

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 5/94

## SYNTHESE

Ce document présente les spécifications de production et d'entreposage des colis C1PG<sup>SP</sup> de déchets Moyenne Activité à Vie Longue (MAVL) produits par EDF sur l'Installation de Conditionnement et d'Entreposage de Déchets Activés (ICEDA) et destinés in fine au stockage profond.

Ces déchets sont issus du démantèlement des réacteurs nucléaires de première génération, de Creys-Malville, de Fessenheim et également de l'exploitation, de la maintenance et d'éventuelles modifications des réacteurs nucléaires du parc français actuel : ils correspondent aux familles élémentaires EDF-080 (précisément EDF-080A pour les colis de DAE à dominante énergétique <sup>60</sup>Co et EDF-080B pour les colis de DAE chargés en complément d'<sup>108m</sup>Ag), EDF-090 et EDF-100 identifiées dans le Programme Industriel de Gestion des Déchets (PIGD) de CIGEO.

Ce document est rédigé conformément aux exigences de l'arrêté INB [1] relatives au conditionnement des déchets destinés à des installations de stockage de déchets radioactifs à l'étude ainsi qu'aux exigences des Décisions N° 2017-DC-0587 et N° 2023-068099 [44] relative au conditionnement des déchets radioactifs, notamment dans ICEDA, et aux conditions d'acceptation des colis de déchets radioactifs dans les installations nucléaires de base de stockage.

Il constitue la version publique de la pièce n°1 du référentiel de conditionnement associé.

Il présente :

- La description des déchets MAVL susceptibles d'être conditionnés et entreposés sur ICEDA ;
- Les spécifications d'acceptation des déchets MAVL sur ICEDA ;
- La méthodologie de caractérisation radiologique des déchets MAVL ;
- Les contrôles réalisés permettant de vérifier le respect des spécifications d'acceptation des déchets et des colis sur ICEDA ;
- Les caractéristiques des colis C1PG<sup>SP</sup> MAVL ;
- Les modalités de fabrication des colis C1PG<sup>SP</sup> MAVL ;
- Les spécifications d'acceptation et la gestion des colis en phase entreposage ;
- Les paramètres importants du procédé et de l'entreposage garantissant la qualité de cette fabrication et la conformité des colis C1PG<sup>SP</sup> MAVL ;
- Les éléments de justification de la compatibilité des caractéristiques attendues des colis MAVL avec les modes de transport envisagés.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 6/94

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>EVOLUTION DU DOCUMENT.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJET .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>DOCUMENTS DE REFERENCE .....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIPTION DES DECHETS MAVL CONDITIONNES ET ENTREPOSES SUR ICEDA .....</b>	<b>12</b>
4.1	DÉCHETS MAVL ISSUS DE L'EXPLOITATION DU PARC REP (EDF-080A ET EDF-080B) 13	
4.1.1	Description qualitative .....	13
4.1.2	Compositions chimiques des crayons de grappes de commande et DDG RIC.....	14
4.1.3	Masses volumiques équivalentes .....	18
4.1.4	Caractéristiques dimensionnelles des crayons de grappes fixes et mobiles .....	19
4.1.5	Espèces chimiques toxiques des DAE .....	20
4.1.6	Inventaire quantitatif de déchets DAE .....	20
4.1.7	Inventaire radiologique .....	21
4.1.8	Inventaire quantitatif de colis de déchets DAE.....	24
4.2	DECHETS MAVL ISSUS DU DEMANTELEMENT DES CENTRALES.....	24
4.2.1	Description qualitative .....	24
4.2.2	Caractéristiques dimensionnelles .....	25
4.2.3	Compositions chimiques des DAD .....	26
4.2.4	Espèces chimiques toxiques des DAD .....	31
4.2.5	Inventaire quantitatif de déchets DAD .....	31
4.2.6	Inventaire radiologique .....	32
4.2.7	Inventaire quantitatif de colis de déchets DAD .....	33
<b>5</b>	<b>SPECIFICATIONS D'ACCEPTATION DES DECHETS MAVL ET LEUR CONDITIONNEMENT EN COLIS A ICEDA.....</b>	<b>33</b>
5.1	SPECIFICATIONS RADIOLOGIQUES.....	34
5.1.1	Formalisme .....	34
5.1.2	Activité maximale autorisée par déchet élémentaire.....	34
5.1.3	Activité maximale autorisée par colis.....	35
5.1.4	Hypothèses structurantes du programme de qualification des colis.....	37
5.2	SPECIFICATIONS PHYSICO-CHIMIQUES .....	38
5.2.1	Déchets autorisés sans restriction.....	38
5.2.2	Déchets autorisés avec restriction.....	38
5.2.3	Déchets interdits .....	39

