

Contenu des études relatives à l'adaptabilité de Cigéo au stockage des déchets de l'inventaire de réserve

Identification

CG-TE-D-NTE-AMOA-SRO-0000-19-0011

Juillet 2019

Page : 1/19

SOMMAIRE

1.	Introduction	4
2.	Cadre associé aux études d'adaptabilité	4
2.1	Les demandes de l'ASN et du PNGMDR	4
2.2	L'inventaire de réserve	5
2.3	Les objectifs des études d'adaptabilité	6
3.	Données d'entrée des études d'adaptabilité	6
4.	Etudes d'adaptabilité de la conception de l'installation de Cigéo	9
4.1	Conteneurs de stockage	9
4.2	Installations de surface	10
4.3	Installation souterraine	10
4.4	Evaluation du coût afférent au stockage de l'inventaire de réserve	11
5.	Objectifs des études de sûreté d'adaptabilité	11
5.1	Objectif n° 1 – Prouver l'absence d'élément rédhibitoire au stockage de l'inventaire de réserve	12
5.2	Objectif n° 2 – Justifier que les évolutions de conception résultant de l'adaptabilité ne remettront pas en cause la faisabilité d'apporter ultérieurement une démonstration de sûreté complète	12
5.3	Objectif n° 3 – Évaluer l'impact du stockage de l'inventaire de réserve sur la protection des intérêts cités à l'article L593-1 du code de l'environnement	12
5.4	Objectif n° 4 – Identification des études à mener ultérieurement pour l'élaboration de la démonstration de sûreté complète	13
6.	Description des études de sûreté d'exploitation associées aux études d'adaptabilité	13
6.1	Analyse des caractéristiques des colis de déchets	13
6.2	Analyse des risques	13
6.3	Evaluation de l'impact radiologique	14
7.	Description des études de sûreté à long terme associées aux études d'adaptabilité	14
7.1	Analyse des risques et incertitudes	14
7.2	Choix des scénarios et évaluations d'impact	15
7.3	Objectif de protection et indicateurs	15
8.	Déroulement des études	16
9.	Annexe	17

1. Introduction

Le projet Cigéo de stockage en couche géologique profonde est prévu pour accueillir environ 10 000 m³ de déchets de haute activité et 75 000 m³ de déchets de moyenne activité à vie longue, sous forme conditionnée. Il s'agit là de l'inventaire de référence qui constitue la base de la conception du projet Cigéo et qui correspond à l'ensemble des déchets de haute et moyenne activité à vie longue issus des installations nucléaires actuellement autorisées.

Pour tenir compte des évolutions possibles entre cet inventaire pris en compte dans les études de conception du projet et l'inventaire des déchets qui seront réellement stockés dans l'installation Cigéo, le code de l'environnement a introduit la notion d'inventaire de réserve. Cet inventaire est constitué des déchets dont l'envoi à Cigéo ne constitue pas l'option de gestion de référence, mais pour lesquels il est nécessaire de s'assurer, au travers d'études d'adaptabilité, que la conception du projet ne retient pas d'élément rédhibitoire à leur stockage.

L'Andra a mené des études d'adaptabilité à chacune des grandes étapes du projet. Ainsi, de premiers résultats ont été présentés dans le dossier 2005. Ces études ont fait l'objet de mises à jour régulières, dont la dernière a été instruite par l'ASN en 2016, dans le cadre de l'examen du dossier d'options de sûreté du projet Cigéo. Ces études se poursuivent et seront intégrées dans le dossier support à la demande d'autorisation de création (DAC) de Cigéo. Elles devront apporter l'assurance que la conception de référence présentée à la DAC ne présente pas d'élément rédhibitoire empêchant des adaptations qui seraient rendues nécessaires par le stockage des déchets de l'inventaire de réserve.

Après le rappel du cadre des études d'adaptabilité au chapitre 2, cette note présente au chapitre 3 les modalités de prise en compte des déchets de l'inventaire de réserve pour les études d'adaptabilité, au chapitre 4 les études de conception, puis aux chapitres 5, 6 et 7 les études de sûreté spécifiques à l'adaptabilité de Cigéo au stockage des déchets de l'inventaire de réserve et enfin au chapitre 8 le déroulement des études.

2. Cadre associé aux études d'adaptabilité

2.1 Les demandes de l'ASN et du PNGMDR

Pour prétendre à une autorisation de création, l'article L542-10-1 du code de l'environnement stipule que le centre de stockage en couche géologique profonde Cigéo doit être « réversible ». La loi n° 2016-1015 du 25 juillet 2016 définit le caractère « réversible » d'un centre de stockage comme suit :

- « *La réversibilité est la capacité, pour les générations successives, soit de poursuivre la construction puis l'exploitation des tranches successives d'un stockage, soit de réévaluer les choix définis antérieurement et de faire évoluer les solutions de gestion.* »
- « *La réversibilité est mise en œuvre par la progressivité de la construction, l'adaptabilité de la conception et la flexibilité d'exploitation d'un stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs permettant d'intégrer le progrès technologique et de s'adapter aux évolutions possibles de l'inventaire des déchets consécutives notamment à une évolution de la politique énergétique. [...]* »

Par conséquent, dans le cadre de la demande d'autorisation de création (DAC) de Cigéo, à la demande de l'ASN (cf. demande n° 2016-D-005 de la lettre de l'ASN CODEP-DRC-2016-005220 reprise, à la suite de l'instruction des options de sûreté de Cigéo, dans la lettre CODEP-DRC-2018-001635 du 12 janvier 2018), l'Andra mène des études permettant de démontrer que le centre de stockage est adaptable à la « *prise en compte d'éventuels changements dans le scénario d'exploitation tel qu'envisagé du fait d'évolutions en termes de politique énergétique ou de choix industriels (conduisant par exemple au stockage direct de combustibles usés ou de déchets de faible activité à vie longue qui ne pourraient être stockés à faible profondeur)* ».

Par ailleurs, les articles 14 et 15 de l'arrêté du 23 février 2017 établissant les prescriptions du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs disposent que :

- « *Au titre des études conservatoires à réaliser sur la faisabilité du stockage des substances de l'inventaire de réserve de CIGEO, l'ANDRA remet au ministre chargé de l'énergie avant le 30 juin 2018 une étude sur la faisabilité du stockage direct des combustibles usés issus des réacteurs expérimentaux et des combustibles usés métalliques de la propulsion nucléaire navale, sur la base d'un inventaire radiologique et chimique de ces substances transmis par leurs propriétaires avant le 30 juin 2017. Les données relatives aux combustibles usés de la propulsion navale sont traitées dans le respect des dispositions des articles R. 2311-1 et suivants du code de la défense* »
- « *L'ANDRA remet avant le 30 juin 2018 au ministre chargé de l'énergie une évaluation du coût afférant au stockage direct des combustibles usés issus de l'exploitation des réacteurs électronucléaires, des réacteurs expérimentaux et des combustibles usés métalliques de la propulsion nucléaire navale* ».

