

Les déchets pris en compte dans les études de conception de Cigéo

Juillet 2013

SOMMAIRE



Avant-propos	4
1. Contexte de la gestion des déchets radioactifs en France	5
2. Installations nucléaires considérées pour la conception de Cigéo	8
2.1 Les réacteurs nucléaires de production d'électricité	8
2.2 Les usines du cycle du combustible	8
2.3 Les installations du CEA	8
2.4 Les nouvelles installations	9
2.5 Le scénario d'exploitation des installations nucléaires	9
3. Inventaire du scénario industriel des producteurs de déchets	10
3.1 Description des colis primaires de déchets	10
3.1.1 <i>Colis de déchets de haute activité</i>	10
3.1.2 <i>Colis de déchets de moyenne activité à vie longue</i>	12
3.2 Données quantitatives par famille en nombre et en volume de colis primaires	21
3.3 Les déchets pris en compte pour la conception de Cigéo	24
4. Hypothèses prises en compte pour les réserves de Cigéo	26
4.1 Programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité 2009	26
4.2 Prise en compte des déchets FA-VL	26
4.2.1 <i>Cas des déchets de graphite</i>	26
4.2.2 <i>Cas des colis d'enrobés bitumineux de type FA-VL</i>	27
4.2.3 <i>Autres déchets de type FA-VL</i>	27
5. Étude spécifique relative au stockage direct de combustibles usés	28
6. Documents de référence	30
Glossaire	31

TABLEAUX

Tableau 3.2.1 Inventaire par famille des déchets de haute activité	22
Tableau 3.2.2 Inventaire par famille des déchets de moyenne activité à vie longue	22
Tableau 3.2.3 Inventaire des déchets des producteurs hors électronucléaires gérés par l'Andra	24
Tableau 3.3.1 Bilan des inventaires de déchets de haute activité	24
Tableau 3.3.2 Bilan des inventaires de déchets de moyenne activité à vie longue	25
Tableau 5.1 Déchets HA produits par le scénario variante du scénario industriel défini par les producteurs	29
Tableau 5.2 Déchets HA produits par le scénario de non-renouvellement de la production électronucléaire	29

AVANT-PROPOS

Le présent document technique vient en appui du dossier rédigé par l'Andra pour le débat public sur le projet Cigéo ^[1] organisé par la Commission nationale du débat public (www.debatpublic-cigeo.org/index.html) et du « rapport préalable au débat public sur le projet de stockage géologique profond de déchets radioactifs Cigéo » ^[2] du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (www.hctisn.fr). Il présente les déchets dont la prise en charge est étudiée pour Cigéo.

1. CONTEXTE DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS EN FRANCE

Avec la loi de 1991, le Parlement a inscrit la politique française dans une perspective de recherche de solutions pérennes et sûres pour les déchets radioactifs, avec l'objectif de ne pas léguer aux générations futures la charge des déchets produits par les activités dont nous bénéficions au quotidien. Ces déchets radioactifs sont produits chaque année sur notre territoire, principalement par la production d'énergie nucléaire mais aussi par la Défense nationale, l'industrie, le secteur médical ou la recherche. La grande majorité d'entre eux bénéficie de solutions déjà opérationnelles : 90 % du volume total des déchets radioactifs produits chaque année en France sont aujourd'hui stockés dans les centres de l'Andra.

Les déchets les plus radioactifs et à vie longue ne peuvent être stockés en surface ou à faible profondeur pour des raisons de sûreté ou de radioprotection. C'est pourquoi le Parlement a retenu en 2006 la mise en œuvre d'un stockage réversible profond, seule solution capable d'assurer la sûreté à long terme de ces déchets radioactifs tout en limitant les charges pesant sur les générations futures.

La loi du 28 juin 2006 charge ainsi l'Andra de concevoir et d'implanter Cigéo, Centre industriel de stockage réversible profond de déchets radioactifs. Si sa création est autorisée, Cigéo sera implanté dans l'est de la France, à la limite de la Meuse et de la Haute-Marne, dans une couche de roche argileuse choisie pour ses propriétés de confinement sur de très longues échelles de temps.

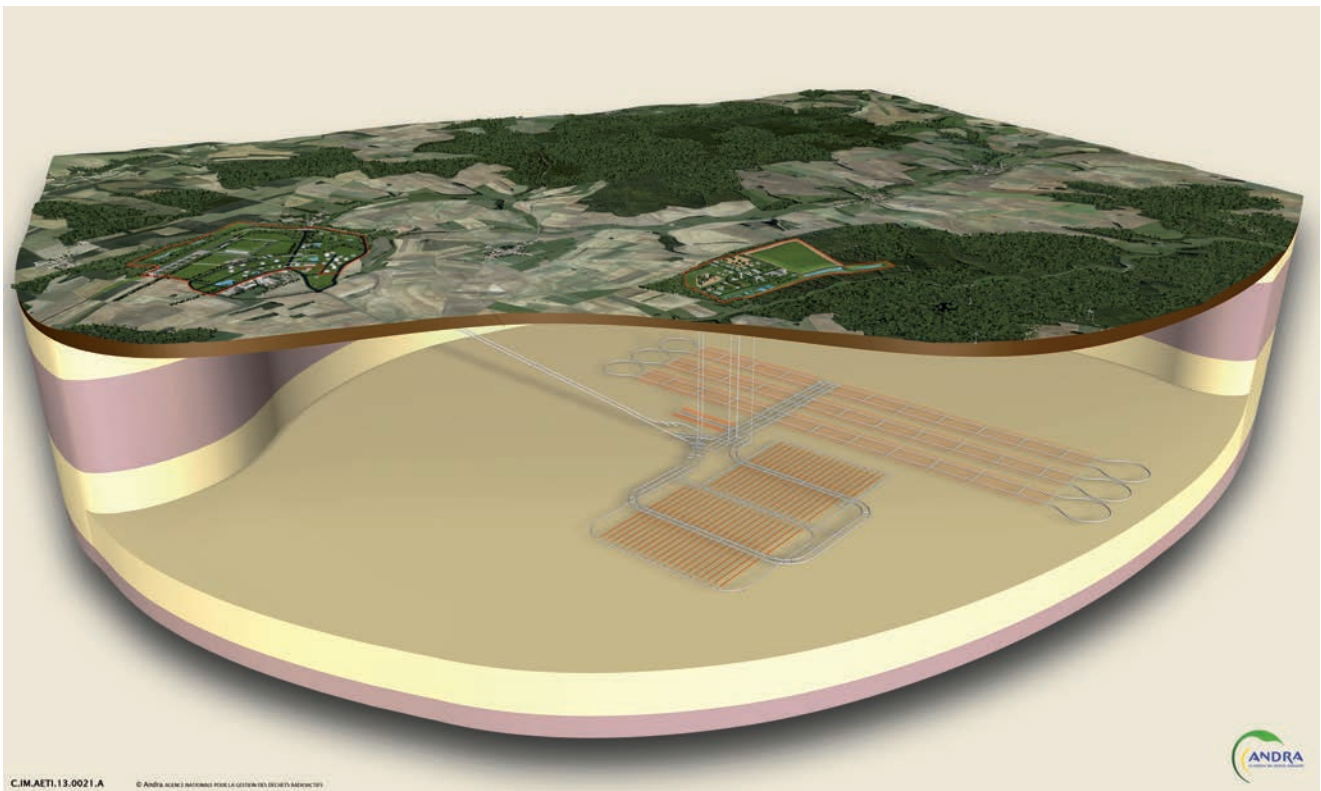


Schéma de principe des installations de Cigéo

POUR QUELS DÉCHETS CIGÉO EST-IL CONÇU ?

Cigéo est conçu pour prendre en charge les déchets de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL) produits par les installations nucléaires existantes. Les déchets qui seront produits par les installations nucléaires en cours de construction sont également pris en compte (EPR de Flamanville, réacteur expérimental Jules Horowitz, installation de recherche Iter). Les déchets produits par un éventuel futur parc de réacteurs ne sont pas pris en compte.

Les déchets HA et MA-VL proviennent principalement du secteur de l'industrie électronucléaire et des activités de recherche associées, ainsi que, dans une moindre part, des activités liées à la Défense nationale.

Une grande partie de ces déchets est déjà existante ou sera inévitablement produite. Par ailleurs, Cigéo est conçu pour être flexible afin de pouvoir s'adapter à d'éventuels changements de la politique énergétique et à leurs conséquences sur la nature et les volumes de déchets qui seraient alors produits. Compte tenu du volume des déchets déjà existants à stocker, l'impact d'un changement de politique énergétique n'aurait de conséquences sur l'exploitation de Cigéo qu'à l'horizon 2070.

L'inventaire autorisé de Cigéo sera fixé par le décret d'autorisation de création du Centre. Toute évolution notable de cet inventaire devra faire l'objet d'un nouveau processus d'autorisation, comprenant notamment une enquête publique et un nouveau décret d'autorisation.

Les déchets déjà produits ou qui seront inévitablement produits

Cigéo devra prendre en charge, les déchets HA et MA-VL déjà produits ainsi que ceux qui seront inévitablement produits quels que soient les choix énergétiques futurs. Ces derniers sont les déchets produits par le démantèlement des installations nucléaires actuelles et les déchets issus de la gestion des combustibles usés déjà produits, dont la loi du 28 juin 2006 prévoit le traitement.

	Déchets déjà produits	Déchets qui seront issus du démantèlement	Déchets issus du traitement des 38 200 assemblages de combustibles usés déjà produits	Total
HA	~ 2 700 m ³	0 m ³	~ 3 000 m ³	~ 5 700 m ³
MA-VL **	~ 43 000 m ³	~ 12 500 m ³	~ 5 000 m ³	~ 60 500 m ³

Dans l'attente de la mise en service de Cigéo, les colis de déchets HA et MA-VL déjà produits sont provisoirement entreposés à sec dans des bâtiments sur leur site de production, principalement à La Hague (Manche), Marcoule (Gard), Cadarache (Bouches-du-Rhône) et, pour un volume limité, à Valduc (Côte-d'Or). Une installation d'entreposage pour certains déchets issus de l'exploitation et du démantèlement des réacteurs est en cours de construction sur le site de Bugey (Ain).

L'impact de la politique énergétique sur l'inventaire de Cigéo

La nature et le volume des déchets qui pourraient être produits dans les années à venir dépendent des choix politiques sur le devenir de l'industrie électronucléaire. Différents scénarios, volontairement contrastés, sont présentés dans l'édition 2012 de l'Inventaire national de l'Andra.

Évolution prévisionnelle des volumes des déchets HA et MA-VL en cas de poursuite de l'industrie électronucléaire

Ce scénario envisage la poursuite de l'industrie électronucléaire et de la stratégie française actuelle de traitement des combustibles nucléaires usés. Il est fondé sur différentes hypothèses dont :

- le traitement de tous les combustibles consommés par le parc de 59 réacteurs (58 REP en fonctionnement et l'EPR de Flamanville) ;
- la disponibilité d'un nouveau parc de réacteurs capable de consommer le plutonium qui ne sera pas recyclé dans le parc actuel.

Le volume des déchets produits par les installations existantes dans le cas de ce scénario dépend de la durée de fonctionnement des réacteurs. Les déchets produits par un éventuel futur parc de réacteurs ne sont pas pris en compte.

	Fin de l'exploitation des installations existantes (en fonction de la durée de fonctionnement des réacteurs)		
	40 ans	50 ans *	60 ans
HA	~ 8 000 m ³	~ 10 000 m ³	~ 12 000 m ³
MA-VL **	~ 71 000 m ³	~ 73 500 m ³	~ 76 000 m ³

* Hypothèse retenue pour le dimensionnement de Cigéo.

** Par rapport au dossier support au débat public, on constate une augmentation de 3500 m³ du volume de déchets MA-VL. Cela est dû à une évolution mi 2013 de la stratégie retenue par le CEA pour la reprise des déchets bitumés de Marcoule, qui conduit désormais à placer la totalité des fûts dans des surfûts et non pas seulement une partie comme retenu précédemment. Cette évolution ne correspond pas à une augmentation de la quantité de déchets radioactifs.

Évolution prévisionnelle de la nature et du volume des déchets HA et MA-VL en cas de non-renouvellement de la production électronucléaire

L'Inventaire national retient comme hypothèses pour ce scénario :

- une durée de fonctionnement de 40 ans pour l'ensemble des réacteurs ;
- un arrêt du traitement des combustibles usés en 2019 afin d'éviter de récupérer le plutonium dont le recyclage ne serait plus possible sous forme de combustible MOX compte tenu de l'arrêt des réacteurs pouvant fonctionner avec ce type de combustible ;
- un stockage direct des combustibles usés qui seraient alors considérés comme des déchets.

HA**	CU UOX*	~ 50 000 assemblages
	CU RNR*	~ 1 000 assemblages
	CU MOX*	~ 6 000 assemblages
	Déchets vitrifiés	~ 3 500 m ³
MA-VL***		~ 62 500 m ³

* Combustibles usés de type UOX (oxyde d'uranium), de type RNR (réacteurs à neutrons rapides) et de type MOX (mélange d'oxyde d'uranium et d'oxyde de plutonium).

