.fr](http://www.andra.fr)

AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS  
Siège social : 1-7, rue Jean-Monnet, 92298 Châtenay-Malabry Cedex - RCS Nanterre n° 390 199 669

## ENGAGEMENTS ANDRA

- E1** L'Andra présentera, dans le DOS, une classification des scénarios en cohérence avec les niveaux de défense en profondeur, et avec les prescriptions de l'arrêté INB (proportionnalité aux risques). L'Andra distinguera notamment les scénarios retenus pour le dimensionnement de l'installation (3 premiers niveaux de la défense en profondeur), les scénarios de dimensionnement du PUI (4<sup>ème</sup> niveau de la défense en profondeur) et les scénarios exclus.
- E2** L'Andra présentera, dans le DOS, la prise en compte des premières évaluations complémentaires de sûreté dans la conception de Cigéo.
- E3** 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.
- E4** L'Andra présentera :
- dans le projet de spécifications préliminaires d'acceptation des colis de déchets joint au DOS, les exigences de confinement assignées aux colis de déchets primaires MA-VL suivant qu'ils sont acceptés pour un stockage direct ou pour un stockage en conteneur de stockage ;
  - dans le DOS, les fonctions et les performances des conteneurs de stockage ;
  - dans le dossier accompagnant la DAC, les dispositions concrètes permettant de satisfaire ces exigences, quelle que soit la solution de stockage envisagée.
- L'Andra présentera également dans le dossier accompagnant la DAC les modes de stockage retenus ou envisagés pour chaque famille de colis de déchets du PIGD.
- E5** L'Andra complétera, dans le dossier accompagnant la DAC, les exigences de son référentiel incendie relatives à l'opacité et la toxicité des fumées.
- E6** L'Andra présentera, dans le DOS, les dispositions de maîtrise des relâchements de substances radioactives en provenance des secteurs de feu, en cas d'incendie dans la partie utile ou la cellule de manutention des alvéoles MA-VL.
- E7** 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.

- E8** 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.
- E9** Dans le DOS, l'Andra présentera les principes de conceptions retenus visant à permettre, en cas d'incident ou d'accident affectant un alvéole en cours d'exploitation, et une fois l'installation mise en sécurité :
- la reprise de fonctions d'exploitation (surveillance, capacité d'intervention,...) dans l'alvéole concerné, incluant le cas échéant le retrait de colis dans l'alvéole impacté ;
  - la préservation du reste de l'installation et notamment la fonction de récupérabilité.