Le présent document décrit le contenu des études menées actuellement par l'Andra pour répondre à l'ensemble des demandes précitées. Les résultats de ces études seront intégrés dans le dossier support à la demande d'autorisation de création.

2.2 L'inventaire de réserve

Le décret n°2017-231 du 23 février 2017 pris pour application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs (PNGMDR) dispose à l'article D. 542-90 que : « *l'inventaire à retenir par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs pour les études et recherches conduites en vue de concevoir le centre de stockage prévu à l'article L. 542-10-1 comprend un inventaire de référence et un inventaire de réserve.* » et que « *l'inventaire de réserve prend en compte les incertitudes liées notamment à la mise en place de nouvelles filières de gestion de déchets ou à des évolutions de politique énergétique* ».

A l'article D. 542-91 du décret précité, il est précisé que : « *s'ils ne figurent pas dans l'inventaire de référence, les combustibles usés issus de l'exploitation des réacteurs électronucléaires, des réacteurs expérimentaux et de la propulsion nucléaire navale sont intégrés dans l'inventaire de réserve.* »

L'article. 40 de l'arrêté du 23 février 2017 pris en application du décret ci-avant, ajoute que seront intégrés « *à titre conservatoire certains déchets FA-VL dans [...] les réserves (les déchets de graphite [chemises], les déchets d'enrobés bitumineux FA-VL [non traités] et les déchets UNGG de la Hague) de l'inventaire de CIGEO.* »

Dans l'avis n° 2018-AV-0300 du 11 janvier 2018 portant sur le Dossier d'Options de Sûreté (DOS) du projet Cigéo, l'ASN précise le contenu de l'inventaire de réserve de la manière suivante : « *[...] cet inventaire devrait prendre en compte l'ensemble des stratégies industrielles aujourd'hui envisagées par les producteurs, en particulier pour ce qui concerne la durée de fonctionnement des réacteurs et leur puissance ainsi que la gestion des combustibles usés du CEA en intégrant les déchets résultant du traitement de ces combustibles et, s'il y a lieu, les combustibles qui ne seraient pas retraités.* »

En réponse à l'article 56 de l'arrêté du 23 février 2017 prescrivant que « *l'Andra remet au ministre chargé de l'énergie avant le 31 mars 2017 une proposition de types et de quantités de déchets à inclure dans l'inventaire de réserve de Cigéo* », l'Andra a transmis par lettre DG/17-0128 du 21 juin 2017 une première proposition en précisant qu'une mise à jour pourrait être envisagée après analyse des déclarations des producteurs en vue de l'édition 2018 de l'inventaire national. Cette mise à jour est transmise en parallèle de cette note.

2.3 Les objectifs des études d'adaptabilité

Dans l'avis n° 2018-AV-0300 du 11 janvier 2018, l'ASN présente les objectifs des études à mener pour la prise en charge de l'inventaire de réserve qualifiées d'« études d'adaptabilité » de la manière suivante : « *Au stade de la demande d'autorisation de création de l'installation, l'Andra doit présenter l'inventaire de réserve retenu, conformément à l'avis de l'ASN du 31 mai 2016 susvisé, et justifier qu'il n'y a pas d'élément réducteur au stockage des déchets de cet inventaire de réserve.* »

A cela s'ajoute l'annexe C à la lettre CODEP-DRC-2018-001635 dans laquelle l'ASN « *demande, conformément au PNGMDR 2016-2018, que des études sur l'inventaire de réserve soient jointes au dossier de demande d'autorisation de création et qu'elles intègrent :*

- *une esquisse des concepts retenus pour l'éventuel stockage des déchets de cet inventaire ;*
- *la démonstration que la conception retenue pour l'installation de stockage dont la création est prévue préserve la possibilité technique de l'accueil des déchets de cet inventaire ;*
- *des éléments présentant les modifications éventuelles à apporter aux installations « support » (descenderies, galeries d'accès, installations de surface, ventilation, ...) et de leur impact potentiel sur la démonstration de sûreté de l'installation ;*
- *les jalons d'un programme R&D qui permettrait de disposer, en temps voulu, de la démonstration complète de la sûreté de leur stockage.*

Ces études devraient permettre d'avoir la raisonnable assurance que la démonstration de sûreté pourra, le cas échéant, être confirmée pour les déchets de l'inventaire de réserve. Les éléments pertinents sont à verser à la version préliminaire du rapport de sûreté, conformément à la demande [2018-Avis-D-1]. »

En cohérence avec les cadrages précités de l'ASN, les études d'adaptabilité ont pour objectifs de démontrer :

- d'une part, par des études de conception au niveau esquisse (cf. chapitre 4), la faisabilité technique de la prise en charge de cet inventaire de réserve au sein de Cigéo moyennant certaines adaptations de l'installation à identifier. Cette faisabilité technique comprend l'identification des évolutions éventuelles de l'installation par rapport à la conception de référence ainsi que les dispositions conservatoires à mettre en place pour rendre ces évolutions possibles le moment venu.
- d'autre part, par des études de sûreté (cf. chapitres 5, 6 et 7), que ces évolutions dans la conception ainsi que les travaux prévus pour les mettre en œuvre en temps voulu, ne remettent pas en cause la sûreté de Cigéo.

3. Données d'entrée des études d'adaptabilité

Ce chapitre présente la démarche retenue pour établir les quantités de déchets de l'inventaire de réserve à prendre en compte dans les études d'adaptabilité.

Pour ce qui concerne les combustibles usés, leur requalification en déchets résulterait d'évolutions de la politique énergétique qui ont été étudiées via les quatre scénarios de l'édition 2018 de l'inventaire national de l'Andra. Par conséquent, la démarche retenue prend en compte ces scénarios, qui correspondent aux situations suivantes :

- o situation de renouvellement du parc électronucléaire français selon trois jeux d'hypothèses :
 - durée de fonctionnement des réacteurs du parc actuel comprise entre 50 et 60 ans puis renouvellement progressif des réacteurs du parc actuel par des réacteurs EPR puis des réacteurs RNR (scénario SR1 de l'inventaire national) ;
 - durée de fonctionnement des réacteurs du parc actuel uniforme de 50 ans puis renouvellement progressif des réacteurs du parc actuel par des réacteurs EPR puis des réacteurs RNR (scénario SR2 de l'inventaire national) ;

- durée de fonctionnement des réacteurs du parc actuel comprise entre 50 et 60 ans puis renouvellement progressif des réacteurs du parc actuel par des réacteurs EPR (scénario SR3 de l'inventaire national) ;
- situation de non-renouvellement du parc électronucléaire à l'issue de l'exploitation du parc actuel pendant 40 ans pour chacun des 58 réacteurs et 60 ans pour l'EPR de Flamanville (scénario SNR de l'inventaire national).