** Une fois conditionnés, les 57 000 assemblages de combustibles usés représenteraient un volume d'environ 90 000 m³.

*** Par rapport au dossier support au débat public, on constate une augmentation de 3500 m³ du volume de déchets MA-VL. Cela est dû à une évolution mi 2013 de la stratégie retenue par le CEA pour la reprise des déchets bitumés de Marcoule, qui conduit désormais à placer la totalité des fûts dans des surfûts et non pas seulement une partie comme retenu précédemment. Cette évolution ne correspond pas à une augmentation de la quantité de déchets radioactifs.

La suite du document présente en détail les déchets radioactifs retenus pour les études de conception du projet Cigéo :

- installations nucléaires considérées, ainsi que les hypothèses retenues concernant leur durée d'exploitation (cf. chapitre 2) ;
- nature des déchets produits et à produire par ces installations, conditionnements existants ainsi que ceux envisagés par les producteurs, quantités de déchets déjà produites et prévisionnelles (cf. chapitre 3). Il faut noter que cette présentation ne préjuge ni de l'autorisation de mise en stockage des colis ni du processus d'acceptation de ces colis par l'Andra ;
- réserves prises en compte pour couvrir des incertitudes sur les stratégies industrielles ou sur la mise en place de nouvelles filières de gestion pour les déchets de type FA-VL (cf. chapitre 4) ;
- hypothèses retenues pour les études spécifiques relatives au stockage direct éventuel de combustibles usés (cf. chapitre 5).

2. INSTALLATIONS NUCLÉAIRES CONSIDÉRÉES POUR LA CONCEPTION DE CIGÉO

Ce chapitre identifie les principales sources de production de déchets radioactifs. Il explicite les hypothèses retenues par les producteurs pour l'exploitation de leurs installations.

2.1 LES RÉACTEURS NUCLÉAIRES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

Plusieurs générations successives de réacteurs nucléaires ont été développées en France :

- la première génération correspond à des réacteurs de la filière Uranium Naturel-Graphite-Gaz (UNGG). Cette filière comprend neuf réacteurs construits durant les années 1950-1960, sur le site du CEA de Marcoule (réacteurs G1, G2 et G3) et sur les sites EDF de Chinon (réacteurs Chinon A1, A2 et A3), Bugey (réacteur Bugey 1) et Saint-Laurent (réacteurs Saint-Laurent A1 et A2). Ces neuf réacteurs sont aujourd'hui arrêtés ;
- la deuxième génération correspond à la filière des réacteurs à eau pressurisée (REP) actuellement en cours d'exploitation. Elle est constituée de 58 réacteurs répartis sur 19 sites, comportant 34 tranches de 900 MWe, 20 tranches de 1 300 MWe et 4 tranches de 1 450 MWe, mises en service entre 1977 et 1999. La puissance installée totale s'élève à 63,1 GWe ;
- la troisième génération correspond à des réacteurs EPR (*European Pressurized water Reactor*) appartenant également à la filière des réacteurs à eau pressurisée : un premier réacteur d'une puissance de 1 650 MWe est en cours de construction sur le site de Flamanville, sa mise en service devrait intervenir en 2016.

Il convient également de mentionner : (i) la filière des réacteurs à eau lourde dont un prototype industriel (réacteur EL4 de Brennilis) a été exploité entre 1966 et 1985 (cette filière n'a pas eu de déploiement industriel) et est aujourd'hui en phase de démantèlement ; (ii) le réacteur Chooz A, arrêté au début des années 1990 et aujourd'hui en cours de démantèlement, qui représente le premier prototype en France de la filière REP ; (iii) la filière des réacteurs à neutrons rapides (RNR) comprenant le réacteur « Phénix », implanté sur le site de Marcoule, arrêté en 2009 et le réacteur « Superphénix », implanté sur le site de Creys-Malville, arrêté en 1997, tous deux en cours de démantèlement.

2.2 LES USINES DU CYCLE DU COMBUSTIBLE

L'enrichissement de l'uranium, la fabrication du combustible nucléaire, ainsi que le traitement de celui-ci à l'issue de son utilisation dans les réacteurs, s'effectuent dans différentes installations exploitées par le groupe Areva.

Le traitement industriel des combustibles usés a été mis en œuvre à partir de 1958 dans l'usine UP1 de Marcoule, puis à partir de 1966 dans l'usine UP2-400 de La Hague ; ces deux usines ont aujourd'hui cessé leur activité de traitement. Actuellement, ce traitement est réalisé dans les usines UP2-800 et UP3 de La Hague.

Le traitement consiste à séparer les matières valorisables, uranium et plutonium, des déchets, composés d'une part des produits de fission et des actinides mineurs (américium, curium, neptunium) contenus dans les pastilles de combustible et d'autre part des éléments de structure constituant l'ossature métallique des assemblages combustibles.

Le plutonium issu du traitement est utilisé pour fabriquer, dans l'usine MELOX de Marcoule, du combustible MOX. Une part¹ de l'uranium de recyclage issu du traitement des combustibles usés (URT) entre dans la fabrication de combustibles neufs, dits combustibles URE (uranium de recyclage enrichi).

2.3 LES INSTALLATIONS DU CEA

Pour conduire les recherches qu'il mène notamment en soutien au programme électronucléaire français, sur la conception de systèmes nucléaires de nouvelle génération ou encore sur la gestion des déchets radioactifs, le CEA s'appuie sur de nombreuses installations (réacteurs expérimentaux tels que le prototype de réacteur à neutrons rapides Rapsodie ou les réacteurs Orphée et Osiris, laboratoires d'études sur les combustibles ou l'aval du cycle, notamment l'installation Atalante...) situées principalement sur les sites de Cadarache, Saclay et Marcoule. Ces sites disposent aussi d'installations support (entrepôts de déchets, installations de traitement de déchets et d'effluents). Certaines de ces installations sont aujourd'hui arrêtées et en cours d'assainissement-démantèlement.

Le CEA dispose également d'installations menant des activités liées à la force de dissuasion, parmi lesquelles on peut citer les réacteurs CELESTIN sur le site de Marcoule qui étaient destinés à la fabrication de composants des têtes nucléaires et qui ont été arrêtés en 2009.

¹ L'URT non recyclé est entreposé notamment sur les sites de Tricastin, de La Hague et de Romans.

2.4 LES NOUVELLES INSTALLATIONS

En plus de l'EPR de Flamanville, d'autres installations nouvelles sont en cours de construction. Les installations retenues dans l'inventaire sont celles qui ont obtenu leur décret d'autorisation de création.

La création, sur le site CEA de Cadarache, du réacteur expérimental Jules Horowitz (RJH), a été autorisée en octobre 2009. Sa mise en service est prévue pour fin 2016. Il permettra de réaliser les programmes de recherche nécessaires à la sûreté, à l'optimisation et aux innovations pour les réacteurs nucléaires industriels actuels et futurs, ainsi que la production de radio-isotopes à usage médical.

L'installation RES (Réacteur d'Essais), en cours de construction à Cadarache, s'inscrit dans la lignée des réacteurs prototypes à terre ayant permis de qualifier les concepts et technologies des filières de réacteurs embarqués sur les bâtiments à propulsion nucléaire de la Marine nationale.

L'installation Iter à Cadarache, dont la construction a été autorisée en novembre 2012, est également prise en compte. Il s'agit d'une installation expérimentale qui vise à montrer la faisabilité de la maîtrise de l'énergie de fusion nucléaire par confinement magnétique. Les données quantitatives relatives aux déchets produits par l'installation Iter sont extraites des informations communiquées par Iter organisation et ont été transmises à l'Andra par le CEA.

2.5 LE SCÉNARIO D'EXPLOITATION DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

Pour établir un inventaire qualitatif et quantitatif de leurs déchets (cf. chapitre 3), Areva, le CEA et EDF ont défini un scénario industriel d'exploitation des installations nucléaires récapitulé ci-après.

En ce qui concerne le parc électronucléaire, ce scénario suppose la poursuite de la production électronucléaire avec traitement de tous les combustibles usés des REP et RNR électrogènes (Phénix, Superphénix). La durée d'exploitation prise conventionnellement en référence pour tous les réacteurs, y compris le réacteur EPR de Flamanville, est de 50 ans. Cette durée de 50 ans est à voir comme une moyenne indicative, une durée de fonctionnement moindre de certains réacteurs pouvant en effet compenser, du point de vue des déchets produits, une durée de fonctionnement supérieure pour d'autres. Pour mémoire, en 2013, l'âge moyen du parc électronucléaire REP, défini à partir des dates de première divergence des réacteurs, est d'environ 28 ans et 24 réacteurs ont atteint ou dépassé une durée de fonctionnement de 30 ans.

Ce scénario ne préjuge pas des résultats du réexamen décennal de sûreté des réacteurs REP, ni des modalités liées, le cas échéant, à l'allongement de la durée d'exploitation de ces réacteurs au-delà des 50 ans d'exploitation pris en référence et/ou au renouvellement éventuel du parc par un déploiement de réacteurs de troisième génération (EPR) et/ou par des réacteurs de quatrième génération. Il considère que les matières (uranium et plutonium) non valorisées dans les 58 réacteurs REP actuels et l'EPR de Flamanville pourront l'être dans des installations futures. Les déchets produits par un éventuel futur parc de réacteurs ne sont pas pris en compte.

Le cumul prévisionnel de production du parc REP (EPR de Flamanville inclus, hors contribution antérieure des réacteurs UNGG et RNR) est d'environ 20 000 TWh à terminaison (à la date d'arrêt de l'EPR de Flamanville).

La totalité des combustibles usés est supposée traitée, y compris les combustibles non complètement épuisés en fin de vie des réacteurs (derniers cœurs et réserves de gestion²). Le traitement des combustibles URE et MOX utilisés dans les REP est envisagé à l'horizon 2030.

Le scénario retenu par les producteurs se base sur un nombre de 4 réacteurs 900 MWe chargés en combustible URE et un nombre de 22 réacteurs 900 MWe chargés en combustible MOX, les tonnages annuels correspondants s'établissant respectivement à 74 tML/an pour l'URE et 120 tML/an pour le MOX.

La détermination du tonnage de métal lourd déchargé en fin d'exploitation du parc REP s'appuie sur la répartition du stock d'assemblages déchargés à fin 2010, complété, à compter de 2011, par la simulation effectuée par EDF des déchargements à venir, compte tenu des hypothèses d'exploitation envisagées. Le tonnage cumulé à terminaison (à la date d'arrêt de l'EPR de Flamanville) du parc REP s'élève ainsi à 64 150 tML comprenant 58 000 tML d'UOX, 2 150 tML d'URE et 4 000 tML de MOX. Il inclut la totalité des combustibles UOX déchargés du réacteur EPR. À ce tonnage REP s'ajoutent environ 230 tML de combustibles RNR comprenant 180 tML de combustibles Superphénix et 50 tML de combustibles Phénix.

En ce qui concerne les installations nucléaires liées aux activités de traitement du combustible (usines Areva), le scénario retenu considère que, par convention, elles adaptent leur durée de fonctionnement à celle du parc électronucléaire. Pour les installations de recherche (réacteurs et laboratoires CEA), actuellement en exploitation, leur durée de fonctionnement est supposée être de 50 ans. Ceci se traduit par l'arrêt à l'horizon 2030 d'une grande partie de ces installations et donc par une production de déchets en provenance des installations de recherche réduite après 2030. La durée de fonctionnement du réacteur Jules Horowitz est supposée être de 50 ans, celle de l'installation Iter de 20 ans.

² Les réserves de gestion correspondent à des assemblages combustibles présentant encore un potentiel énergétique résiduel significatif. Ces combustibles sont conservés afin d'être éventuellement réintroduits en cœur, en remplacement d'assemblages ayant subi une avarie de manutention par exemple.

3. INVENTAIRE DU SCÉNARIO INDUSTRIEL DES PRODUCTEURS DE DÉCHETS

Cet inventaire a été retenu pour dimensionner Cigéo en phase d'avant-projet, sans préjudice des études complémentaires pour vérifier la compatibilité du stockage avec la prise en charge éventuelle de réserves (cf. chapitre 4) ou de combustibles usés (cf. chapitre 5).

Ce chapitre décrit les différentes familles de colis de déchets (section 3.1) et fournit pour chaque famille les données quantitatives retenues en nombre et en volume de colis primaires (section 3.2). Pour certains déchets non encore conditionnés ou non encore produits (certains déchets issus d'opérations futures de démantèlement par exemple), des hypothèses de conditionnement ont été formulées.

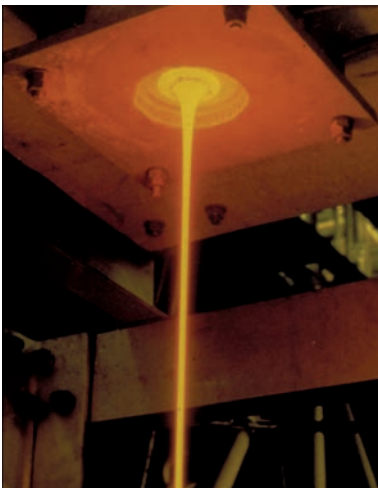
La structuration en familles ci-après reprend celle de l'Inventaire national (www.andra.fr/inventaire 2012)^[3].