**Copies externes :**

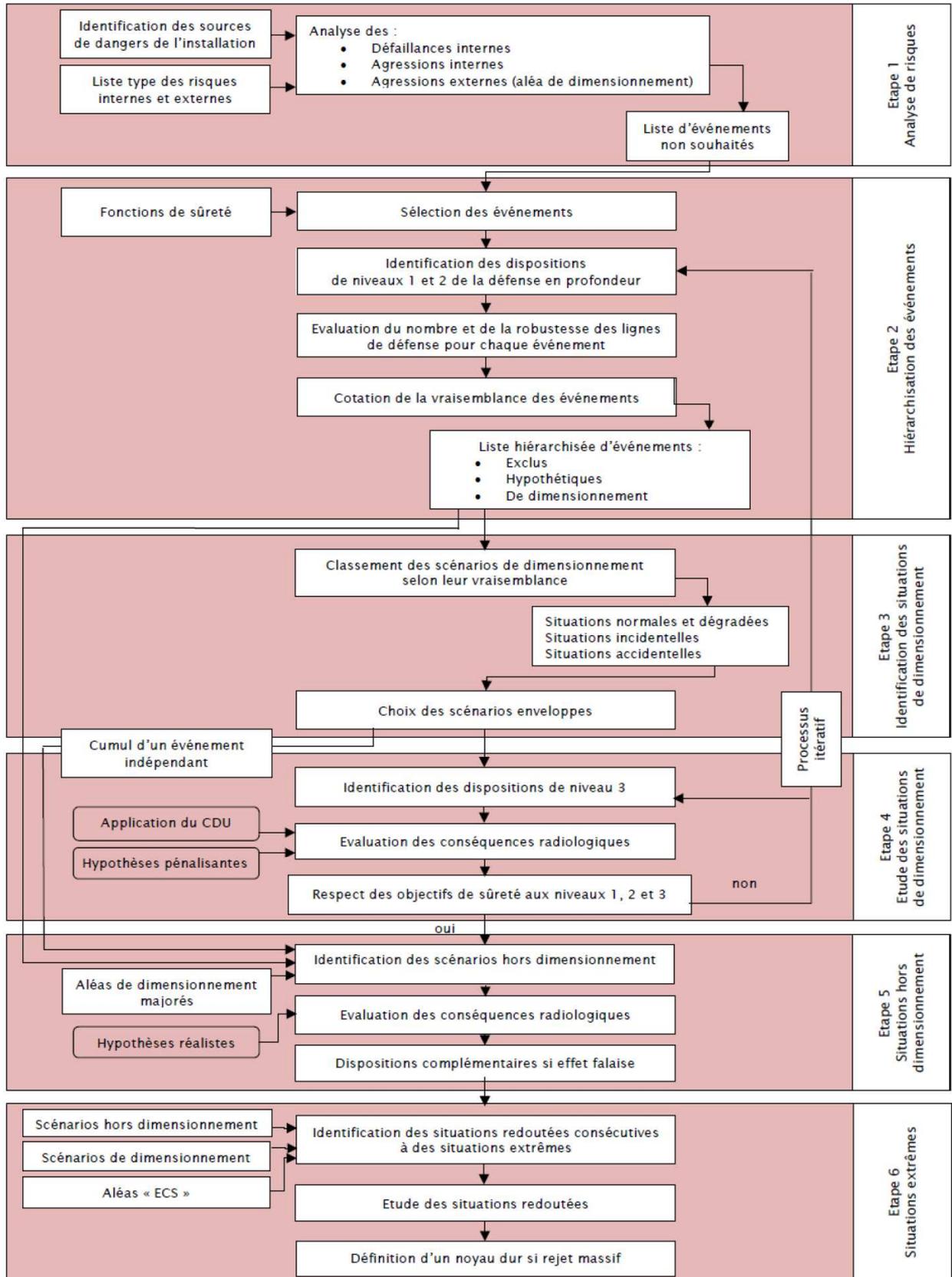
Diffusion par voies postale et électronique :

ASN/DRC	F. SCHILZ
ASN/DRC	L. TANGUY
ASN/DRC	C. CASTEL
IRSN/PRP-DGE/SEDRAN	

Diffusion par voie électronique :

IRSN/PRP-DGE  
IRSN/PRP-DGE/SEDRAN/BERIS  
IRSN/PRP-DGE/SEDRAN/BEGESC

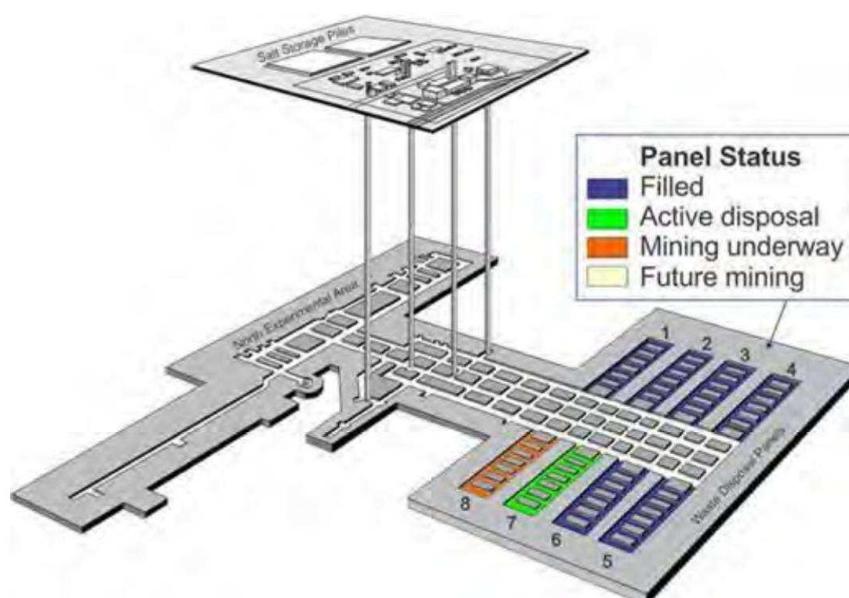
**ANNEXE T1**    **Démarche de sélection des scénarios de sûreté en exploitation (Andra, [12])**