Ces scénarios ont un impact sur les quantités de déchets produits mais également sur les combustibles usés qui seront retraités ou requalifiés en déchets. Les caractéristiques des scénarios sont récapitulées dans le tableau suivant :

	SR1	SR2	SR3	SNR
Poursuite ou arrêt de la production électronucléaire	Poursuite	Poursuite	Poursuite	Arrêt
Durée de fonctionnement des réacteurs du parc actuel	Comprise entre 50 et 60 ans	50 ans	Comprise entre 50 et 60 ans	40 ans
Types de réacteurs déployés dans le futur parc	EPR puis RNR	EPR puis RNR	EPR seuls	/
Retraitement des combustibles usés	UNE, URE, MOX et RNR	UNE, URE, MOX et RNR	UNE seuls	Arrêt anticipé du retraitement des UNE
Requalification des matières en déchets	Aucune	Aucune	URE, MOX, RNR et tout ou partie de l'uranium appauvri	Tous combustibles usés, tout ou partie URT uranium appauvri

L'inventaire de référence retenu pour la DAC, en particulier pour la démonstration de sûreté qui figurera dans le rapport préliminaire de sûreté, correspond au scénario « SR2 » de l'édition 2018 de l'inventaire national.

Dans le scénario SR1 qui considère le fonctionnement des réacteurs actuels pendant environ 10 ans de plus que le scénario SR2, le retraitement est poursuivi jusqu'à l'arrêt des réacteurs moxés du palier 900 MW. Via ce scénario, le stockage des déchets supplémentaires (CSD-V et CSD-C principalement) induits par une durée de retraitement plus longue est étudié. Ce cas d'étude est dénommé « adaptabilité extension du parc » dans la suite de ce document.

Le scénario SNR de l'édition 2018 qui considère le non-renouvellement du parc électronucléaire à l'issue de l'exploitation du parc actuel conduit au stockage de l'ensemble des combustibles usés MOX et URE qui ne seront pas retraités en raison du non-déploiement des RNR et d'une partie de combustibles usés UNE qui ne seront pas retraités en raison de l'arrêt progressif des REP 900 MW moxés et du non-déploiement des EPR. Afin d'étudier l'adaptabilité du stockage Cigéo à un nombre jugé prudent de combustibles usés qui seraient à stocker, les études d'adaptabilité retiennent un scénario SNR « enveloppe » fondé sur une durée de fonctionnement des réacteurs du parc actuel comprise entre 50 et 60 ans (et non 40 ans comme dans le SNR de l'édition 2018). Ce cas d'étude est dénommé « adaptabilité avec CU » dans la suite du document.

Le scénario « SR3 » de l'édition 2018 de l'inventaire national est couvert par le cas d'étude « adaptabilité extension du parc » pour ce qui concerne les déchets issus du retraitement et par le cas d'étude « adaptabilité avec CU » pour ce qui concerne les combustibles usés.

L'inventaire des combustibles usés du CEA qui seraient stockés dans Cigéo dépend de la stratégie de gestion qui sera retenue par le CEA. A ce jour, selon les données transmises par le CEA à l'Andra, l'ensemble des combustibles des réacteurs expérimentaux et de la propulsion nucléaire du CEA dont le retraitement n'a pas débuté sont pris en compte dans le cadre de l'adaptabilité de Cigéo au sein du cas d'étude « adaptabilité avec CU », l'inventaire en combustibles usés du CEA étant ajouté à l'inventaire en combustibles usés des réacteurs électronucléaires.

Le stockage des déchets FA-VL dans Cigéo dépend des incertitudes liées à la mise en place de nouvelles filières de gestion de déchets. Aussi, leur inventaire est indépendant des scénarios de l'inventaire national. Les déchets FA-VL sont étudiés au sein des cas d'étude définis précédemment et dénommés « adaptabilité extension du parc + FA-VL » et « adaptabilité avec CU + FA-VL ».

Les cas d'étude d'adaptabilité et les hypothèses associées sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Cas d'étude	Référence	Adaptabilité extension du parc + FA-VL	Adaptabilité avec CU + FA-VL
<i>Scénario de l'IN 2018 décliné et complété</i>	<i>SR2</i>	<i>SR1</i>	<i>SNR « enveloppe »</i>
<i>Poursuite ou arrêt de la production électronucléaire</i>	<i>Poursuite (durée de fonctionnement de 50 ans en moyenne)</i>	<i>Poursuite (durée de fonctionnement entre 50 et 60 ans en moyenne)</i>	<i>Arrêt (durée de fonctionnement entre 50 et 60 ans)</i>
<i>Retraitement des combustibles usés</i>	<i>Tous : UNE, URE, MOx et RNR</i>	<i>Tous : UNE, URE, MOx et RNR</i>	<i>Arrêt anticipé du retraitement des UNE</i>
Objectif visé	/	Maximiser le nombre de déchets HA et MA-VL	Maximiser le nombre de CU non retraités
HA	Déchets vitrifiés correspondant au retraitement de tous les CU (UNE, URE, MOx, EL4, RNR et métalliques)	Déchets vitrifiés correspondant au retraitement de tous les CU (UNE, URE, MOx, EL4, RNR et métalliques)	Déchets vitrifiés correspondant au retraitement d'une partie des CU UNE
	/	/	CU à base d'oxyde d'uranium des réacteurs électronucléaires EDF (UNE et URE) et EL4
	/	/	CU à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium des réacteurs électronucléaires EDF (MOx et RNR)
	/	/	CU à base d'oxyde d'uranium, d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium ou combustibles usés métalliques, provenant des réacteurs expérimentaux et de la PN du CEA (UOx, MOx, RNR et métalliques)
MA-VL		inventaire réévalué pour prendre en compte l'allongement de la durée de vie du parc (augmentation du nombre de colis de déchets de structure par rapport à l'inventaire de référence)	inventaire réévalué pour prendre en compte le retraitement d'une partie des CU UNE uniquement (diminution du nombre de colis de déchets de structure par rapport à l'inventaire de référence)
FA-VL	/	UNGG de La Hague	UNGG de La Hague
	/	Colis de boues bitumées	Colis de boues bitumées
	/	Graphites	Graphites

4. Etudes d'adaptabilité de la conception de l'installation de Cigéo

Les études d'adaptabilité de la conception visent à démontrer que la conception retenue pour le centre de stockage Cigéo préserve la possibilité technique de l'accueil des déchets de l'inventaire de réserve.

Les esquisses des concepts développés pour Cigéo dans l'objectif de stocker les déchets de l'inventaire de réserve reposent sur des fonctions de sûreté et exigences de haut niveau communes à l'inventaire de référence (cas des fonctions de sûreté, des exigences sur le callovo-oxfordien ou de la gestion de la coactivité par exemple).