3.1 DESCRIPTION DES COLIS PRIMAIRES DE DÉCHETS

Les déchets radioactifs à prendre en compte dans Cigéo résultent des activités industrielles menées dans les installations nucléaires décrites au chapitre 2, auxquels s'ajoutent les déchets liés à l'usage et à la maintenance de ces installations et les déchets générés par leur démantèlement.

Des objets radioactifs actuellement sans usage, auparavant utilisés dans diverses activités médicales et industrielles hors électronucléaire, sont également comptabilisés dans l'inventaire de Cigéo. Ils représentent néanmoins un volume très limité.

3.1.1 Colis de déchets de haute activité



Coulée de verre

Les colis de déchets de haute activité correspondent essentiellement aux déchets vitrifiés issus du traitement des combustibles usés. Il s'agit de produits de fission et d'actinides mineurs formés par réaction nucléaire au sein du combustible lors de son utilisation en réacteur. Ils ont été séparés de l'uranium et du plutonium, matières radioactives valorisables, lors du traitement. Ils sont calcinés et incorporés dans une matrice de verre. Le verre ainsi élaboré est coulé en température dans un conteneur en acier inoxydable.

Les combustibles usés du réacteur à eau lourde de Brennilis (27 m³), qui représentent un potentiel de valorisation insuffisant et dont EDF ne prévoit pas le traitement, sont rattachés à cette catégorie.

Enfin, d'autres colis de déchets, en quantité très limitée, sont considérés comme des colis de haute activité. Il s'agit notamment de colis de déchets technologiques produits lors du fonctionnement des ateliers de vitrification de La Hague ou de certaines sources scellées usagées du CEA.

3.1.1.1 Déchets vitrifiés

La vitrification a été développée dans plusieurs installations pilotes exploitées par le CEA, dont l'installation pilote PIVER aujourd'hui arrêtée, puis mise en œuvre industriellement dans les trois ateliers suivants : atelier de vitrification de Marcoule (AVM), démarré en 1978, ateliers de vitrification R7 et T7 de La Hague, démarrés respectivement en 1989 et 1992. Dans l'Inventaire national, les déchets vitrifiés sont regroupés en familles en fonction de leur lieu de production et de la nature des solutions vitrifiées.

Colis de déchets vitrifiés CSD-V d'Areva/La Hague (famille F1-3-01 de l'Inventaire national)



Conteneur standard de déchets vitrifiés - CSD-V

Cette famille de l'Inventaire national concerne les conteneurs standard de déchets vitrifiés en acier inoxydable (CSD-V) dans lesquels sont conditionnées les solutions de produits de fission et d'actinides mineurs, calcinés et incorporés dans une matrice de verre, dans les ateliers de vitrification R7 et T7 de La Hague.

Areva a reçu en 2007 l'autorisation de l'Autorité de sûreté nucléaire de vitrifier des solutions de produits de fission issus de combustibles à taux de combustion plus élevés conduisant à des déchets vitrifiés à teneur augmentée en actinides.

Les colis de déchets vitrifiés provenant du traitement des combustibles usés du CEA font aussi partie de cette famille.

Dans le scénario proposé par EDF et retenu pour établir l'inventaire de Cigéo, le traitement des combustibles usés MOX est supposé débuter vers 2030, en mélange avec des combustibles usés UOX et URE. De la même façon, les combustibles usés des réacteurs à neutrons rapides Phénix et Superphénix seront traités en mélange avec des combustibles UOX. L'ensemble des colis ainsi produits est rattaché à cette famille.

La famille F1-3-01 de l'Inventaire national comporte également des colis de déchets vitrifiés produits lors de la vidange du four de vitrification et à partir de calcinats issus des campagnes de nettoyage du calcinateur.



Cuve en acier inoxydable contenant les solutions molybdiques de produits de fission

Colis de solutions molybdiques de produits de fission vitrifiées d'Areva/La Hague (famille F1-3-02 de l'Inventaire national)

La famille F1-3-02 regroupe les colis de déchets qui résultent de la vitrification des solutions molybdiques de produits de fission, entreposées sur le site de La Hague.

Ces solutions sont issues du traitement des combustibles usés dits « UMo » (constitués d'alliage d'uranium et de molybdène) utilisés dans les réacteurs Uranium Naturel-Graphite-Gaz (UNGG), maintenant arrêtés. Ces solutions sont vitrifiées selon un procédé analogue à celui utilisé aujourd'hui pour la production des colis de déchets vitrifiés décrit dans la famille F1-3-01, mais utilisant une technologie dite du « creuset froid », associée à une nouvelle formulation de verre. La production de ces colis a commencé en 2013 et devrait se terminer en 2017.

La puissance thermique de la majorité de ces colis est modérée. Leur stockage peut ainsi être envisagé à partir de 2025.

Le conteneur utilisé pour ces colis est le conteneur standard de déchets vitrifiés en acier inoxydable, identique à celui utilisé pour la famille F1-3-01.

Colis de déchets vitrifiés AVM du CEA/Marcoule (famille F1-4-01 de l'Inventaire national)



Cette famille de colis de déchets regroupe les colis résultant de la vitrification des produits de fission et des actinides mineurs issus notamment du traitement des combustibles usés de la filière UNGG, qui ont été produits dans l'atelier de vitrification de Marcoule (AVM) entre 1978 et 2008. Elle se subdivise en deux familles élémentaires :

- des colis produits sous spécification d'assurance qualité depuis mars 1995 ;
- des colis produits avant mars 1995.

Le conteneur utilisé pour cette famille est un conteneur en acier inoxydable, de hauteur inférieure et de diamètre supérieur aux hauteur et diamètre du conteneur utilisé à La Hague mais de volume équivalent.

Conteneur AVM de déchets vitrifiés

Colis de déchets vitrifiés PIVER du CEA/Marcoule (famille F1-5-01 de l'Inventaire national)

Le développement et la mise au point du procédé de vitrification des déchets ont été réalisés par le CEA dans plusieurs installations de l'atelier pilote de Marcoule (APM), dès le début des années 1960. Ces études ont débouché sur la construction d'un premier pilote industriel de vitrification de solutions de dissolution de combustibles usés (PIVER).

Les solutions de produits de fission vitrifiées dans cette installation provenaient, d'une part, du traitement de combustibles usés de type Sicral (Si Cr Al : alliage uranium, silicium, chrome, aluminium), utilisés dans les réacteurs de la filière UNGG (Uranium Naturel-Graphite-Gaz) et, d'autre part, du traitement de combustibles à base d'oxyde d'uranium irradiés dans le réacteur à neutrons rapides Phénix.

Ces colis ont été produits entre 1969 et 1973 pour les colis de déchets vitrifiés Sicral (94 % du total) et entre 1979 et 1980 pour les colis de déchets vitrifiés Phénix. Parallèlement, les études ont donné lieu à la fabrication d'échantillons de déchets vitrifiés, conditionnés dans des conteneurs en acier inoxydable de différentes géométries, qui sont aujourd'hui entreposés dans le bâtiment 213 de l'APM.



Conteneur PIVER de déchets vitrifiés

Colis de déchets vitrifiés d'Atalante du CEA/Marcoule

La production de ces colis devrait commencer à l'horizon 2030. De ce fait, ils ne font pas l'objet d'une famille du catalogue des familles de l'Inventaire national.

Les recherches menées dans Atalante sur des combustibles UOX et MOX génèrent des effluents radioactifs, qui doivent être vitrifiés dans une chaîne blindée d'Atalante. Le procédé de conditionnement envisagé par le CEA comprend la vitrification des déchets dans des pots métalliques, le regroupement et le blocage des pots à l'intérieur d'un panier avec de la fritte de verre, puis une mise en conteneur en acier inoxydable de type AVM.

3.1.1.2 Colis de combustibles usés non traités du réacteur EL4 de Brennilis (famille F1-5-02 de l'Inventaire national)

Ces combustibles proviennent du réacteur EL4, situé à Brennilis, qui a été exploité conjointement par le CEA et EDF de 1966 à 1985. Ce réacteur, d'une puissance de 70 MWe, utilisait l'eau lourde comme modérateur de neutrons et le gaz carbonique comme fluide de refroidissement.

Les combustibles usés du réacteur EL4 se présentent sous forme d'éléments appelés « grappes ». Après leur déchargement du réacteur, ils ont été placés pour décroissance radioactive dans la piscine *ad hoc* de l'installation, puis conditionnés dans des conteneurs métalliques cylindriques en acier inoxydable à raison de 2 éléments (grappes) par conteneur pour la majeure partie d'entre eux.

3.1.1.3 Autres déchets HA (sources scellées usagées, déchets technologiques...)

Colis de déchets technologiques issus des ateliers de vitrification d'Areva/La Hague (famille F1-3-03 de l'Inventaire national)

Dans les premières années d'exploitation de l'atelier de vitrification R7 de La Hague, des déchets technologiques d'exploitation de cet atelier ont été conditionnés dans des conteneurs standard en acier inoxydable de géométrie extérieure identique à celle des colis de déchets vitrifiés de La Hague. Ce même conditionnement est envisagé pour des paniers contenant des déchets technologiques tels que des morceaux de verre et des découpes d'équipements des ateliers R7 et T7.

Colis de capsules de titanate de strontium d'Areva/La Hague (famille F1-3-04 de l'Inventaire national)

L'atelier Elan IIB, situé à La Hague, était un pilote pour la fabrication de sources scellées de césium 137 et de strontium 90. Le strontium arrivait conditionné dans l'atelier Elan IIB dans des étuis métalliques (capsules) et subissait des opérations de fractionnement, compactage et conditionnement sous une double enveloppe métallique. Cet atelier, dont l'exploitant nucléaire était le CEA, a été mis en service en 1970. La production a été arrêtée à partir de 1973. Quinze capsules de titanate de strontium sont actuellement entreposées à La Hague.

Le procédé actuellement envisagé pour le conditionnement de ces capsules consiste à les bloquer dans un conteneur standard en acier inoxydable. Le choix de la matrice de blocage est à l'étude.

Déchets issus des colonnes d'élution d'ELAN IIB conditionnés en conteneurs standard d'Areva/La Hague (famille F1-3-05 de l'Inventaire national)

L'atelier Elan IIB, situé à La Hague, était un pilote pour la fabrication de sources scellées de césium 137 et de strontium 90. Le césium était transporté depuis le CEA/Marcoule dans des colonnes d'élution sur un échangeur minéral puis élué, concentré et calciné. La poudre d'oxyde de césium était ensuite frittée et conditionnée sous une double enveloppe métallique. Quatre colonnes d'élution sont actuellement entreposées à La Hague.

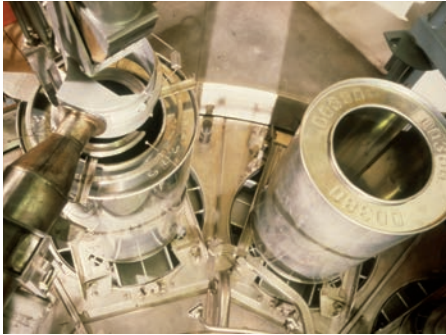
Le procédé de conditionnement de l'échangeur minéral de ces colonnes d'élution n'est pas arrêté. À ce stade un conditionnement en conteneur standard en acier inoxydable est retenu.

Sources scellées usagées (césium 137, strontium 90, plutonium 238) du CEA (famille SO1 - partiellement - de l'Inventaire national)

Il s'agit de sources de forte activité au césium et au strontium, dont certaines proviennent de générateurs isotopiques ainsi que d'un lot de sources de stimulateurs cardiaques (Pu 238). Ces sources seront conditionnées dans un colis de géométrie extérieure identique au colis de verre AVM.

3.1.2 Colis de déchets de moyenne activité à vie longue

Les déchets MA-VL sont essentiellement constitués des éléments de structure des combustibles usés et des déchets liés au fonctionnement, à la maintenance et au démantèlement des installations nucléaires. Lorsqu'ils sont produits, ces déchets radioactifs se trouvent sous forme solide ou liquide. Pour pouvoir les manipuler, les entreposer, les transporter et les stocker, ils sont conditionnés sous forme de colis de déchets. Depuis une vingtaine d'années, cette mise en colis est systématiquement réalisée au fur et à mesure de la production des déchets. Auparavant, les déchets étaient entreposés sous forme brute en attente d'un procédé de conditionnement. Ces déchets, que l'on qualifie « d'anciens », doivent faire l'objet d'opérations de reprise et de conditionnement (RCD) pour être mis sous forme de colis. Certaines de ces opérations sont déjà en cours.