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

5.3	LIMITE DE PUISSANCE THERMIQUE PAR COLIS .....	40
5.4	LIMITE DE MASSE PAR COLIS .....	41
<b>6</b>	<b>METHODE DE CARACTERISATION RADIOLOGIQUE DES DECHETS MAVL41</b>	
6.1	PRINCIPES GENERAUX.....	41
6.2	ETABLISSEMENT DES RATIOS D'ACTIVATION.....	42
6.2.1	Présentation de la démarche : activation des structures.....	42
6.2.2	Définition d'un ratio .....	44
6.3	ETABLISSEMENT DES FORFAITS DE CONTAMINATION .....	44
6.4	INCERTITUDES ASSOCIEES A L'ACTIVITÉ RADIOLOGIQUE DES DECHETS MA-VL RECEPTIONNES ET CONDITIONNES DANS ICEDA.....	45
6.4.1	Incertitudes associées au calcul des ratios d'activation .....	45
6.4.2	Incertitudes associées aux activités mesurées par spectrométrie gamma.....	47
6.4.3	Incertitude associée aux inventaires radiologiques.....	48
6.7	EXEMPLE DES BARRES DE COMMANDE DE BUGEY 2 .....	50
<b>7</b>	<b>RESPECT DES SPECIFICATIONS D'ACCEPTATION DES DECHETS ET LEUR CONDITIONNEMENT EN COLIS A ICEDA.....</b>	<b>51</b>
7.1	RESPECT DES SPECIFICATIONS D'ACCEPTATION DES DECHETS A ICEDA.....	51
7.1.1	Déclaration des déchets via l'outil informatique dédié .....	51
7.1.2	Acceptation et validation de l'expédition des déchets vers ICEDA.....	52
7.1.3	Réception des déchets sur ICEDA.....	52
7.1.4	Gestion des non-conformités.....	52
7.2	PRINCIPES DE REPARTITION DES DÉCHETS EN PANIER.....	52
7.2.1	Remplissage des DAD en panier.....	52
7.2.2	Remplissage des DAE en panier.....	53
7.3	RESPECT DES SPECIFICATIONS DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS EN COLIS A ICEDA.....	54
7.3.1	Activité maximale par colis .....	54
7.3.2	Puissance thermique par colis.....	54
<b>8</b>	<b>DESCRIPTIF, CARACTERISTIQUES DES COLIS PRODUITS ET ELEMENTS RELATIFS A LEUR STABILITE PHYSICO-CHIMIQUE.....</b>	<b>55</b>
8.1	DESCRIPTIF DU COLIS C1PG <sup>SP</sup> .....	55
8.1.1	Descriptif du conteneur .....	55
8.1.2	Descriptif du panier de déchets .....	56
8.1.3	Modes d'identification.....	57
8.1.4	Descriptif du blocage des déchets en panier .....	58
8.1.5	Descriptif du calage du panier de déchets en conteneur .....	58
8.1.6	Descriptif du bouchon de fermeture du colis.....	58
8.1.7	Masse du colis .....	58
8.2	CARACTERISTIQUES RADIOLOGIQUES DU COLIS C1PG <sup>SP</sup> .....	59