Ces études considèrent l'ensemble de la chaîne cinématique du processus de stockage géologique des colis de déchets, et en particulier pour le cas des combustibles usés, leur cheminement depuis la réception en surface jusqu'à leur mise en alvéole de stockage dans l'installation souterraine.

Les modifications éventuelles de la conception du centre de stockage induites par la prise en compte de l'adaptabilité de Cigéo au stockage des déchets de l'inventaire de réserve seront identifiées et présentées dans le dossier de la demande d'autorisation de création (DAC). Il sera notamment précisé si ces modifications devront être mises en œuvre dès la construction initiale afin de préserver la capacité ultérieure d'accueillir de tels déchets si la décision venait à être prise (dispositions conservatoires), ou si ces modifications pourront intervenir lors de prise de décision du stockage de tout ou partie des déchets de l'inventaire de réserve.

Pour assurer la cohérence avec la configuration de référence « à date » du projet et avec les demandes et les engagements de l'Andra sur Cigéo, les études d'adaptabilité sont réalisées selon les mêmes principes de conception et de dimensionnement que la référence,

Des dispositions organisationnelles sont prises pour assurer cette cohérence. Ainsi, au sein du département de pilotage technique de la direction du projet Cigéo, ces études sont suivies par la cellule intégration et les responsables d'ingénierie système Cigéo, sur la base des exigences projet adaptées au périmètre adaptabilité.

La coordination d'ensemble est réalisée par un chargé d'affaires dédié au périmètre adaptabilité, qui assure le suivi technique de l'ensemble des métiers conception, sûreté et R&D.

4.1 Conteneurs de stockage

A ce stade des études, des hypothèses de conditionnement en conteneur de stockage sont faites qui ne préjugent pas des conditionnements qui seraient effectivement retenus si les déchets de l'inventaire de réserve étaient stockés à Cigéo.

Pour les déchets HA et MA-VL de l'inventaire de réserve, les mêmes types de conteneurs de stockage que pour l'inventaire de référence sont considérés.

Pour les déchets FA-VL, il est envisagé, soit un conditionnement en conteneur de stockage conçu actuellement pour les déchets MA-VL de l'inventaire de référence (cas des bitumes par exemple), soit un conditionnement nouveau respectant les limites de gabarit, de masse ainsi que les critères de qualification à l'incendie définis pour l'inventaire de référence.

Les conteneurs de stockage des combustibles usés sont semblables, en termes de conception, aux conteneurs de stockage des déchets HA, en particulier en ce qui concerne la nature du matériau du conteneur de stockage et son épaisseur. Les assemblages combustibles sont considérés comme préalablement insérés par le producteur dans un étui métallique. Cet ensemble (assemblage combustible dans un étui) constitue un colis primaire. Le nombre de colis primaires dans un conteneur de stockage varie de 1 (cas majoritaire des CU en provenance des réacteurs EDF) à 7, selon le type de combustible et de ses caractéristiques dimensionnelles et thermiques.

Par ailleurs, le retour d'expérience et les pratiques des homologues à l'international sur les options de conception des conteneurs de stockage des combustibles usés consistent à optimiser significativement le

stockage (conteneur multi-assemblages) ou à retenir des concepts de colis très différents (enveloppe cuivre) ont été considérés par l'Andra mais n'ont pas été retenus dans le cadre des études d'adaptabilité de Cigéo, car il ne s'agit pas d'envisager une conception différente du centre de stockage Cigéo mais d'adapter celle existante. En effet, l'objectif de ces études est d'assurer le caractère non rédhitoire de la conception actuelle. Il ne s'agit pas d'optimiser le concept selon la spécificité de ces déchets, ce qui ne pourrait être engagé que si la décision de les stocker était effectivement prise.

4.2 Installations de surface

Pour les déchets de l'inventaire de réserve autres que les combustibles usés (déchets HA, MA-VL et FA-VL), de par leur similitude avec les déchets de l'inventaire de référence en termes de géométrie notamment, aucune modification majeure n'est envisagée dans les installations de surface étant donné que tout ce qui a été conçu pour l'inventaire de référence sera également opérationnel pour ces déchets. Les éventuelles conséquences de leur stockage dans Cigéo sur les flux et les chroniques de livraison relèveront des modalités futures d'exploitation. Seuls les éventuels risques spécifiques et générés par les colis de déchets de nature différente de ceux de l'inventaire de référence qui pourraient avoir une incidence sur la conception conduiront à des exigences complémentaires sur les dispositions de sûreté à mettre en œuvre. Ceci est étudié dans le cadre des études de sûreté d'exploitation (cf. chapitre 6).

En revanche, la prise en compte du stockage des combustibles usés dans Cigéo a un impact important sur les installations de surface. Les études d'adaptabilité associées portent sur la mutualisation de ces installations pour des colis primaires des déchets de l'inventaire de référence et des colis primaires des combustibles usés. Par ailleurs, la construction de ces installations étant prévue pour une exploitation à l'horizon 2080, ces études se focalisent sur les grands volets suivants :

- la conception et de dimensionnement au stade d'esquisse du bâtiment intégrant les moyens et les procédés associés permettant d'accueillir en zone descendrière les colis primaires de déchets HA1/2 et de combustibles usés afin d'assurer :
 - la réception des convois d'emballages de transport et leur déchargement ;
 - les contrôles au déchargement des emballages de transport et des colis primaires ;
 - le conditionnement en conteneur de stockage des colis primaires de combustibles usés ;
 - la mise en hotte de transfert pour l'acheminement vers l'installation souterraine par la descendrière ;
- les hottes de transfert pour la prise en charge de ces nouveaux colis ;
- les infrastructures annexes permettant l'acheminement des convois jusqu'à la zone de déchargement (terminal ferroviaire, cheminement sur site...) ;
- les dispositions de sûreté d'exploitation ;
- les dispositions spécifiques de gestion des matières et, en particulier, les modifications des mesures de protection physique que cela peut engendrer.

4.3 Installation souterraine

L'architecture d'ensemble en souterrain concerne les liaisons surface-fond, les ouvrages souterrains que sont les quartiers de stockage HA0, HA1/2 et MA-VL et les accès aux quartiers de stockage. Le premier objectif est de vérifier que cette architecture et les choix structurants en matière de conception ne sont pas remis en cause par la prise en compte du stockage des déchets de l'inventaire de réserve. Le second objectif est de préciser les modifications à apporter le cas échéant à cette architecture pour assurer cette adaptabilité dans des conditions de sûreté satisfaisantes.

La compatibilité de Cigéo est notamment vérifiée en termes de process nucléaire et de génie civil souterrain : capacité à acheminer les colis par les ouvrages existants de Cigéo (descendrières, ouvrages souterrains, etc.) et à déployer des ouvrages pour les quartiers de stockage dédiés aux déchets de l'inventaire de réserve.