Remplissage de colis de bitume

Pour constituer des colis de déchets, trois méthodes sont couramment utilisées :

- certains déchets solides sont directement placés dans un conteneur et immobilisés par un liant hydraulique qui est coulé dans ce conteneur. Ce procédé, qualifié d'enrobage, est très largement utilisé pour les déchets solides notamment les déchets métalliques issus de l'exploitation ou du démantèlement des installations nucléaires ;
- d'autres déchets présentent une géométrie telle (gaines de combustibles ou tubes par exemple) que les compacter par une presse permet d'en réduire significativement le volume. Les blocs ainsi obtenus sont alors placés dans un conteneur ;

- les déchets liquides, quant à eux, doivent être traités puis mélangés à un matériau pour les solidifier avant d'être introduits dans un conteneur. Par le passé, c'est le bitume qui était le matériau le plus largement employé pour le conditionnement de ces déchets des différents sites. Il est de plus en plus remplacé par le ciment ou par le verre, d'autres conditionnements étant également étudiés. La vitrification est notamment mise en œuvre pour conditionner les effluents produits lors du rinçage des installations avant démantèlement.

Les conteneurs employés pour le conditionnement des déchets MA-VL sont de gabarits variés ; ils peuvent être en acier non allié, en acier inoxydable, en béton armé ou fibré. Le plus petit colis a un volume de 180 litres et est couramment utilisé sur le site de La Hague (conteneur standard de déchets). Le colis le plus imposant a un volume de 5 m³ et contient des déchets anciens entreposés sur le centre de Cadarache.



Entrepôt MA-VL de La Hague de colis d'enrobés bitumeux

3.1.2.1 Déchets de structure issus du traitement des combustibles usés

Avant de pouvoir traiter les combustibles usés pour en extraire la part valorisable, il est indispensable de séparer le combustible proprement dit des structures métalliques qui l'entourent. Ces structures métalliques deviennent alors des déchets.

Les éléments combustibles sont de formes et de natures différentes selon les réacteurs auxquels ils sont destinés :

- les éléments combustibles des réacteurs de première génération (UNGG) étaient des tubes cylindriques constitués de barreaux d'uranium naturel insérés dans une gaine de magnésium ; chaque élément était mis en place individuellement dans le cœur du réacteur ;
- les combustibles des réacteurs à eau pressurisée sont constitués de pastilles d'oxyde d'uranium enrichi ou d'oxyde mixte de plutonium et d'uranium empilées dans une gaine en alliage de zirconium pour former un crayon ; ces crayons sont ensuite rassemblés pour former des assemblages combustibles. Les déchets de structure de ces combustibles sont constitués de tronçons de gaine, pièces d'extrémité d'assemblage, grilles en acier, ressorts en alliage de nickel et sont couramment dénommés « coques et embouts » ;
- les combustibles des réacteurs à neutrons rapides au sodium sont constitués soit de pastilles d'oxyde mixte de plutonium et d'uranium soit de pastilles d'oxyde d'uranium naturel enfermées dans des gaines en acier, formant ainsi des aiguilles ; ces aiguilles sont rassemblées en faisceaux ;
- les combustibles des réacteurs de recherche peuvent être sous forme de plaques, d'assemblages...



Maquette des colis de coques et embouts cimentés

Colis de coques et embouts cimentés en fûts métalliques d'Areva/La Hague (famille F2-3-01 de l'Inventaire national)

Entre 1990 et 1995, les déchets de structure des combustibles des réacteurs à eau légère étaient placés dans des fûts en acier inoxydable et bloqués par une matrice cimentaire. Une faible part de ces colis (environ 10 %) contient, en outre, des filtres chargés de fines d'alliage de zirconium (matériau de constitution des structures de combustibles) ou des déchets de maintenance provenant du procédé de traitement des combustibles.

Colis de déchets compactés CSD-C d'Areva/La Hague (famille F2-3-02 de l'Inventaire national)

Depuis 2002, les déchets de structure des combustibles usés des réacteurs à eau pressurisée sont compactés et conditionnés en conteneurs standard de déchets compactés (CSD-C).

Les colis CSD-C actuellement produits proviennent du compactage en ligne des déchets de structure résultant du traitement de combustibles UOX ainsi que de la reprise des déchets de structure entreposés sous eau dans



des fûts et des déchets de structure entreposés en curseurs dans les piscines S1, S2 et S3 de La Hague. Un faible nombre de ces colis contient également des déchets solides métalliques d'exploitation compactés.

Dans les prochaines années, de tels colis seront aussi constitués à partir des déchets entreposés dans le silo de l'atelier HAO (Haute Activité Oxyde) ainsi que des déchets de structure résultant de traitements futurs de combustibles UOX, URE, MOX en mélange, de combustibles des réacteurs à neutrons rapides Phénix et Superphénix et des combustibles du CEA.

Conteneur standard de déchets compactés

Colis de déchets de structure métalliques du CEA/Marcoule (famille F2-4-07 de l'Inventaire national)

Cette famille regroupe les colis de déchets de structure métalliques des combustibles, autres que ceux des réacteurs UNGG, (combustibles Phénix, combustibles OSIRIS...) traités à l'usine UP1 (Marcoule) ; ils se composent de différents matériaux : aluminium, acier inoxydable, alliage de nickel, alliage de zirconium-étain... suivant le type de combustible considéré.

La production de ces colis n'a pas commencé. Ces déchets de structure métalliques se présentent en vrac ou conditionnés de manière provisoire dans des conteneurs. Ces déchets seront repris en l'état, à l'horizon 2020, selon l'hypothèse actuellement retenue par le CEA, placés en fût de 380 litres puis bloqués par une matrice cimentaire.

Colis de déchets de structure magnésiens du CEA/Marcoule (famille F2-4-09 de l'Inventaire national)

Les déchets de structure magnésiens sont constitués des gaines et des bouchons (ou queusots) des combustibles des réacteurs UNGG traités sur le site de Marcoule.

La production de ces colis n'a pas commencé. Ces déchets se présentent sous forme broyée, compactée ou en vrac. À l'horizon 2020, ils devraient être repris, conditionnés puis bloqués en fûts de 223 litres en acier inoxydable selon l'hypothèse actuellement retenue par le CEA. La définition du matériau qui sera retenu pour le blocage de ces déchets est en cours.

3.1.2.2 Déchets d'exploitation et de démantèlement des réacteurs nucléaires de production d'électricité

Colis de déchets activés des réacteurs EDF hors déchets sodés (famille F2-2-03 de l'Inventaire national)

Cette famille regroupe des composants divers qui ont été exposés au flux de neutrons lors de leur séjour en réacteur. Elle comprend d'une part des déchets activés d'exploitation des réacteurs à eau pressurisée (REP) du parc actuel d'autre part des déchets activés de déconstruction des réacteurs de première génération (réacteur EL4, réacteurs UNGG de Bugey, Saint-Laurent et Chinon, réacteur Chooz A) ainsi que des déchets de déconstruction non sodés du réacteur à neutrons rapides Superphénix.

Il s'agit, pour l'essentiel :

- de grappes poisons destinées à réduire la réactivité du cœur lors de son premier démarrage, et retirées en fin de premier cycle d'irradiation ;
- de grappes de commande destinées à assurer le pilotage du réacteur et son arrêt ;
- de pièces métalliques diverses situées dans le voisinage du cœur du réacteur.

Les déchets déjà produits sont entreposés dans les piscines des centrales.

La production des colis de déchets activés s'effectuera au sein de l'ICEDA (Installation de Conditionnement et d'Entreposage des Déchets Activés) en cours de construction sur le site de Bugey. Les déchets seront conditionnés dans des paniers déposés dans des conteneurs en béton de type C1PG et bloqués dans ces derniers avec du ciment.

Aiguilles des barres de commande des réacteurs à neutrons rapides (RNR) (famille F2-4-15 de l'Inventaire national)



Creys-Malville (réacteur SuperPhénix)

Les aiguilles de carbure de bore proviennent des assemblages de commande des réacteurs à neutrons rapides Superphénix d'une part, Phénix et Rapsodie d'autre part. Ces aiguilles sont susceptibles de contenir du sodium résiduel qui n'aurait pas été éliminé lors des opérations de lavage des barres de commande.

Une réflexion sur la problématique spécifique posée par ces déchets dans l'optique de leur prise en charge en stockage géologique profond Cigéo est en cours. Elle conduira, entre autres, à préciser les modalités d'un éventuel traitement (désodage) et de conditionnement de ces déchets. L'hypothèse retenue à ce jour par EDF et le CEA consiste à les conditionner dans des conteneurs métalliques de 1,5 m³.

Crayons sources primaires et secondaires des réacteurs à eau pressurisée et sources scellées usagées diverses d'EDF (famille SO1 – partiellement – de l'Inventaire national)

Une petite quantité de déchets d'exploitation des réacteurs REP est constituée par des grappes sources, qui contiennent quelques crayons dans lesquels sont introduits des produits radioactifs³. Les grappes sources primaires déchargées des réacteurs 900 MWe ayant fait l'objet d'un traitement pour récupération des capsules de californium ne sont, par conséquent, pas prises en compte dans l'inventaire.

Le mode de conditionnement des crayons sources n'est pas défini au stade actuel. L'option de référence, retenue pour le dimensionnement de Cigéo, est une mise en conteneur métallique de type CSD-C (ou équivalent) après découpe des crayons. Une option alternative consisterait à conditionner les crayons en l'état, conduisant à des colis de grande longueur (environ 4,5 m).

Déchets de l'AMI Chinon

Il s'agit de déchets entreposés dans les puits de l'AMI (Atelier des Matériaux Irradiés) à Chinon. Ils proviennent principalement d'activités d'expertises. Ils se composent d'une grande diversité de déchets issus des filières REP et UNGG.

Les modalités de conditionnement de ces déchets ne sont pas définies à ce jour. De ce fait, ils ne font pas l'objet d'une famille spécifique dans le catalogue des familles de l'Inventaire national.

Déchets activés de déconstruction (DAD) des réacteurs REP

Il s'agit de déchets qui seront produits lors du démantèlement des REP. Le démantèlement ne devrait pas démarrer avant 2030. De ce fait, ils ne font pas l'objet d'une famille du catalogue des familles de l'Inventaire national.

Le scénario actuel retenu par EDF est une mise en conteneur métallique optimisé de forme cubique (volume externe de 1,1 m³). Sont concernés tous les déchets MA-VL liés à la déconstruction des réacteurs en service, de l'EPR de Flamanville et les déchets de la BCOT (Base Chaude Opérationnelle du Tricastin), qui, le cas échéant, ne pourraient pas être conditionnés sur ICEDA. L'installation qui permettra le conditionnement de ces déchets sera définie en lien avec la déconstruction des premières tranches REP.

3.1.2.3 Déchets d'exploitation (hors déchets bitumés) et de démantèlement des usines du cycle du combustible

Colis de déchets technologiques compactés CSD-C d'Areva/La Hague (famille F2-3-02 de l'Inventaire national)

Le procédé de compactage mis en œuvre à La Hague pour le conditionnement des déchets de structure de combustibles usés sera aussi utilisé dans les années à venir pour conditionner certains déchets d'exploitation et de démantèlement de l'usine UP2-400 en colis CSD-C.

En outre, les natures de déchets résultant des opérations de démantèlement des usines UP2-800 et UP3 réalisées au-delà de 2040, étant *a priori* identiques à celles des déchets résultant du démantèlement de l'usine UP2-400, ce type de conditionnement est aussi l'hypothèse retenue à ce stade pour évaluer les quantités de colis produits par le conditionnement des déchets compactables résultant du démantèlement des usines UP2-800 et UP3.

Colis de déchets solides d'exploitation cimentés produits avant 1994 d'Areva/La Hague (famille F2-3-07 de l'Inventaire national)

Entre 1990 et mars 1994, certains déchets générés lors de l'exploitation courante d'ateliers, d'opérations de maintenance ou de démantèlements (outillages, équipements métalliques, ...) à La Hague ont été conditionnés dans des conteneurs en béton comportant de l'amiante (dits conteneurs amiante-ciment).

Colis de déchets solides d'exploitation cimentés produits depuis 1994 d'Areva/La Hague (famille F2-3-08 de l'Inventaire national)

Depuis mars 1994, certains déchets générés lors de l'exploitation courante d'ateliers, d'opérations de maintenance ou de démantèlements (outillages, équipements métalliques...) à La Hague sont conditionnés dans des conteneurs en béton-fibres en remplacement du conteneur précédemment utilisé.

Dans les prochaines années, des déchets issus du démantèlement de l'ancienne usine de traitement des combustibles irradiés de La Hague, UP2-400, seront également conditionnés selon ce procédé et seront donc rattachés à cette famille.

En outre, les natures de déchets résultant des opérations de démantèlement des usines UP2-800 et UP3 qui ne prendront place qu'au-delà de 2040, étant *a priori* identiques à celles des déchets résultant du démantèlement de l'usine UP2-400,

³ Ces produits sont destinés à élever le niveau de flux à un seuil détectable par les appareils de comptage neutronique, lors du démarrage du réacteur. Les crayons sources primaires qui contiennent une capsule de californium sont déchargés en fin de premier cycle, tandis que les crayons sources secondaires constitués de pastilles (mélange antimoine-béryllium) subissent plusieurs cycles d'irradiation avant mise au rebut.



ce type de conditionnement est aussi l'hypothèse retenue à ce stade pour évaluer les quantités de colis produits par le conditionnement des déchets non compactables résultant du démantèlement des usines UP2-800 et UP3 ainsi que du démantèlement de MELOX et du centre de fabrication de combustible de Cadarache.