**ANNEXE T2      Présentation des événements de février 2014 au  
WIPP**

### Description de l'installation

Le WIPP est une installation de stockage de déchets nucléaires située dans une formation géologique saline, à environ 600 mètres de profondeur, située au Nouveau-Mexique (Etats-Unis), dans les environs de Carlsbad. Cette installation a été exploitée par le *Department of Energy* (DOE) et ses sous-traitants depuis 1999 afin d'accueillir des déchets transuraniens issus d'activités nucléaires de défense. Le WIPP est prévu pour accueillir des déchets jusqu'en 2030, puis d'être fermé et surveillé pendant 100 ans. L'installation souterraine est décomposée en deux zones, l'une étant dédiée au stockage des déchets (partie droite sur la Figure 21) et l'autre, faisant l'objet de travaux conventionnels et d'études, n'accueillant pas de déchets nucléaires (partie gauche sur la Figure 21).



**Figure 21 : Schéma du WIPP. Partie droite : zones de stockage de déchets. La zone 7 est la seule en cours de remplissage (DOE, [20])**

Les zones de stockage des déchets sont constituées de chambres et d'alvéoles horizontaux. Les colis de déchets reçus sont répartis en deux catégories : (i) les colis de déchets peu irradiants manipulables directement par les opérateurs (« *contact-handled waste* ») sont stockés dans les chambres et (ii) les colis de déchets irradiants nécessitant un surconteneur (« *remote-handled waste* ») sont stockés dans des alvéoles horizontaux creusés à même la paroi (cf. Figure 22).



Figure 22 : Colis stockés au WIPP (colis irradiants à gauche et colis empilés au centre) (DOE, [26])

La ventilation du WIPP n'est pas séparée entre les activités de travaux et les activités propres au stockage des déchets. Toutefois, un étage de filtration de très haute efficacité (THE), dont le schéma est présenté en Figure 23, est installé en surface du puits d'extraction d'air (un des 4 puits représentés sur la Figure 21) afin de limiter un relâchement éventuel de radioactivité provenant des colis de déchets dans l'environnement. Toutefois, la filtration de l'air extrait n'est déclenchée que sur détection de contamination atmosphérique dans l'installation souterraine [28].

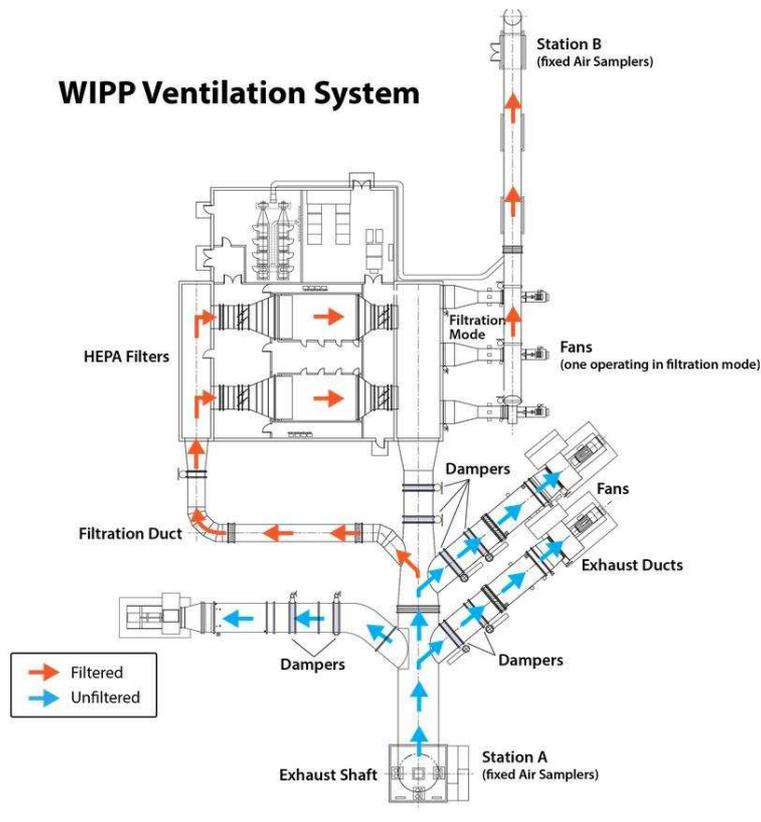


Figure 23 : Schéma et photographie du système de ventilation du WIPP, au niveau du puits d'extraction d'air (DOE, [27] [28])

#### Premier événement de février 2014 : incendie d'un engin de travaux

Le 5 février 2014, un incendie s'est déclaré dans l'installation souterraine. Un échauffement de certaines sections hydrauliques d'un engin de travaux a en effet provoqué l'embrassement de l'engin, qui a été partiellement brûlé (cf. Figure 24). La localisation de l'incendie au sein de l'installation souterraine du WIPP est indiquée sur la Figure 25 par un point rouge.