Si un risque d'incompatibilité est identifié, des études de travaux ultérieurs de modification, des mesures conservatoires ou des modifications à apporter aux études menées pour l'inventaire de référence (génie civil, processus de stockage, sûreté...) sont définies et planifiées en tenant compte de la progressivité du déploiement de Cigéo.

En ce sens, pour garantir l'adaptabilité de Cigéo au stockage des déchets de l'inventaire de réserve, les compartiments techniques suivants sont évalués en termes de vérification de compatibilité ou d'identification de modifications pour la prise en charge de ces déchets :

- la descenderie et l'architecture souterraine définies pour l'inventaire de référence auxquelles s'ajoute l'évaluation de l'emprise du stockage de ces déchets au sein de la formation géologique, et notamment le cas échéant vis-à-vis des aspects thermiques-hydrauliques et mécaniques ou vis-à-vis des possibilités de co-stockabilité ;
- la compatibilité d'ensemble entre les nouveaux moyens définis (hottes de transfert en particulier) et l'ensemble des composants de l'installation souterraine adaptée au stockage des déchets de l'inventaire de réserve cités ci-après :
 - les composants de l'architecture existante reconduits ;
 - les composants existants mais adaptés ;
 - Les nouveaux composants avec, en particulier, les alvéoles et quartiers de stockage des déchets de l'inventaire de réserve.
- les moyens de mise en alvéole de stockage des colis ;
- les dispositions de sûreté d'exploitation et à long terme ainsi que la non remise en cause de la sûreté par les évolutions de conception.

S'agissant de la récupérabilité, celle-ci est traitée pour l'inventaire de référence et il n'a pas été identifié de besoin spécifique supplémentaire lié aux combustibles usés, du point de vue de la conception. En particulier, les mesures conservatoires prévues pour les alvéoles HA de référence permettent de garantir les conditions de la récupérabilité des combustibles usés (à titre d'exemple, on peut citer l'utilisation identique, pour les alvéoles HA et les alvéoles CU, d'un chemisage ayant pour fonction de faciliter le retrait des colis et dont l'épaisseur est, en conséquence, dimensionnée pour résister aux sollicitations mécaniques et physico-chimiques pendant la durée centenaire de la phase de réversibilité).

4.4 Evaluation du coût afférent au stockage de l'inventaire de réserve

En réponse à l'article 15 du PNGMDR, le coût est évalué pour chacun des deux cas considérés pour les études d'adaptabilité. Ce coût est décomposé afin d'identifier les composantes imputables aux combustibles usés d'une part, aux déchets FA-VL d'autre part.

Ce coût est estimé sur la base des résultats des études de conception décrites aux § 4.1 à 4.3 et des éléments financiers constitutifs du dossier de chiffrage de la configuration de référence, ajustés compte tenu des modifications de conception associées aux études d'adaptabilité. De ce fait, en terme temporel, ce coût sera communiqué une fois le dossier de chiffrage de la configuration de référence établi et les études d'adaptabilité finalisées en lien avec le dossier de demande d'autorisation de création.

5. Objectifs des études de sûreté d'adaptabilité

Le présent chapitre vise à préciser les objectifs des études de sûreté d'adaptabilité en lien avec le niveau esquisse de la conception, en particulier en termes de complétudes et de niveaux de détails comparativement à ce qui est envisagé pour les études de sûreté traitant de l'inventaire de référence.

Comme pour toute installation de stockage, et conformément à la démarche retenue par l'Andra [cf. dossier des options de sûreté de Cigéo de 2016], les études de sûreté se décomposent selon deux phases : la phase d'exploitation et la phase à long terme.

L'Andra a décliné la demande 2018-D-6 de l'annexe C à la lettre CODEP-DRC-2018-001635 (cf §2.3) en quatre objectifs :

1. Démontrer que la prise en charge des déchets de l'inventaire de réserve n'engendre pas un risque rédhibitoire à leur stockage dans Cigéo ;
2. Justifier que les évolutions de conception par rapport à la situation de référence de la DAC ne remettent pas en cause la faisabilité de la démonstration de sûreté ;
3. Faire une première évaluation des conséquences des scénarios de sûreté vis-à-vis de la protection des intérêts cités à l'article L593-1 du code de l'environnement d'un centre de stockage incluant l'inventaire de réserve ;
4. Identifier les sujets qui nécessiteront des travaux ultérieurs (études de sûreté, actions de R&D...) en précisant leur incidence sur la démonstration de sûreté.

5.1 Objectif n° 1 – Prouver l'absence d'élément rédhibitoire au stockage de l'inventaire de réserve

L'objectif n°1 vise à démontrer que le stockage des déchets de l'inventaire de réserve à Cigéo ne présente pas de point rédhibitoire vis-à-vis de la sûreté eu égard aux caractéristiques techniques de ces déchets qui pourraient potentiellement aggraver les risques identifiés lors des études associées aux déchets de l'inventaire de référence ou éventuellement, engendrer des risques nouveaux.

Les risques spécifiques induits par les combustibles usés (dissémination d'émetteurs alpha, puissance thermique, criticité...) font l'objet d'une attention particulière.

5.2 Objectif n° 2 – Justifier que les évolutions de conception résultant de l'adaptabilité ne remettent pas en cause la faisabilité d'apporter ultérieurement une démonstration de sûreté complète

L'objectif n°2 a pour but de justifier que le moment venu, une mise à jour appropriée de la démonstration de sûreté pourra être associée aux évolutions de conception induits par la prise en charge des déchets de l'inventaire de réserve. Il s'agit, en l'occurrence, d'avoir la raisonnable assurance que cette démonstration pourra être menée de manière complète dans le futur.

Par ailleurs, les incertitudes relatives aux inventaires radiologiques et au nombre de colis de déchets de l'inventaire de réserve sont prises en compte. Des études de sensibilité sont effectuées afin d'apprécier l'incidence de la variation de ces données sur les paramètres et composants ayant le plus de poids sur la sûreté.

5.3 Objectif n° 3 – Évaluer l'impact du stockage de l'inventaire de réserve sur la protection des intérêts cités à l'article L593-1 du code de l'environnement

En lien avec l'obligation de protection des intérêts cités à l'article L593-1 du code de l'environnement, l'objectif n°3 consiste à présenter une première évaluation d'impact visant à justifier aujourd'hui que les intérêts relevant de la sûreté pourront être satisfaits à terme dans leur intégralité pour le stockage dans Cigéo des colis de déchets relevant de l'inventaire de réserve.

A ce stade, il s'agit d'évaluations exploratoires qui ont pour cible uniquement l'Homme et considèrent seulement l'impact radiologique dans les cas de calcul.