Colis béton fibres cylindrique

Déchets contaminés en émetteurs alpha d'Areva/La Hague (famille F2-3-10 de l'Inventaire national)

Cette famille regroupe les colis de déchets solides essentiellement contaminés par du plutonium lors des opérations de fabrication de combustibles MOX (usine MELOX et centre de fabrication de combustible de Cadarache), ou de traitement de combustibles (usines de La Hague). Il s'agit de déchets divers de natures métalliques (outillages, câbles, ...) ou organiques (gants, manches d'extraction, ...).

Sont également rattachés à cette famille des colis de déchets issus des opérations préalables à la cessation définitive d'exploitation et au démantèlement d'installations de l'usine UP2-400 de La Hague.

L'hypothèse de conditionnement précédemment retenue par Areva était un compactage. Suite à la demande de l'ASN, Areva étudie actuellement un conditionnement alternatif à ce compactage direct, il s'agit d'un procédé d'incinération/fusion/vitrification.



Entreposage des fûts primaires de déchets (bâtiment 119)

Colis de déchets vitrifiés (CSD-B) : effluents de rinçage d'Areva/La Hague (famille F2-3-11 de l'Inventaire national)

Le conditionnement retenu pour certains effluents de moyenne activité produits lors des opérations de rinçage effectuées dans le cadre de la mise à l'arrêt définitif de l'usine UP2-400 est une vitrification (en creuset froid) et un conditionnement dans des conteneurs identiques à ceux utilisés pour les déchets vitrifiés de haute activité.

Colis de boues de la STE2 séchées et compactées d'Areva/La Hague (famille F2-3-12 de l'Inventaire national)

Les boues dites « STE2 » sont des précipités fixant l'activité contenue dans les effluents secondaires de faible et moyenne activité de l'usine de La Hague. Elles proviennent essentiellement du fonctionnement de l'usine UP2-400 entre 1966 et 1997 et sont entreposées dans 7 silos numérotés 550-10 à 550-15 et 550-17 de l'ancienne Station de Traitement des Effluents (STE2).

Une partie des boues du silo 550-14 a été enrobée dans du bitume et conditionnée dans des fûts en acier inoxydable dans l'atelier STE3 entre 2002 et 2007, lors de campagnes de reprise des boues (voir famille F2-3-05).

À la suite de l'interdiction du bitumage de ces boues par l'Autorité de sûreté nucléaire en septembre 2008, Areva a étudié d'autres modes de conditionnement pour les boues non conditionnées du silo 550-14 ainsi que pour celles entreposées dans les autres silos. Le procédé actuellement retenu est le séchage avant compactage des boues sous forme de pastilles qui seront ensuite conditionnées dans des fûts en acier inoxydable.

Colis de fines et résines du silo HAO d'Areva/La Hague (famille F2-3-13 de l'Inventaire national)

Cette famille regroupe les colis qui seront produits par le conditionnement des déchets de procédé de faible granulométrie (fines de cisailage, fines de clarification et résines) entreposés dans le silo de l'atelier HAO (Haute Activité Oxyde).

L'hypothèse de conditionnement actuellement retenue par Areva est une cimentation des déchets dans des fûts en acier inoxydable dits « fûts ECE » de géométrie similaire à celle des fûts de coques et embouts cimentés. La production de ces colis devrait commencer vers 2017.



Colis de déchets solides d'exploitation de l'AVM en conteneur en acier inoxydable du CEA/Marcoule (famille F2-4-05 de l'Inventaire national)

Cette famille regroupe les déchets solides de maintenance produits par l'Atelier de Vitrification de Marcoule (AVM) depuis son démarrage en 1980. Ces déchets (morceaux de pots de fusion, résidus de verre, outillage en acier) sont conditionnés dans des conteneurs en acier inoxydable de géométrie identique à celle des conteneurs de verre de l'AVM (voir famille F1-4-01).

Conteneur en acier inoxydable de l'AVM

Colis de déchets de procédé du CEA/Marcoule (famille F2-4-10 - partiellement - de l'Inventaire national)

Cette famille concerne des déchets de procédé d'origines diverses, liés à l'exploitation de l'usine UP1 et aux opérations de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement de l'usine : systèmes de filtration des eaux de piscines (résines échangeuses d'ions, zéolithes...), graphite pulvérulent provenant des combustibles des réacteurs de la filière Uranium Naturel-Graphite-Gaz (UNGG) et dépôts de fond de cuves issus du démantèlement d'UP1.

Le conditionnement retenu à ce stade par le CEA est un enrobage des déchets dans une matrice cimentaire et la mise en fûts EIP. Ces colis seront produits d'ici à 2030.

3.1.2.4 Déchets d'exploitation (hors déchets bitumés) et de démantèlement des installations de recherche du CEA

Colis d'effluents cimentés du CEA/Marcoule (famille F2-4-10 - partiellement - de l'Inventaire national)

Les boues de coprécipitation issues du traitement des effluents du site de Marcoule, actuellement bitumées, seront cimentées et conditionnées dans un fût de type EIP à l'horizon 2015 dans la future installation STEMA (station de traitement des effluents de Marcoule) en cours de réalisation. Actuellement, le CEA prévoit la première campagne produisant des colis de catégorie MA-VL au-delà de 2025.

Déchets technologiques métalliques et organiques du CEA/Marcoule (famille F2-4-11 de l'Inventaire national)

Cette famille regroupe les colis qui seront produits par le conditionnement des déchets technologiques métalliques et organiques actuellement entreposés en puits et en fosses sur le site de Marcoule, dont le spectre radiologique est à dominante bêta-gamma. Ces déchets ont été générés entre 1960 et 1992 lors des phases d'exploitation courante des ateliers et d'opérations de maintenance (outillages, équipements métalliques) des installations de Marcoule.

Cette famille comprendra également des colis constitués à partir des déchets qui seront issus du démantèlement, prévu après 2015, d'installations de l'atelier de vitrification de Marcoule, notamment des cuves de solutions de produits de fission.

Le conditionnement retenu à ce stade par le CEA est une mise en fûts EIP, avec blocage des déchets au moyen d'un liant hydraulique. Ces colis seront produits d'ici à 2030.

Déchets du cœur du réacteur Phénix du CEA/Marcoule (famille F2-4-12 de l'Inventaire national)

Les déchets du cœur du réacteur Phénix correspondent aux assemblages en acier entourant le cœur du réacteur, à une partie des protections neutroniques latérales, aux éléments qui supportent le cœur (sommier et faux-sommier) ainsi qu'aux capsules de cobalt insuffisamment irradiées pour être utilisées en tant que sources. Ces objets, qui sont irradiants, sont actuellement encore en place dans le cœur du réacteur Phénix. Ces déchets seront produits entre 2017 et 2025, mis en conteneurs d'entreposage DIADEM (sans blocage) puis entreposés dans la future installation DIADEM.

Le conditionnement des déchets contenus dans les conteneurs DIADEM en vue de leur stockage reste à définir.



Réacteur Phénix

Colis vitrifiés d'effluents de rinçage de l'AVM du CEA/Marcoule (famille F2-4-13 de l'Inventaire national)

Les effluents produits lors des opérations d'assainissement de l'usine UP1 ainsi que certains effluents provenant d'autres sites du CEA (Valduc, Fontenay-aux-Roses, Cadarache) sont vitrifiés puis conditionnés dans des conteneurs en acier inoxydable de type AVM, constituant ainsi des déchets vitrifiés de faible thermicité, qui permet de les rattacher à la catégorie MA-VL.

La production de ces déchets a débuté en 2009 et s'est achevée en 2012.

Colis de déchets de structure entreposés à l'APM et déchets de démantèlement de l'APM du CEA/Marcoule (famille F2-4-14 de l'Inventaire national)

Les déchets de structure, entreposés à l'APM, ont été produits entre 1974 et 1997 sur les chaînes TOP (Traitement Oxyde Pilote) et TOR (Traitement Oxyde réacteur RNR). Les déchets de démantèlement des chaînes TOP et TOR devraient être produits entre 2016 et 2025.

En fonction de leur niveau d'irradiation, ces déchets seront conditionnés en fûts EIP ou en conteneurs d'entreposage DIADEM. Le conditionnement des déchets contenus dans les conteneurs DIADEM en vue de leur stockage reste à définir.

Colis de sulfates de plomb radifères du CEA/Cadarache (famille F2-5-01 de l'Inventaire national)

L'usine CEA du Bouchet (Essonne) a traité entre 1958 et 1970 du minerai importé, l'uranothorianite, pour en extraire de l'uranium et du thorium.

Elle a produit des résidus radioactifs : les sulfates de plomb radifères issus de la décontamination des pieds de colonne d'extraction du minerai. Ces résidus ont été conditionnés sur place en fûts métalliques puis ont subi des reconditionnements successifs. Actuellement, ils sont entreposés à Cadarache en caissons en béton de 5 m³ ou en conteneurs en béton de 500 litres.

La plus grande partie de ces déchets sera reprise et conditionnée en fûts en acier inoxydable de type EIP. Les autres fûts resteront en caissons de 5 m³.



Fûts métalliques temporairement mis en conteneurs en béton pour l'entreposage



Fûts métalliques temporairement mis en coques en béton pour l'entreposage

Colis de boues de filtration cimentées, en coques béton de 500 litres du CEA/Cadarache (famille F2-5-02 de l'Inventaire national)

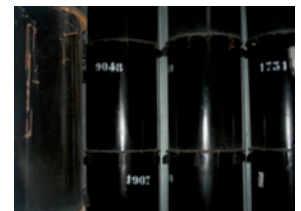
Les colis de cette famille résultent du conditionnement des boues de filtration issues de la station de traitement des effluents des installations du CEA Cadarache. Ces boues ont été traitées chimiquement, mélangées à du ciment, puis conditionnées en fûts métalliques en acier non allié. Ces fûts ont ensuite été eux-mêmes placés en coques béton de 500 litres, pour entreposage. On distingue les fûts bloqués dans les conteneurs de 500 litres avec du béton et ceux placés dans les conteneurs sans blocage, le CEA conservant ainsi la possibilité de les en retirer pour optimiser le volume à stocker.



Coques béton de boues et concentrats

Conteneurs métalliques 870 litres contenant un fût de 700 litres de concentrats cimentés du CEA/Cadarache (famille F2-5-03 de l'Inventaire national)

Les concentrats d'évaporation sont principalement issus du traitement d'effluents liquides à la station de traitement des effluents liquides de Fontenay-aux-Roses et à la station de traitement des effluents de Cadarache. Ces concentrats ont été enrobés dans une matrice à base de ciment et conditionnés en fûts métalliques de 700 litres sur la station de traitement des effluents du CEA Cadarache entre 1972 et 1982. Les fûts de 700 litres ont été reconditionnés et bloqués au moyen d'un mortier dans des conteneurs en acier non allié de 870 litres rehaussés en 1989-1990.



Conteneurs métalliques de concentrats cimentés

Colis de déchets solides d'exploitation cimentés en fûts métalliques du CEA/Cadarache (famille F2-5-04 de l'Inventaire national)

Cette famille regroupe les colis de déchets solides d'exploitation, de maintenance ou de démantèlement du CEA, faiblement irradiants, conditionnés en conteneurs en acier non allié. Ces déchets sont constitués essentiellement de matières métalliques et plastiques. En fonction de leur provenance, ils sont susceptibles d'être fortement contaminés en émetteurs alpha. Les déchets primaires proviennent du centre de Cadarache et d'autres centres du CEA. Ils peuvent être compactés ou non puis bloqués dans des conteneurs à la station de traitement des déchets solides de Cadarache.

Les premières productions ont démarré en 1972. Durant la période 1972-1990, le matériau de blocage était à base de ciment et de bitume. Depuis 1990, ce matériau est à base de ciment.

Certains colis plus récents sont directement conditionnés sur les installations avant d'être expédiés vers l'entreposage CEDRA à Cadarache.



Conteneurs métalliques de déchets solides

Colis de déchets solides d'exploitation moyennement irradiants, en fûts de 500 litres du CEA/Cadarache (famille F2-5-05 de l'Inventaire national)

Cette famille regroupe les colis de déchets solides d'exploitation, de maintenance, d'assainissement ou de démantèlement du CEA, moyennement irradiants. Ces déchets sont conditionnés en fûts métalliques de 500 litres.

Ces déchets proviennent des différents centres du CEA (Fontenay-aux-Roses, Saclay, Cadarache, Valduc...) ; ils sont essentiellement constitués de matières métalliques, cellulosiques ou plastiques, de caoutchouc, de plâtres, de peintures et de verreries.