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 8/94

8.2.1	Débit de dose .....	59
8.2.2	Puissance thermique.....	60
8.2.3	Contamination surfacique.....	61
8.2.4	Matières fissiles.....	61
8.3	CARACTERISTIQUES MECANIQUES DU COLIS C1PG <sup>SP</sup> .....	61
8.3.1	Taux de vide et porosité .....	61
8.3.2	Comportement à la chute .....	62
8.3.3	Résistance au gerbage .....	62
8.4	AUTRES CARACTERISTIQUES.....	63
8.4.1	Confinement.....	63
8.4.2	Tenue au feu .....	63
8.4.3	Comportement thermique du colis.....	63
<b>9</b>	<b>MODALITES DE FABRICATION DES COLIS DE DECHETS .....</b>	<b>64</b>
9.1	LOGISTIQUE DE RÉPARTITION DES DECHETS DANS LES COLIS.....	64
9.1.1	Logistique de répartition des déchets arrivant sur ICEDA préconditionnés en paniers .....	64
9.1.2	Logistique de répartition des déchets arrivant sur ICEDA en étuis .....	64
9.2	PREPARATION ET TRI DES DECHETS .....	64
9.2.1	Poste de découpe des déchets .....	65
9.2.2	Reconditionnement de paniers.....	66
9.3	CARACTERISATION RADIOLOGIQUE .....	66
9.4	FABRICATION ET TRANSFERT EN CELLULE DU COULIS DE BLOCAGE.....	67
9.4.1	Fabrication du coulis de blocage .....	67
9.4.2	Transfert du coulis.....	68
9.5	BLOCAGE DES DECHETS.....	68
9.6	EVACUATION DES PANIERS VERS LA CELLULE DE CALAGE/BOUCHAGE : CAISSON DE NETTOYAGE ET DE CONTROLE DU PANIER BLOQUE .....	69
9.6.1	Cinématique .....	69
9.6.2	Gestion des effluents de lavage .....	70
9.7	FABRICATION ET TRANSFERT EN CELLULE DU COULIS DE CALAGE .....	70
9.7.1	Fabrication du coulis de calage par l'unité de préparation des coulis .....	70
9.7.2	Transfert du coulis.....	70
9.8	CALAGE .....	70
9.9	FABRICATION ET TRANSFERT EN CELLULE DU BETON DE BOUCHAGE.....	71
9.9.1	Fabrication du béton de bouchage par l'unité de préparation dédiée.....	71
9.9.2	Transfert du béton.....	71
9.10	BOUCHAGE DES COLIS.....	72
9.11	CONTROLES DU COLIS FINI .....	73
9.12	GESTION DES EAUX RÉSIDUELLES DE CURE DU CALAGE ET DU BOUCHAGE..	73

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 9/94

<b>10</b>	<b>GESTION DES COLIS EN PHASE ENTREPOSAGE .....</b>	<b>73</b>
10.1	DUREE D'ENTREPOSAGE DES COLIS MAVL SUR ICEDA.....	74
10.2	SPECIFICATIONS D'ACCEPTATION POUR L'ENTREPOSAGE DES COLIS SUR ICEDA 74	
10.2.1	Limites radiologiques.....	74
10.2.2	Limite de puissance thermique totale en hall d'entreposage.....	74
10.3	TRACABILITE DES COLIS ET RESPECT DES SPECIFICATIONS D'ENTREPOSAGE	75
10.4	SURVEILLANCE .....	75
10.5	ANALYSE DU COMPORTEMENT DU COLIS DURANT LA PHASE D'ENTREPOSAGE PREALABLE A LEUR STOCKAGE .....	76
<b>11</b>	<b>PARAMETRES IMPORTANTS DU PROCEDE DE CONDITIONNEMENT ET DE L'ENTREPOSAGE GARANTISSANT LA QUALITE DE FABRICATION ET LA CONFORMITE DES COLIS C1PG<sup>SP</sup> .....</b>	<b>76</b>
11.1	PARAMETRES GARANTIS ET COMPLEMENTAIRES A LA PRODUCTION .....	76
11.1.1	Paramètres relatifs aux approvisionnements .....	76
11.1.2	Paramètres garantis relatifs aux déchets.....	77
11.1.3	Paramètres relatifs au procédé .....	78
11.2	PARAMÈTRES GARANTIS RELATIFS AU COLIS FINI .....	81
11.3	PARAMETRES GARANTIS ET COMPLÉMENTAIRES À L'ENTREPOSAGE.....	82
11.4	PARAMETRES GARANTIS ET COMPLEMENTAIRES A L'EXPEDITION .....	82
<b>12</b>	<b>TRANSPORT .....</b>	<b>83</b>
<b>ANNEXE 1 – INVENTAIRES RADIOLOGIQUES D'ACTIVATION DES DAE DU PARC REP</b> .....		<b>85</b>
<b>ANNEXE 2 – INVENTAIRES RADIOLOGIQUES D'ACTIVATION DES DAD .....</b>		<b>86</b>

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 10/94

## 1 EVOLUTION DU DOCUMENT

Indice	Modifications
A	Création du document : ce document correspond à la version publique de la note D305615009088 à l'indice H : « Projet ICEDA – Référentiel de conditionnement des déchets MAVL. Pièce n°1 : Spécifications de production et d'entreposage des colis C1PG <sup>SP</sup> ». A ce titre, les barres de révision dans le présent document correspondent aux évolutions entre l'indice G et l'indice H de la note D305615009088

## 2 OBJET

Ce document présente les spécifications de production et d'entreposage des colis C1PG<sup>SP</sup> 1 de déchets Moyenne Activité à Vie Longue (MAVL) produits par EDF sur l'Installation de Conditionnement et d'Entreposage de Déchets Activés (ICEDA) et destinés in fine au stockage profond.