Néanmoins, dans le but de vérifier le caractère mineur du risque, l'éventuelle incidence des toxiques chimiques apportée par les déchets de l'inventaire de réserve pour la sûreté à long terme est regardé par comparaison et par analogie avec l'inventaire en toxiques chimiques de l'inventaire de référence. En donnée d'entrée spécifique sur ce sujet, l'inventaire des toxiques chimiques associés à l'inventaire de réserve et, en particulier aux combustibles usés, sera établi à échéance de la DAC. En effet, l'évaluation de cet inventaire a fait l'objet de la demande n°2018-D-5 de l'ASN, au sein de la lettre CODEP-DRC-2018-001635 du 12 Janvier 2018 faisant suite à l'instruction des options de sûreté.

5.4 Objectif n° 4 – Identification des études à mener ultérieurement pour l'élaboration de la démonstration de sûreté complète

L'objectif n°4 a pour finalité l'identification des sujets qui nécessiteront des travaux ultérieurs (études de sûreté, études scientifiques, développement technologiques...) pour consolider en temps voulu les éléments de démonstration et de justification précédents. Le niveau de criticité de ces travaux ultérieurs (faisabilité de les mener à bien, incidence sur la démonstration de sûreté...) sera précisé à la DAC.

6. Description des études de sûreté d'exploitation associées aux études d'adaptabilité

Pour les colis de déchets de l'inventaire de référence, les études de sûreté en phase exploitation conduisent à la définition et au dimensionnement de dispositions techniques et organisationnelles permettant de s'assurer du respect des objectifs que l'Andra s'est fixé en matière de protection du public et de l'environnement conformément à l'objectif de justifier la protection des intérêts cités à l'article L593-1 du code de l'environnement.

Ces études ont été effectuées, au stade du dossier d'options de sûreté et pour l'inventaire de référence, sur la base de grandeurs caractéristiques des colis associées aux fonctions de sûreté applicables à Cigéo. Les grands principes d'élaboration de ces grandeurs caractéristiques sont rappelés en annexe.

Vis-à-vis de la sûreté d'exploitation, la démarche en matière d'études de sûreté d'adaptabilité consiste, à s'assurer que les dispositions retenues vis-à-vis de l'inventaire de référence restent valables. Dans le cas contraire, la définition et la faisabilité de mise en place de dispositions complémentaires ou un redimensionnement des dispositions existantes sont analysés.

A ce titre, les colis de déchets dont les caractéristiques sont couvertes par les grandeurs caractéristiques utilisées en support au dimensionnement de l'installation pour l'inventaire de référence ne font pas l'objet d'études de sûreté dédiées. Les éléments de démonstration apportés pour le stockage de l'inventaire de référence sont suffisants. Ceci peut concerner les déchets HA et MA-VL supplémentaires induits par l'allongement de la durée de vie du parc et une partie des déchets FA-VL.

Pour les autres colis de déchets envisagés de l'inventaire de réserve, les caractéristiques actuellement disponibles de ces colis sont analysées afin de déterminer si ces derniers conduisent à un niveau de risque supérieur ou à de nouveaux risques par rapport aux niveaux de risques induits par les déchets de l'inventaire de référence. Le cas échéant, une analyse de risque dédiée est menée.

6.1 Analyse des caractéristiques des colis de déchets

Pour les déchets de l'inventaire de réserve autres que les combustibles usés, une comparaison entre les caractéristiques de ces déchets et ceux de l'inventaire de référence est effectuée. Cette comparaison est possible pour ce type de déchets dans la mesure où leur conditionnement (matrice, type de colis primaire et de conteneur de stockage) est proche ou similaire à celui des colis de l'inventaire de référence. Il est vérifié que les déchets FA-VL ne présentent pas un risque particulier.

Pour les combustibles usés, un exercice dédié d'analyse de leurs caractéristiques particulières (puissance thermique, taux de combustion par exemple, utilisé notamment dans les études de criticité) est réalisé.

6.2 Analyse des risques

Une analyse préliminaire des risques est effectuée pour les déchets de l'inventaire de réserve qui présentent des risques spécifiques (criticité, thermicité,...), sur la base de la conception adaptée au stockage des colis de l'inventaire de réserve (organisation des colis dans les alvéoles, manutention dans l'installation de surface, identification de nouvelles hottes...). Pour chaque risque principal, les zones à

enjeu de l'installation (c'est-à-dire où le risque est potentiellement plus élevé que dans l'étude de référence) sont ciblées.

Ceci permet d'identifier des dispositions complémentaires ou des nouvelles exigences de dimensionnement à intégrer dans la conception et d'apporter les arguments pour justifier la faisabilité de mise en œuvre. Il est en particulier vérifié que les éventuelles adaptations de la conception de Cigéo au stockage de l'inventaire de réserve ne remettent pas en cause les exigences de sûreté associées au dimensionnement de référence.

Les risques d'agressions internes ou externes qui ne dépendent pas de l'inventaire des colis à stocker ne font pas l'objet d'une analyse dédiée. Un argumentaire permettant de justifier l'absence de ce besoin d'étude à ce stade sera apporté.

Dans le cadre de cette analyse préliminaire au stade d'esquisse, les principales situations accidentelles sont identifiées. Une évaluation des conséquences en termes d'impact radiologique est effectuée.

6.3 Evaluation de l'impact radiologique

Pour le fonctionnement normal, les colis de l'inventaire de réserve présentant un dégazage potentiel de gaz radioactifs sont identifiés. Le terme source prend en compte l'état de connaissances à ce stade (données de dégazage sur les colis disponibles) et le cas échéant résulte d'analogie avec les colis de l'inventaire de référence. Une estimation de l'impact en termes de rejets atmosphériques en fonctionnement normal des colis de l'inventaire de réserve est réalisée. Cet impact est comparé à celui de la configuration de référence.

Pour les situations accidentelles résultant de l'analyse préliminaire des risques, une comparaison aux situations accidentelles de la conception de référence de Cigéo est présentée en cohérence avec le niveau « esquisse » ciblé en termes de conception.

7. Description des études de sûreté à long terme associées aux études d'adaptabilité

Vis-à-vis de la sûreté à long terme, la démarche consiste, comme pour l'exploitation, à préciser les éventuels risques induits par les déchets de l'inventaire de réserve. À ce titre, il s'agit d'évaluer l'impact de la prise en compte des déchets de l'inventaire de réserve sur les études menées pour l'inventaire de référence. Le cas échéant, sont identifiées les dispositions de conception qui ont un lien avec la démonstration de sûreté à long terme.

L'impact sur la définition des scénarios de sûreté est également étudié et certaines évaluations sont menées selon l'intérêt qu'elles présentent en cohérence avec l'objectif des études d'adaptabilité à un niveau esquisse. Ceci est développé par la suite.

7.1 Analyse des risques et incertitudes

De manière analogue à la phase d'exploitation, il s'agit à cette étape d'identifier les nouveaux risques et incertitudes induits par les déchets de l'inventaire de réserve comparativement à ceux définis lors des études relatives aux déchets de l'inventaire de référence.