Les premières productions remontent à 1970. Durant la période 1970-1990, le matériau de blocage était à base d'un mélange de ciment et de bitume. Depuis 1990, ce matériau est uniquement constitué de ciment. Parallèlement, le fût a lui aussi évolué ; d'abord constitué d'acier non allié, il est en acier inoxydable depuis 1994.

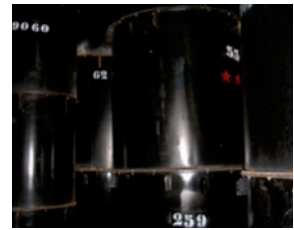


Fûts inox de déchets moyennement irradiants

Coques en béton (1 800 ou 1 000 litres) de déchets solides cimentés (ciment ou ciment-bitume) du CEA/Cadarache (famille F2-5-06 de l'Inventaire national)

Cette famille regroupe des colis anciens de déchets de maintenance ou de démantèlement d'anciennes installations. Il s'agit :

- de colis en béton de 1 800 litres (tronconiques ou cylindriques) produits sur la station de traitement des déchets solides du CEA Cadarache, contenant des déchets solides bloqués dans un matériau (à base de ciment entre 1964 et 1969 et à base d'un mélange ciment-bitume entre 1975 et 1987) ;
- de colis en béton de 1 000 litres (produits à la station de traitement des effluents du CEA Cadarache) contenant, soit des déchets solides bloqués dans un matériau ciment-bitume (en 1979 et en 1981), soit des boues de filtration cimentées (de 1966 à 1970).



Colis de 1 800 litres dans un surconteneur en acier

En 1994, une grande partie de ces colis a été placée et bloquée dans des conteneurs en acier non allié.



Colis de boues et concentrats cimentés, en fûts métalliques du CEA/Valduc (famille F2-6-02 de l'Inventaire national)

Les colis de déchets décrits dans cette famille résultent du conditionnement des boues et des concentrats produits à la station de traitement des effluents de Valduc depuis 1984. Ces déchets ont été enrobés dans un matériau à base de ciment et conditionnés en fûts de 200 litres en acier inoxydable et en acier non allié. Cette production est terminée et les colis sont en cours de transfert pour entreposage au CEA Cadarache.

Fûts métalliques de boues et concentrats cimentés

Conteneurs inox contenant des effluents radioactifs issus du recyclage du Pu du CEA/Valduc (famille F2-6-03 de l'Inventaire national)

Le traitement de produits recyclables contenant du plutonium produit des effluents contenant de l'américium, du plutonium et de l'uranium. Ces effluents sont actuellement entreposés sur le site de Valduc. L'hypothèse retenue pour leur conditionnement est une vitrification dans une installation à construire sur le site de Valduc puis un conditionnement dans un conteneur standard du type de ceux utilisés sur le site de La Hague. Les déchets vitrifiés ainsi produits seront de faible thermicité, ce qui permet de les rattacher à la catégorie MA-VL.

Les colis de déchets vitrifiés seront produits après 2020.



Colis de blocs sources reconditionnés en conteneur en acier puis entreposés à Cadarache

Colis « blocs sources » du CEA/Cadarache (famille F2-9-01 de l'Inventaire national)

Cette famille regroupe des colis constitués à partir de sources scellées usagées (solides, liquides ou gazeuses) qui ont été collectées auprès des petits producteurs de déchets (hôpitaux, industries agro-alimentaires, papeteries, industries pétrochimiques...) et qui contiennent des substances radioactives de natures, d'activités et de périodes très diverses. Ces sources ont été livrées au centre de stockage de la Manche entre les années 1972 et 1985 et y ont été conditionnées en conteneurs en béton.

En 1994, avant la fermeture de ce centre de stockage, ces colis, qui ne satisfaisaient pas aux spécifications pour y être stockés, ont été transférés au centre CEA de Cadarache pour entreposage. Avant leur transfert, ces colis en béton ont été reconditionnés en conteneurs en acier non allié.

Fûts alpha 200 litres entreposés au bâtiment 99 de la zone nord CDS à reconditionner en 500 litres

Les déchets alpha sont des déchets technologiques solides produits par l'installation UP1 et contaminés en émetteurs alpha purs. Les déchets étaient vinylés sous double enveloppe, conditionnés dans des fûts de 100 litres ou de 118 litres puis compactés sous la forme de galettes. Ces galettes sont conditionnées dans des fûts en acier noir ou acier inoxydable de 200 litres et elles sont alors bloquées par du gravier et immobilisées par un coulis de mortier. Il est prévu de placer ces fûts de 200 litres, de façon réversible, dans des coques béton de 500 litres.

Déchets divers d'exploitation et de démantèlement des installations du CEA

Ces familles regroupent les déchets qui sont ou seront produits par l'exploitation, l'assainissement et le démantèlement de certaines installations du CEA. Les déchets hors déchets vitrifiés entreposés dans le bâtiment 213 de l'APM ainsi que les déchets entreposés au bâtiment 211 de l'APM font partie de cette famille. Ces déchets ne font pour l'instant pas l'objet d'une famille spécifique du catalogue des familles de l'Inventaire national.

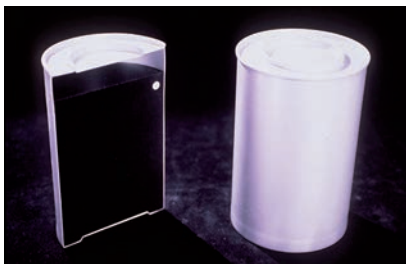
Il est prévu de conditionner ces déchets de deux façons :

- les déchets irradiants ou contaminés en alpha issus de l'exploitation ou du démantèlement de certaines installations des sites CEA de Marcoule, Grenoble, Saclay et Cadarache seront conditionnés en conteneurs d'entreposage DIADEM et entreposés dans la future installation DIADEM. Le conditionnement des déchets contenus dans les conteneurs DIADEM en vue de leur stockage reste à définir ;
- les déchets de déconstruction de Valduc seront bloqués en fûts de 870 litres dans la station de traitement des déchets de ce site.

3.1.2.5 Déchets bitumés

Le procédé de bitumage a été largement utilisé depuis 1966 pour conditionner les boues issues du traitement des effluents radioactifs, notamment ceux des usines de traitement de combustibles usés. Ce procédé consiste à concentrer les effluents, puis à insolubiliser les radionucléides présents par coprécipitations chimiques successives par ajout de réactifs minéraux. Les boues ainsi obtenues sont séchées, enrobées dans une matrice de bitume puis conditionnées dans des fûts en acier munis de couvercles sertis.

Colis d'enrobés bitumineux produits à partir d'effluents traités dans la STE3 d'Areva/La Hague (famille F2-3-04 de l'Inventaire national)



Écorché d'un colis d'enrobés bitumineux (maquette)

Les effluents de faible et moyenne activité, issus des usines UP2 et UP3 de l'établissement de La Hague, sont enrobés dans une matrice bitumineuse dans la station de traitement des effluents n° 3 (STE3), installation démarrée en 1989. La nouvelle gestion des effluents mise en œuvre sur le site de La Hague permet aujourd'hui de diminuer la quantité d'effluents traités dans la STE3 et par conséquent le nombre de colis produits. Ce conditionnement concerne également un certain volume d'effluents produits au titre des opérations d'assainissement/démantèlement d'UP2-400 (rinçages, décontaminations) qui pourraient, le cas échéant, ne pas pouvoir faire l'objet d'une vitrification du fait de leur nature chimique.

Cette famille intègre également les colis d'enrobés bitumineux instrumentés pour le contrôle de certains paramètres comme la température.

Colis d'enrobés bitumineux produits à partir d'effluents traités dans la STE2 d'Areva/La Hague (famille F2-3-05 de l'Inventaire national)



Colis d'enrobés bitumineux

Avant 1991, les effluents provenant de l'usine UP2-400 étaient uniquement traités par coprécipitation afin de fixer la radioactivité qu'ils contenaient puis entreposés sous forme de boues dans 7 silos de l'ancienne station de traitement des effluents (STE2) sur le site de La Hague.

Ces boues doivent faire l'objet d'opérations de reprise et de conditionnement. Le premier procédé envisagé par Areva pour les conditionner était le bitumage. Différentes campagnes ont eu lieu à cet effet entre 2002 et 2007, produisant 340 colis de boues bitumées à partir de boues provenant du silo 550-14. Certains de ces colis sont équipés de thermocouples pour le suivi de la température. D'autres sont des colis témoins pour le suivi du gonflement dû à la production d'hydrogène par radiolyse.

En septembre 2008, le bitumage des boues de la STE2 a été interdit par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), conduisant Areva à étudier d'autres modes de conditionnement (voir famille F2-3-12).

Colis d'enrobés bitumineux produits depuis janvier 1995 du CEA/Marcoule (famille F2-4-03 de l'Inventaire national)



Le procédé de traitement de la station de traitement des effluents liquides (STEL) de Marcoule consiste à bitumer les effluents. Depuis le démarrage de la STEL en 1966, les procédés de traitement physico-chimique et de conditionnement ont évolué en fonction des effluents à traiter.

Fût en acier inoxydable pour enrobés bitumineux

En 1995, un « suivi qualité produit » a été mis en place. La présente famille regroupe l'ensemble des colis de boues bitumées produits depuis cette date. Une partie de ces colis est conditionnée dans des fûts en acier non allié, l'autre (depuis 1996) dans des fûts en acier inoxydable.

Dans le scénario retenu actuellement par le CEA, lors des opérations de reprise et préalablement à leur expédition vers Cigéo, ces colis seront placés dans des surfûts EIP de 380 litres. Il est à noter que le CEA examinera la possibilité de réduire le volume du surfût.

A l'horizon 2015, le procédé de traitement des effluents par bitumage sera remplacé par un traitement par cimentation dans l'installation STEMA. Le colis sera un fût de type EIP dans lequel les boues de coprécipitation auront été mélangées à une matrice cimentaire (voir famille F2-4-10).

Colis d'enrobés bitumineux produits avant janvier 1995 du CEA/Marcoule (famille F2-4-04 de l'Inventaire national)



Fût métallique pour enrobés bitumineux et surfût inox EIP

La présente famille regroupe l'ensemble des colis de boues bitumées produits à la STEL de Marcoule entre 1966 et la mise en place du « suivi qualité produit » en 1995. Ces colis sont conditionnés dans des fûts en acier non allié.

Dans le scénario retenu actuellement par le CEA, lors des opérations de reprise et préalablement à leur expédition vers Cigéo, ces colis seront placés dans des surfûts EIP de 380 litres. Il est à noter que le CEA examinera la possibilité de réduire le volume du surfût.

Un certain nombre de colis a déjà fait l'objet d'opérations de reprise consistant à les placer en surfûts EIP : ces nouveaux colis sont entreposés à l'Entreposage intermédiaire polyvalent (EIP).

3.1.2.6 Déchets de fonctionnement, de maintenance et de démantèlement des nouvelles installations

Déchets du réacteur Iter

Les déchets d'Iter seront produits par le remplacement de composants lors de l'exploitation et par leur retrait après mise à l'arrêt définitif. On retient à ce stade l'hypothèse d'un conditionnement de ces déchets dans des fûts métalliques de 700 litres (hypothèse présentée dans le cadre du projet d'entreposage des déchets tritiés - EDTSF). Ces déchets se caractérisent par leur contenu en tritium et en produits d'activation et par les natures de certains des déchets.

3.1.2.7 Déchets provenant de l'industrie non électronucléaire

Les déchets destinés à Cigéo comprennent :

- des objets au radium à usage médical (ORUM), constitués d'aiguilles et de tubes métalliques de très petites dimensions, contenant chacun quelques milligrammes de radium. Le radium est incorporé sous une forme chimique solide et insoluble mais pulvérulente (sulfate ou chlorure). L'Andra envisage un conditionnement des ORUM en conteneurs 870 L ;
- des sources scellées usagées diverses (sources neutroniques, à l'uranium naturel, au radium, au plutonium, à l'américium). L'Andra envisage un conditionnement de ces sources en conteneurs 870 L comme le CEA.

3.2 DONNÉES QUANTITATIVES PAR FAMILLE EN NOMBRE ET EN VOLUME DE COLIS PRIMAIRES

L'inventaire du scénario industriel d'exploitation des installations nucléaires défini par les producteurs chiffre les déchets du parc électronucléaire présenté au chapitre 2, sans préjuger des modalités liées, le cas échéant, à sa prolongation et/ou à son renouvellement éventuel. À défaut d'engagement d'un nouveau parc à ce jour, les déchets correspondants ne sont pas pris en compte.

Cet inventaire intègre également les déchets et les colis de déchets issus des installations nucléaires du cycle du combustible et du CEA ainsi que ceux de l'installation Iter.

Des marges sont prises en compte pour couvrir des incertitudes sur le volume de déchets futurs à produire ou de déchets anciens qui doivent faire l'objet d'opérations de reprise et conditionnement (RCD), sur les modalités de conditionnement et les caractéristiques de certains déchets, tout en restant à l'intérieur du périmètre défini précédemment pour le scénario industriel des producteurs en matière d'installations, de durées d'exploitation et de filières de gestion des déchets.