Figure 24 : Photo de l'engin de travaux de sel qui a brûlé (DOE, [20])

L'ensemble du personnel qui travaillait dans l'installation souterraine a été évacué en environ 30 minutes après le déclenchement de l'alerte et l'extinction de l'incendie a été constatée le jour-même.

**Second événement : rejet atmosphérique**

Une dizaine de jours après l'incendie de l'engin de travaux, un relâchement de radioactivité dans l'environnement a été détecté sur plusieurs jours, la majeure partie de la contamination ayant été relâchée entre le 14 et le 18 février 2014. La détection de contamination atmosphérique dans l'installation souterraine, le 14 février, est localisée sur la Figure 25 par un point jaune.

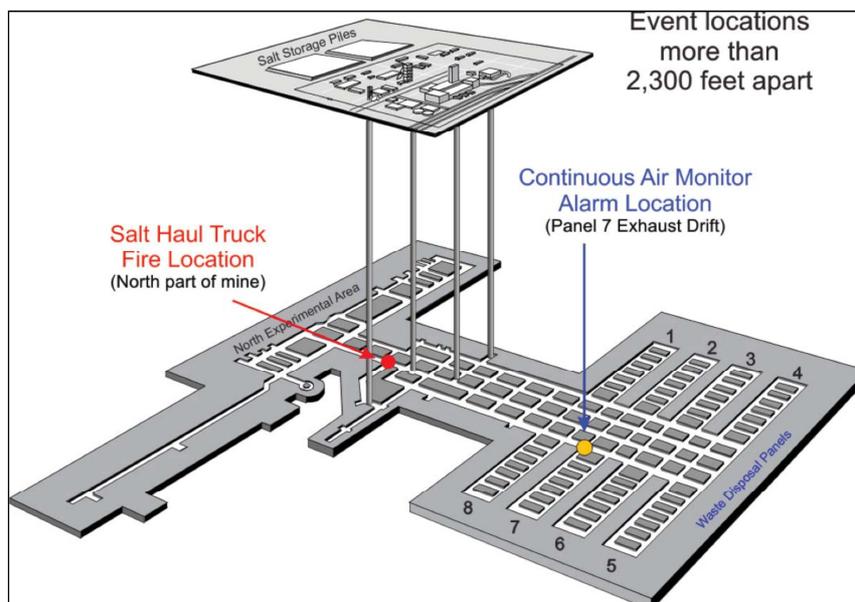


Figure 25 : Schéma d'ensemble du WIPP. En rouge : lieu de l'incendie. En jaune : localisation de la balise qui s'est déclenchée le 14 février 2014 (DOE, [27])

Le passage en « mode filtration » de la ventilation (cf. supra) a permis de collecter la majeure partie de la radioactivité sur les filtres THE situés en surface au niveau des puits d'extraction d'air, malgré une fuite identifiée

au niveau des registres. Au total, 22 employés ont été légèrement contaminés en surface [28]. Plusieurs expéditions dans l'installation souterraine depuis mai 2014 ont permis d'identifier un fût de déchets à l'origine de la contamination, au moins partiellement. En effet, le cerclage du fût apparaît désolidarisé du corps du fût et de la matière de couleur jaune s'est déposée sur la poudre d'oxyde de magnésium située au-dessus de ce fût (cf. Figure 26).



**Figure 26 : Photo de colis de déchets stockés pris du dessus. Le fût incriminé dans la fuite de radioactivité est au milieu à gauche de la photo (DOE, [29])**

Le DOE estime aujourd'hui [30] que l'origine de la rupture de confinement du fût est une réaction chimique exothermique [29] entre différentes substances contenues à l'intérieur du fût. En particulier, le fût n'aurait pas respecté les spécifications d'acceptation du WIPP et contenait des sels (de type nitrate) et de la matière organique, dans un environnement acide.

La commission d'enquête chargée de faire la lumière sur ces événements (l'Accident Investigation Board - AIB) a fait paraître deux rapports [20] [28] à ce jour le premier portant exclusivement sur l'incendie du 5 février et le second sur le relâchement de radioactivité.