Les spécificités de certains combustibles (nature de la matrice combustible, géométrie, thermicité,..) font l'objet d'une attention particulière. Le référentiel de connaissances dédié aux combustibles usés, déjà mis à jour pour le DOS, est actualisé pour la DAC : il intègre un état des connaissances relatives au comportement à long terme des différents types de matrices combustibles ((U+Pu)O₂, U_{métal}, et ZrU). En outre, l'analyse spécifique des caractéristiques des combustibles de type UO₂ initiée avec les producteurs en 2008-2009 est poursuivie, afin d'évaluer dans quelle mesure les données acquises sur les combustibles

du parc électronucléaire d'EDF, et notamment les modèles de relâchement des radionucléides, sont transposables aux combustibles expérimentaux de type oxyde.

7.2 Choix des scénarios et évaluations d'impact

L'objectif est de quantifier l'impact sur la sûreté à long terme (cadre de la maîtrise de la protection des intérêts) de la majoration de l'inventaire de référence par les déchets de l'inventaire de réserve. A la suite du travail préalable d'analyse de risques et incertitudes complémentaires induit par l'inventaire de réserve, celui-ci passe par la définition de scénarios de sûreté à long terme (Scénario d'Evolution Normale, Scénarios d'Evolution Altérée...) pour l'adaptabilité. Ces scénarios sont identifiés avec en point de départ ceux définis pour l'inventaire de référence.

Dans le cadre des études d'adaptabilité, il est retenu pour le SEN, d'évaluer l'impact uniquement de la situation enveloppe (i.e. la situation qui correspond à la limite du SEN au-delà de laquelle la performance d'un composant est dégradé de manière significative, et entraîne une perte partielle ou complète d'une fonction de sûreté). Ceci se justifie par l'objectif de démontrer la faisabilité d'une démonstration de sûreté à long terme en considérant le stockage des déchets de l'inventaire de réserve à un niveau esquisse.

Ainsi, cette situation enveloppe du SEN pour les études liées à l'inventaire de réserve, et en particulier les hypothèses et données retenues, sont définies sur la base de la situation retenue pour l'inventaire de référence et appliquée aux deux cas d'étude. Outre la différence d'architecture, les hypothèses diffèrent de la situation enveloppe du SEN associé à l'inventaire de référence par :

- l'inventaire radiologique pris en données d'entrée ;
- la représentation géométrique de l'architecture « fond » ;
- l'adaptation, le cas échéant, aux caractéristiques des colis stockés, en particulier les combustibles usés, aux évolutions potentielles des composants ouvragés associés et aux incertitudes spécifiques apportées par les déchets de l'inventaire de réserve.

Pour les deux cas d'étude, le travail est complété par l'étude quantitative des Scénarios d'Evolution Altérés « SEA » et What-if qui le nécessitent. Il s'agit de retenir ici les scénarios qui, d'une part, pourraient être potentiellement impactés par la majoration de l'inventaire de référence par les déchets de l'inventaire réserve et, d'autre part, ceux qui seraient à évaluer compte tenu des risques spécifiques de défaillance d'une ou plusieurs fonctions de sûreté induits par les déchets de l'inventaire de réserve, et notamment par les combustibles usés. Le travail spécifique d'analyse des risques et des incertitudes réalisé pour les études de sûreté d'adaptabilité a par ailleurs pour objectif de justifier les raisons pour lesquelles les scénarios évalués pour l'inventaire de référence ne sont pas forcément tous repris pour évaluer l'impact de l'inventaire de réserve au stade d'esquisse.

7.3 Objectif de protection et indicateurs

L'objectif de protection et les indicateurs intermédiaires (type débit molaire, comparaison des voies de transfert Cox/ouvrages souterrains...) retenus pour justifier de l'adaptabilité de Cigéo au stockage des déchets de l'inventaire de réserve, au regard de la sûreté à long terme, sont les mêmes que ceux définis pour l'inventaire de référence. Cet objectif et ces indicateurs ont déjà été utilisés dans le cadre du dossier d'options de sûreté de Cigéo.

Pour les scénarios étudiés, l'impact radiologique est évalué par comparaison à l'évaluation d'impact du stockage des colis de l'inventaire de référence. Les études de sensibilité se focalisent sur des indicateurs intermédiaires autres que la dose, plus adaptés pour juger des impacts sur la performance des différents composants du système de stockage comme cela est fait pour l'inventaire de référence.

8. Déroulement des études

Tel que précisé dans l'avis 2018-AV-0300 repris dans la chapitre 2.3, « *au stade de la demande d'autorisation de création de l'installation, l'Andra doit présenter l'inventaire de réserve retenu, conformément à l'avis de l'ASN du 31 mai 2016 susvisé, et justifier qu'il n'y a pas d'élément rédhibitoire au stockage des déchets de cet inventaire de réserve.* »

L'objectif de l'Andra étant donc de présenter tous les éléments de justification concernant l'adaptabilité en même temps que le dépôt de la DAC, les principales phases d'études ainsi que les jalons associés ont été identifiés et formalisés en cohérence avec le planning de la DAC. Ce planning est basé sur la logique de déroulement suivante :

- définition des colis et des grandeurs caractéristiques ;
- définition de l'architecture souterraine ;
- conception et dimensionnement avec identification des mesures conservatoires pour les installations de surface et l'installation souterraine ;
- études de sûreté en exploitation et à long terme ;
- consolidation des éléments de justification ;
- évaluation des coûts afférents aux scénarios d'adaptabilité étudiés en lien avec les jalons de chiffrage de la configuration de référence Cigéo.

9. Annexe

MODALITES DE DEFINITION DES GRANDEURS CARACTERISTIQUES DE L'INVENTAIRE DE REFERENCE

1. La connaissance des colis

Le conditionnement des déchets radioactifs est réalisé par le producteur. Le produit fini constitue le colis primaire. Les connaissances sur les colis primaires, fournies par les producteurs constituent une donnée d'entrée essentielle des études de dimensionnement et de sûreté du projet Cigéo.

L'Andra, à partir de l'ensemble de connaissances dont elle dispose, établit un socle de connaissances dont l'utilisation est fonction de la finalité : études de conception (dimensionnement structures/composants/équipements), évaluation de performances ou évaluation de sûreté en exploitation ou à long terme.

Pour la conception de Cigéo et pour la démonstration de sûreté, les données d'entrée sur les connaissances des colis primaires utilisées sont extraites du socle de connaissances :

- en prenant les données « brutes » ;
- en sélectionnant en tant que de besoin des grandeurs caractéristiques (vis-à-vis des risques).

2. Les grandeurs caractéristiques

a. La démarche

Compte tenu du nombre et de la variété des familles de colis primaires, il a été jugé utile d'établir des grandeurs caractéristiques représentatives, supports au dimensionnement des structures/composants et équipements des installations de Cigéo (surface, liaisons surface/fond et souterraine).