La détermination des marges à prendre en compte pour la conception de Cigéo est de la responsabilité des producteurs de déchets ou, lorsqu'il s'agit de déchets non électronucléaires, de leur collecteur (l'Andra). La justification de ces marges fait l'objet d'échanges entre l'Andra et les producteurs de déchets.

Les quantités de colis primaires de déchets retenues, en incluant des marges, dans le scénario industriel des producteurs sont reportées par famille de l'Inventaire national dans les tableaux 3.2.1 et 3.2.2 ci-après. Ces données sont à prendre en compte pour les études d'avant-projet.

Les volumes de colis correspondent à des volumes industriels, c'est-à-dire au volume d'eau qui serait déplacé par immersion du colis.

Tableau 3.2.1 Inventaire par famille des déchets de haute activité

IDENTIFIANT ÉDITION 2012 DE L'IN	Intitulé	Nombre de colis	Volume (m ³)
--	----------	--------------------	-----------------------------

Déchets vitrifiés

F1-3-01	Colis de déchets vitrifiés CSD-V (Areva/La Hague)	51 481	9 268
F1-3-02	Colis de solutions molybdiques de produits de fission vitrifiées (Areva/La Hague)	1 000	180
F1-4-01	Colis de déchets vitrifiés AVM (CEA/Marcoule)	3 159	553
F1-5-01	Colis de déchets vitrifiés PIVER (CEA/Marcoule)	96	17
-	Colis de déchets vitrifiés d'Atalante (CEA/Marcoule)	5	1

Combustibles usés

F1-5-02	Colis de combustibles usés non traités du réacteur EL4 de Brennilis (EDF)	2 667	27
---------	---	-------	----

Autres déchets de haute activité

F1-3-03	Colis de déchets technologiques issus des ateliers de vitrification (Areva/La Hague)	200	36
F1-3-04	Colis de capsules de titanate de strontium (Areva/La Hague)	3	1
F1-3-05	Déchets issus des colonnes d'élution d'ELAN IIB conditionnés en conteneurs standard (Areva/La Hague)	52	9
SO1	Sources scellées usagées	7	1

Tableau 3.2.2 Inventaire par famille des déchets de moyenne activité à vie longue

IDENTIFIANT ÉDITION 2012 DE L'IN	Intitulé	Nombre de colis	Volume (m ³)
--	----------	--------------------	-----------------------------

Déchets de structure des combustibles usés

F2-3-01	Colis de coques et embouts cimentés en fûts métalliques (Areva/La Hague)	1 517	2 276
F2-3-02	Colis de déchets compactés CSD-C (Areva/La Hague)	50 710	9 129
F2-4-07	Colis de déchets de structure métalliques (CEA/Marcoule)	1 320	502
F2-4-09	Colis de déchets de structure magnésiens (CEA/Marcoule)	7 464	1 642

Déchets bitumés

F2-3-04	Colis d'enrobés bitumineux produits à partir d'effluents traités dans la STE3 (Areva/La Hague)	11 900	2 642
F2-3-05	Colis d'enrobés bitumineux produits à partir d'effluents traités dans la STE2 (Areva/La Hague)	340	75
F2-4-03	Colis d'enrobés bitumineux produits depuis janvier 1995 (CEA/Marcoule)	4 409	1 676
F2-4-04	Colis d'enrobés bitumineux produits avant janvier 1995 (CEA/Marcoule)	24 422	9 280

Tableau 3.2.2 Inventaire par famille des déchets de moyenne activité à vie longue - suite

IDENTIFIANT ÉDITION 2012 DE L'IN	Intitulé	Nombre de colis	Volume (m ³)
Déchets d'exploitation et de démantèlement (hors déchets bitumés)			
F2-2-03	Colis de déchets activés des réacteurs EDF hors déchets sodés (EDF)	1 900	3 800
F2-4-15	Aiguilles des barres de commande des réacteurs à neutrons rapides RNR (EDF, CEA)	8	13
F2-3-02	Colis de déchets technologiques compactés CSD-C (Areva/La Hague)	4 950	891
F2-3-07	Colis de déchets solides d'exploitation cimentés produits avant 1994 (Areva/La Hague)	324	382
F2-3-08	Colis de déchets solides d'exploitation cimentés produits depuis 1994 (Areva/La Hague)	9 738	11 490
F2-3-10	Déchets contaminés en émetteurs alpha (Areva/La Hague)	4 400	1 025
F2-3-11	Colis de déchets vitrifiés (CSD-B) : effluents de rinçage (Areva/La Hague)	900	162
F2-3-12	Colis de boues de la STE2 séchées et compactées (Areva/La Hague)	14 429	3 867
F2-3-13	Colis de fines et résines du silo HAO (Areva/La Hague)	121	182
F2-4-05	Colis de déchets solides d'exploitation de l'AVM en conteneur en acier inoxydable (CEA/Marcoule)	188	33
F2-4-10	Colis de déchets de procédé et colis d'effluents cimentés (CEA/Marcoule)	3 133	1 191
F2-4-11	Déchets technologiques métalliques et organiques (CEA/Marcoule)	1 353	514
F2-4-12	Déchets du cœur du réacteur Phénix (CEA/Marcoule)	789	163
F2-4-13	Colis vitrifiés d'effluents de rinçage des cuves de solutions de produits de fission de l'AVM (CEA/Marcoule)	147	26
F2-4-14	Colis de déchets de structure entreposés à l'APM et déchets de démantèlement de l'APM (CEA/Marcoule)	510	115
F2-5-01	Colis de sulfates de plomb radifères (CEA/Cadarache)	971	457
F2-5-02	Colis de boues de filtration cimentées en coques béton de 500 litres (CEA/Cadarache)	4 870	1 908
F2-5-03	Conteneurs métalliques 870 litres contenant un fût de 700 litres de concentrats cimentés (CEA/Cadarache)	40	44
F2-5-04	Colis de déchets solides d'exploitation cimentés en fûts métalliques (CEA/Cadarache)	7 725	6 798
F2-5-05	Colis de déchets solides d'exploitation moyennement irradiants en fûts de 500 litres (CEA/Cadarache)	3 887	1 944
F2-5-06	Coques en béton (1 800 ou 1 000 litres) de déchets solides cimentés (ciment ou ciment bitume) (CEA/Cadarache)	268	502
F2-6-02	Colis de boues et concentrats cimentés en fûts métalliques (CEA/Valduc)	360	80
F2-6-03	Conteneurs inox contenant des effluents radioactifs issus du recyclage du Pu (CEA/Valduc)	300	54
F2-9-01	Colis « blocs sources » (CEA/Cadarache)	41	125
SO1	Sources scellées usagées	64	42

Tableau 3.2.2 Inventaire par famille des déchets de moyenne activité à vie longue - fin

IDENTIFIANT ÉDITION 2012 DE L'IN	Intitulé	Nombre de colis	Volume (m ³)
Familles spécifiques à créer dans l'IN	Déchets divers du réacteur Iter	4 676	3 211
	Déchets activés de déconstruction (DAD) des réacteurs REP	6 360	7 000
	Conteneurs en acier inoxydable (poubelles Phénix) contenant des déchets irradiants	200	41
	Déchets divers d'exploitation et de démantèlement du CEA	530	108
	Déchets de déconstruction des installations du centre CEA Valduc	40	35
	Déchets divers MA-VL (dont déchets de l'AMI Chinon)	423	97

Tableau 3.2.3 Inventaire des déchets des producteurs hors électronucléaire gérés par l'Andra

CATÉGORIE	Intitulé	Volume industriel du conteneur primaire (m ³)	Nombre de colis primaires	Volume (m ³)
MA-VL	Objets au radium à usage médical (ORUM) et divers	0,88	5	5
MA-VL	Sources scellées usagées	0,88	2	2

Le tableau 3.2.3 fournit une estimation, incluant les marges, des volumes de déchets des producteurs hors électronucléaire à prendre en compte.

3.3 LES DÉCHETS PRIS EN COMPTE POUR LA CONCEPTION DE CIGÉO

Les tableaux ci-après synthétisent par catégorie de déchets les données retenues pour le dimensionnement de Cigéo en précisant les quantités de déchets déjà produites.

Tableau 3.3.1 Bilan des inventaires de déchets de haute activité

	Inventaire de référence pour la conception de Cigéo		Existants au 31/12/2010 (m ³)
	Nombre de colis primaires	Volume (m ³)	
Déchets vitrifiés	55 741	10 019	2 652
<i>dont stockables à partir de 2025</i>	<i>4 159</i>	<i>733</i>	<i>733</i>
Combustibles usés du réacteur EL4 de Brennilis	2 667	27	27
Autres déchets HA (sources scellées usagées déchets technologiques...)	262	47	47
TOTAL	~ 58 700	~ 10 100	~ 2 700

Par rapport aux données déclarées par les producteurs en 2012, l'inventaire HA prend en compte les recommandations formulées par l'ASN dans son avis du 16 mai 2013 :

- intégration des déchets vitrifiés résultant du traitement des combustibles usés du CEA,
- prise en compte de marges pour couvrir l'incertitude sur les volumes à stocker des déchets technologiques issus des ateliers de vitrification de La Hague.

Ces évolutions ont un impact limité sur l'inventaire (< 100 m³).

Tableau 3.3.2 Bilan des inventaires de déchets de moyenne activité à vie longue

	Inventaire de référence pour la conception de Cigéo		Existants au 31/12/2010 (m ³)
	Nombre de colis primaires	Volume (m ³)	
Déchets de structure de combustibles usés	61 011	13 549	5 602
Déchets d'exploitation et de démantèlement	114 723	59 980	37 277
<i>dont déchets bitumés</i>	<i>41 071</i>	<i>13 673*</i>	<i>13 284**</i>
<i>dont déchets de démantèlement à produire</i>		<i>12 500</i>	<i>0</i>
TOTAL	~ 175 700	~ 73 500	~ 42 900

(*) L'évolution du volume des colis de déchets bitumés de Marcoule (passage de 7 600 m³ à 11 000 m³) est due à une évolution mi 2013 de la stratégie retenue par le CEA pour la reprise de ces déchets, qui conduit désormais à placer la totalité des fûts dans des surfûts et non pas seulement une partie comme retenu précédemment. Cette évolution ne correspond pas à une augmentation de la quantité de déchets radioactifs.

(**) Valeur recalculée suite à la prise en compte des nouvelles hypothèses de conditionnement du CEA.

4. HYPOTHÈSES PRISES EN COMPTE POUR LES RÉSERVES DE CIGÉO

L'ajout de réserves dans le dossier support à la demande d'autorisation de création de Cigéo permettra de prendre en compte des incertitudes sur :

- les stratégies industrielles : durées d'exploitation des installations génératrices de déchets, projet de création de nouvelles installations ;
- la mise en place de nouvelles filières de gestion de déchets aujourd'hui à l'étude pour les déchets FA-VL (SCR⁴, SCI⁵).

Les hypothèses retenues à ce stade concernant les réserves sont décrites ci-après.

4.1 PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DES INVESTISSEMENTS DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ 2009

La Programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité - Période 2009 – 2020 indique que « dans une perspective économique et sous réserve de toute exigence en termes de sûreté, la PPI électricité privilégie un scénario central de prolongation au-delà de 40 ans du parc nucléaire actuel. Toutefois, c'est l'Autorité de sûreté nucléaire qui est la seule compétente et habilitée à se prononcer sur la fermeture ou la prolongation de chaque réacteur. La PPI doit donc intégrer une marge de sécurité en termes de capacité de production électrique correspondant aux incertitudes qu'entraîne cette primauté absolue conférée à la sûreté nucléaire. Cette préoccupation, alliée à la nécessité de lisser l'effort d'investissement de renouvellement du parc nucléaire existant et de maintenir les compétences industrielles de cette filière, justifient la mise en service déjà décidée de deux réacteurs de nouvelle génération, le premier à Flamanville étant prévu en 2012, le deuxième à Penly en 2017. Ces considérations pourront justifier également le lancement de nouvelles capacités EPR à l'issue de la construction de l'EPR de Penly. »^[5]

Cela conduit à ce stade à prendre en compte par précaution dans les réserves les déchets qui seraient issus d'un deuxième EPR. Les volumes de colis primaires correspondant à l'exploitation du réacteur EPR de Penly, s'il est créé, sont estimés à 200 m³ de déchets de structure (relevant de la famille F2-3-02), 60 m³ de déchets activés (famille F2-2-03) et 215 m³ de déchets vitrifiés (famille F1-3-01). Le démantèlement de ce réacteur EPR produirait 275 m³ de déchets MA-VL.

Le débat national sur la transition énergétique et le vote de la loi sur la transition énergétique conduiront à une mise à jour de la programmation des investissements en matière de production d'électricité.

4.2 PRISE EN COMPTE DES DÉCHETS FA-VL

Dans le cadre du PNGMDR 2010-2012, différents scénarios de gestion des déchets FA-VL ont été étudiés.

4.2.1 Cas des déchets de graphite

L'inventaire des déchets de graphite (exprimé en volume de stockage) est le suivant :

- EDF : 68 000 m³ dont 60 000 m³ d'empilements et 8 000 m³ de chemises ;
- CEA : 11 000 m³ dont 9 000 m³ d'empilements et 2 000 m³ de chemises et autres déchets ;
- Areva : environ 7 000 m³.

Les scénarios à envisager pour la gestion des déchets de graphite d'EDF et du CEA, en plus de celui qui considère le stockage de la totalité des déchets de graphite en SCI, sont construits autour :

- du tri/traitement avec stockage d'une partie en SCR avec les déchets radifères et du reste dans Cigéo (stockage des empilements en SCR et des chemises dans Cigéo ou stockage du graphite décontaminé en SCR et des résidus concentrés dans Cigéo) ;
- de la destruction totale du graphite (après décontamination) avec stockage des résidus concentrés et cendres dans Cigéo.

Le stockage de l'ensemble des déchets de graphite en l'état dans Cigéo constituerait une solution de repli en cas d'échec des scénarios précités.

Pour les déchets de graphite entreposés dans les silos 115 et 130 de l'établissement de La Hague, AREVA n'avait pas retenu de scénario de tri ou d'un traitement en phase amont de son projet de reprise des silos. AREVA est en cours de redéfinition de son scénario global de conditionnement des déchets UNGG. À ce jour leur gestion repose sur un SCI dans une hypothèse de co-stockage avec les autres déchets de graphite.

⁴ Stockage sous couverture remaniée.

⁵ Stockage sous couverture intacte.

Pour les déchets de graphite, les réserves de Cigéo couvrent deux scénarios alternatifs au stockage SCI :

- scénario « Tri » : les empilements d'EDF et du CEA sont stockés en SCR, les autres déchets dans Cigéo, soit un volume (de stockage) dans Cigéo voisin de 17 000 m³ ;
- scénario « Traitement » : ce traitement a pour but de concentrer l'essentiel de la radioactivité des déchets de graphite dans un volume réduit à stocker dans Cigéo. Il ne concerne pas les déchets d'Areva qui seraient stockés sans ce type de traitement. Le volume de déchets induits par le traitement des graphites d'EDF et du CEA destinés à Cigéo serait de l'ordre de 10 000 m³, soit un volume (de stockage) dans Cigéo voisin là aussi de 17 000 m³.

Par ailleurs, en l'absence de stockage SCI, les résines échangeuses d'ions issues du démantèlement sous eau de certains réacteurs UNGG d'EDF seraient également stockées dans Cigéo. Conditionnées dans des colis C1PG, elles représentent environ 5 000 m³ (colis primaires).

Sur la base de ces hypothèses, les réserves relatives aux déchets de graphite couvrant les deux scénarios « Tri » et « Traitement » sont estimées à 22 000 m³ (volume comprenant 5000 m³ de colis primaires et 17 000 m³ de colis de stockage livrés à Cigéo).

4.2.2 Cas des colis d'enrobés bitumineux de type FA-VL

Plusieurs scénarios pour la gestion des colis d'enrobés bitumineux de Marcoule considérés aujourd'hui comme FA-VL par le CEA, sont en cours d'étude, en complément du scénario de référence du CEA (stockage en SCR) :

- une caractérisation et un tri permettant le stockage des colis de boues bitumées les moins actifs en SCR et des autres colis dans Cigéo ;
- un traitement (hypothèse entièrement prospective) avec un stockage des résidus concentrés/cendres dans Cigéo ;
- un stockage en SCI avec les déchets de graphite (si cette solution était retenue pour les déchets de graphite) ;
- un stockage dans Cigéo.

Les colis d'enrobés bitumineux de Marcoule rattachés à la catégorie FA-VL inscrits en réserve représentent un volume de colis de stockage d'environ 39 000 m³. Ce volume est obtenu en considérant que les colis (31 970) sont placés par 4 dans des conteneurs de type CBFK-B de volume unitaire 4,9 m³. Le volume de colis primaires équivalent est d'environ 12 150 m³.

4.2.3 Autres déchets de type FA-VL

Un volume de colis primaires de 64 m³ de déchets des producteurs hors électronucléaire rattachés à la catégorie FA-VL est pris en compte dans les réserves.

5.

ÉTUDE SPÉCIFIQUE RELATIVE AU STOCKAGE DIRECT DE COMBUSTIBLES USÉS

L'article 6 de la loi du 28 juin 2006 dispose que « la réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs est recherchée notamment par le traitement des combustibles usés ». Les combustibles usés constituent des matières⁶ radioactives valorisables : combustibles usés des réacteurs à eau pressurisée, combustibles usés des réacteurs à neutrons rapides (RNR), combustibles usés du CEA.

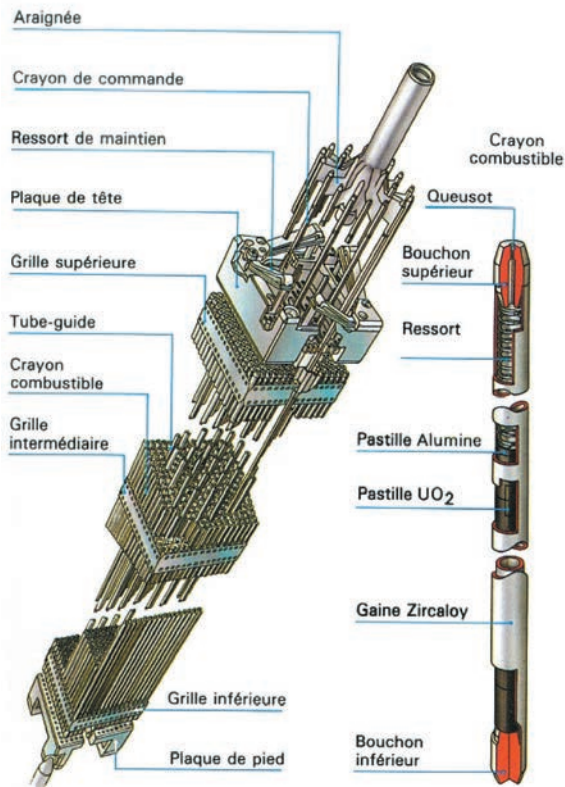


Schéma d'un combustible

La typologie des combustibles usés est la suivante :

- les combustibles des réacteurs à eau pressurisée se présentent sous forme d'assemblages de crayons contenant des pastilles de matière fissile. La hauteur d'un assemblage est d'environ 4 m :
 - > les combustibles UOX sont réalisés à partir d'uranium naturel enrichi,
 - > les combustibles MOX comportent un mélange de plutonium issu du traitement des combustibles usés UOX et d'uranium appauvri, à hauteur d'environ 7 % de plutonium et 93 % d'uranium,
 - > les combustibles URE sont fabriqués à partir d'uranium issu du traitement des combustibles usés UOX réenrichi ;
- les combustibles des réacteurs à neutrons rapides sont aussi constitués d'uranium et de plutonium, avec une teneur en plutonium de 15 à 20 %.

Le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNG-MDR) ^[4] prévoit la réalisation d'études sur les filières possibles de gestion de ces matières radioactives dans le cas où ces matières seraient à l'avenir requalifiées en déchets. Des études sur le comportement à long terme de combustibles usés UOX et MOX qui seraient stockés sans traitement préalable sont ainsi poursuivies dans le cadre d'un partenariat CEA-EDF-Andra. L'Andra a également vérifié que les concepts de stockage restent compatibles avec

l'hypothèse du stockage direct des combustibles usés. La faisabilité de principe de leur stockage a été démontrée en 2005. Ces études sont poursuivies et ont donné lieu à un rapport d'étape de l'Andra en 2012 ^[6]. Elles seront complétées d'ici 2015.

L'Andra a procédé en collaboration avec EDF à une mise à jour des hypothèses présentées dans le dossier 2005 argile pour ce qui concerne les scénarios, le périmètre de combustibles à considérer et leurs quantités.

Deux scénarios ont été étudiés à ce jour pour déterminer les inventaires de combustibles d'EDF à prendre en compte :

- un scénario variante du scénario industriel des producteurs. Comme ce dernier, cette variante fait l'hypothèse d'une durée moyenne d'exploitation de 50 ans pour les 59 tranches REP (et EPR de Flamanville) mais, à la différence du scénario industriel, il limite le traitement des combustibles usés aux seuls combustibles UOX des réacteurs à eau pressurisée. Il conduirait au stockage direct de l'ordre de 14 400 assemblages de types URE et MOX (REP et RNR Superphénix) correspondant à environ 6 300 tML de combustibles. Ce scénario variante pourrait correspondre à une hypothèse de non-déploiement d'un futur parc de réacteurs à neutrons rapides. Ce sont en effet ces réacteurs de 4^e génération qui justifient, dans le scénario industriel, le traitement des combustibles MOX (REP et RNR) et URE du fait des importantes quantités de plutonium nécessaires à leur démarrage. En revanche, ce scénario suppose que l'ensemble du plutonium issu du traitement des UOX est mono-recyclé dans des réacteurs de 2^e et 3^e génération aptes à l'utiliser sous forme de combustible MOX ;
- un scénario de non-renouvellement de la production électronucléaire (scénario 2 de l'édition 2012 de l'Inventaire national) avec l'hypothèse d'une durée d'exploitation de 40 ans du parc électronucléaire et un arrêt du traitement des combustibles à l'horizon 2019 en vue d'un stock de plutonium nul à terminaison. Ce scénario destinerait au stockage direct de l'ordre de 57 000 assemblages correspondant à environ 28 000 tML de combustibles de types UOX, URE et MOX (REP et RNR).

⁶ L'article L.542-1-1 du Code de l'environnement qualifie de matière radioactive « une substance radioactive pour laquelle une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement ».

Bien que les inventaires découlant de chacun des deux scénarios présentés ci-avant soient potentiellement appelés à évoluer, la typologie des combustibles à considérer est stabilisée. Elle comprend différents types de combustibles REP issus de gestions passées, actuelles ou à venir : combustibles UOX et MOX pouvant présenter des enrichissements en ²³⁵U et en plutonium variables, combustibles URE utilisant une partie de l'uranium issu du traitement (URT).

L'estimation des déchets HA produits par les deux scénarios est donnée par les tableaux 5.1 et 5.2 ci-après.

TABLEAU 5.1 DÉCHETS HA PRODUITS PAR LE SCÉNARIO VARIANTE DU SCÉNARIO INDUSTRIEL DÉFINI PAR LES PRODUCTEURS

Intitulé	Quantité
Combustibles usés URE des réacteurs à eau pressurisée	2 150 tML (~ 4 700 assemblages)
Combustibles usés MOX des réacteurs à eau pressurisée	4 000 tML (~ 8 700 assemblages)
Combustibles usés du réacteur RNR Superphénix	180 tML (~ 1 000 assemblages)
Déchets vitrifiés ⁷	8 100 m ³

Le volume moyen d'un assemblage étant d'environ 0,2 m³

TABLEAU 5.2 DÉCHETS HA PRODUITS PAR LE SCÉNARIO DE NON-RENOUVELLEMENT DE LA PRODUCTION ÉLECTRONUCLÉAIRE

Intitulé	Quantité
Combustibles usés UOX et URE des réacteurs à eau pressurisée	25 400 tML (~ 50 000 assemblages)
Combustibles usés MOX des réacteurs à eau pressurisée	2 800 tML (~ 6 000 assemblages)
Combustibles usés du réacteur RNR Superphénix	180 tML (~ 1 000 assemblages)
Déchets vitrifiés ⁷	3 500 m ³

Le volume moyen d'un assemblage étant d'environ 0,2 m³.

⁷ Y compris ceux produits par le traitement des CU des réacteurs UNGG



6. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- [1] Projet Cigéo – *Le dossier du maître d'ouvrage* – Andra 2013.
- [2] *Rapport préalable au débat public sur le projet de stockage géologique profond de déchets radioactifs Cigéo* - Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire - 28 mars 2013.
- [3] Édition 2012 de l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs* - Andra 2012.
- [4] *Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs*.
- [5] *Programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité* - Période 2009-2020 - Rapport au Parlement.
- [6] *Études relatives au stockage direct des combustibles REP et RNR* - Andra 2012.

GLOSSAIRE

Conteneur C1PG : Conteneur cylindrique en béton hautes performances de 910 litres utiles.

Conteneur CBFK-B : Conteneur cubique en béton-fibres.

CSD-x : Conteneur standard de déchets en acier inoxydable utilisé sur La Hague.

MOX : Mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium fabriqué à partir de plutonium issu du traitement et d'uranium appauvri.

UNGG : Réacteur de 1ère génération de la filière Uranium Naturel-Graphite-Gaz.

RCD : Reprise et conditionnement de déchets.

REP : Réacteur à eau pressurisée.

RNR : Réacteur à neutrons rapides.

URE : Uranium de recyclage enrichi.

URT : Uranium de recyclage issu du traitement des combustibles usés.



**AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION
DES DÉCHETS RADIOACTIFS**

1/7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex
Tél. 01 46 11 80 00

www.andra.fr