Pour chacune des cinq fonctions de sûreté, un paramètre a été retenu afin de sélectionner les familles les plus pénalisantes à l'égard des différents risques. Cette sélection permet de limiter le nombre d'études associées à la conception. Il est ainsi nécessaire uniquement de vérifier que le dimensionnement de l'installation permet de respecter les objectifs de protection que l'Andra s'est fixé lors de la réception et la mise en stockage des colis de déchets les plus pénalisants. A titre d'exemple, les études de dimensionnement des protections radiologiques sont effectuées sur la base des colis les plus dosants, la ventilation est dimensionnée sur la base des colis conduisant au plus fort potentiel de contamination atmosphérique en fonctionnements normal ou accidentel...

Pour chacune des cinq fonctions de sûreté, ces paramètres, qui représentent donc les grandeurs caractéristiques, sont les suivants :

- confiner les substances radioactives, de manière à se prémunir contre le risque de dispersion de ces substances : *potentiel de contamination dans l'air dans différentes situations de fonctionnement (normale, chute, incendie)* ;
- protéger les personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants : *inventaire radiologique par colis primaire* ;
- maîtriser la sûreté vis-à-vis du risque de criticité : *masse de matière fissile par colis* ;
- évacuer la puissance thermique des déchets : *puissance thermique par colis* ;
- évacuer les gaz formés par radiolyse afin de gérer les risques d'explosion : *débit de production d'H₂ par colis*.

Ces grandeurs ont été établies au regard du mode de stockage envisagé, des hypothèses de conditionnement retenues ou envisagées par le producteur ainsi que des hypothèses retenues pour la mise en conteneur de stockage des colis primaires.

- b. Confiner les substances radioactives de manière à se prémunir contre le risque de dispersion de ces substances :

L'identification des classes de ventilation (des locaux des installations de surface, des galeries et alvéoles de l'installation souterraine) et la performance de confinement attribuée à la hotte MA-VL sont réalisées en considérant le potentiel de contamination dans l'air dans différentes situations de fonctionnement (normale, chute, incendie).

La sélection de familles de colis vis-à-vis du risque de dispersion de substances radioactives est réalisée :

- en fonctionnement normal, sur la base de la remise en suspension de la contamination surfacique potentiellement présente sur les colis de déchets ;
- en fonctionnement accidentel de chute, de collision ou d'incendie entraînant la remise en suspension d'une partie du contenu interne radiologique d'un colis primaire ou colis de stockage.

c. Protéger les personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants

Le dimensionnement des protections radiologiques concerne notamment les épaisseurs des murs, des portes et des hublots des installations de surface, des façades d'accostage et des portes de radioprotection de l'installation souterraine et des hottes de transfert des colis.

Les grandeurs caractéristiques vis-à-vis du risque d'exposition externe reposent sur la sélection d'un inventaire radiologique. A partir de l'inventaire radiologique de l'ensemble des familles, pour chaque type de conditionnement, l'inventaire radiologique de la famille la plus pénalisante a été sélectionné sur la base de l'analyse des radionucléides les plus contributeurs à l'exposition externe du colis.

d. Maîtriser la sûreté vis-à-vis du risque de criticité

L'utilisation des grandeurs caractéristiques identifiées vis-à-vis de la sûreté-criticité a pour principal objectif de vérifier le dimensionnement des structures/équipements/systèmes et le cas échéant, de proposer des dispositions spécifiques à la maîtrise de ce risque.

Pour chaque type de conditionnement, la grandeur caractéristique correspond à la masse fissile maximale mesurée ou estimée toutes incertitudes comprises du colis primaire le plus pénalisant.

e. Évacuer la puissance thermique des déchets

Les puissances thermiques constituent une donnée d'entrée importante pour vérifier le respect des critères de températures maximales spécifiés et, le cas échéant, dimensionner certains équipements et composants de Cigéo (comme par exemple la ventilation et le génie civil).

Les grandeurs caractéristiques vis-à-vis du risque lié à l'évacuation de la puissance thermique des colis primaires sont déterminées en retenant, pour chaque type de conditionnement, la valeur la plus pénalisante parmi les valeurs de puissance thermique moyenne évaluées pour chacune des familles de colis qui lui sont associées.

f. Évacuer les gaz formés par radiolyse afin de gérer les risques d'explosion

La production de gaz de radiolyse et de corrosion par les colis de déchets peut impacter le dimensionnement de la ventilation des locaux/alvéole, les délais maximaux admissibles pour rétablir la ventilation ou intervenir sur les moyens de transfert des colis en leur présence en cas de blocage, afin d'éviter la formation d'atmosphère explosive. En effet, la ventilation permet l'évacuation des gaz de radiolyse en provenance des colis primaires. L'évaluation du risque en cas de perte nécessite d'identifier les familles de colis qui présentent le plus fort dégagement de gaz de radiolyse ou corrosion.

Le critère de choix retenu pour sélectionner les grandeurs caractéristiques vis-à-vis du risque d'explosion est le débit d'hydrogène par colis primaire. Cela concerne les familles de déchets MA-VL, les familles de colis de déchets HA n'étant pas concernées.

Diffusion

Société/ Organisme/Unité	Nom/Prénom	Société/ Organisme/Unité	Nom/Prénom
DISEF/DIR	THABET Soraya	DRD/DIR	PLAS Frédéric
DISEF/DIR	VOINIS Sylvie	DRD/DIR	SCHUMACHER Stephan
DISEF/DIR	MANGION Matthieu	DRD/DIR	CALSYN Laurent
DISEF/DIR	ELLUARD Marie-Paule	DRD/EAP	PEPIN Guillaume
DISEF/SEE	RABARDY Myriam	DDI/DIR	LEGUIL Marc
DISEF/SEE	LAPLANCHE Mathieu	DDI/DIR	BOSGIRAUD Jean Michel
DISEF/SEE	LOPEZ Clément	DDI/DIR	FICHEUX Philippe
DISEF/SC	ROUX NEDELEC Pascale	DDI/ICS	ALAVOINE Olivier
DISEF/SAF	SOULET Stéphane	DDI/EPM	HERVE Jean François
DISEF/SAF	RALLIER DU BATY Mathilde		
DISEF/CCI	LIEBARD Florence		
DISEF/SFF	WASSELIN Virginie		
DISEF/QC	CAIRON Philippe		
DISEF/SMI	PEREIRA Nelson		
DPC/DIR	LAUNEAU Frédéric		
DPC/DIR	LEVERD Pascal		
DPC/DIR	BAUER Corinne		
DPC/MP	DOUHARD Severine		
DPC/PT	BONNEVILLE Alain		
DPC/PT	LASSABATERE Thierry		
DPC/PT	STANCU Délia		



AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION
DES DÉCHETS RADIOACTIFS

1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex
www.andra.fr