Ces déchets sont issus du démantèlement des réacteurs nucléaires de première génération, de Creys-Malville, de Fessenheim et également de l'exploitation, de la maintenance et d'éventuelles modifications des réacteurs nucléaires du parc français actuel : ils correspondent aux familles élémentaires EDF-080 (précisément EDF-080A pour les colis de DAE à dominante énergétique <sup>60</sup>Co et EDF-080B pour les colis de DAE chargés en complément d'<sup>108m</sup>Ag), EDF-090 et EDF-100 identifiées dans le Programme Industriel de Gestion des Déchets (PIGD) de CIGEO.

Ce document est rédigé conformément aux exigences de l'arrêté INB [1] relatives au conditionnement des déchets destinés à des installations de stockage de déchets radioactifs à l'étude ainsi qu'aux exigences des Décisions N° 2017-DC-0587 et N° 2023-068099 [44] relative au conditionnement des déchets radioactifs, notamment dans ICEDA, et aux conditions d'acceptation des colis de déchets radioactifs dans les installations nucléaires de base de stockage.

Il constitue la version publique de la pièce n°1 du référentiel de conditionnement associé et présente :

- La description des déchets MAVL susceptibles d'être conditionnés et entreposés sur ICEDA ;
- Les spécifications d'acceptation des déchets MAVL sur ICEDA ;
- La méthodologie de caractérisation radiologique des déchets MAVL ;
- Les contrôles réalisés permettant de vérifier le respect des spécifications d'acceptation des déchets et des colis sur ICEDA ;
- Les caractéristiques des colis C1PG<sup>SP</sup> MAVL ;
- Les modalités de fabrication des colis C1PG<sup>SP</sup> MAVL ;
- Les spécifications d'acceptation et la gestion des colis en phase entreposage ;
- Les paramètres importants du procédé et de l'entreposage garantissant la qualité de cette fabrication et la conformité des colis C1PG<sup>SP</sup> MAVL ;
- Les éléments de justification de la compatibilité des caractéristiques attendues des colis MAVL avec les modes de transport envisagés.

<sup>1</sup> SP signifie Sans Polystyrène

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 11/94

A noter que l'acceptation pour le conditionnement et l'entreposage des déchets de démantèlement de Fessenheim ainsi que pour l'entreposage des crayons sources de Fessenheim, tels qu'intégrés dans le présent référentiel, fait l'objet d'une demande de modification du Décret d'Autorisation de Création (DAC) d'ICEDA en cours d'instruction au titre de l'article R593-48 du Code de l'Environnement. Ces déchets ne pourront être acceptés à ICEDA avant obtention du DAC modifié.

### 3 DOCUMENTS DE REFERENCE

- [1] Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base
- [2] []
- [3] []
- [4] []
- [5] []
- [6] []
- [7] []
- [8] []
- [9] []
- [10] []
- [11] []
- [12] []
- [13] []
- [14] []
- [15] []
- [16] []
- [17] []
- [18] []
- [19] []
- [20] []
- [21] []
- [22] []
- [23] D305615009088 ind H : Projet ICEDA – Référentiel de conditionnement des déchets MAVL. Pièce n°1 : spécifications de production et d'entreposage des colis C1PG<sup>SP</sup>
- [24] D305615010794 ind H : Projet ICEDA – Référentiel de conditionnement des déchets MAVL. Pièce n°2 : programme de qualification des colis C1PG<sup>SP</sup>
- [25] D305615010796 ind H : – Projet ICEDA – Référentiel de conditionnement des déchets MAVL – Pièce n°3 : plan de contrôles du procédé et des colis C1PG<sup>SP</sup>
- [26] []

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice : Page 12/94

[27] []

[28] []

[29] []

[30] []

[31] []

[32] []

[33] []

[34] []

[35] []

[36] []

[37] []

[38] []

[39] []

[40] []

[41] []

[42] []

[43] []

[44] []

[45] Décision ASN CODEP-DRC-2023-068099 du 18 décembre 2023 approuvant et encadrant le conditionnement en colis C1PG<sup>SP</sup> de déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) produits par EDF dans l'installation nucléaire de base n° 173, dénommée Iceda

[46] []

#### 4 DESCRIPTION DES DECHETS MAVL CONDITIONNES ET ENTREPOSES SUR ICEDA

L'installation ICEDA a pour but de conditionner et d'entreposer les déchets radioactifs produits dans le cadre :

- Du programme EDF de démantèlement des centrales nucléaires de première génération, de Creys-Malville et de Fessenheim (autrement dénommés Déchets Activés de Démantèlement (DAD)) ;
- De l'exploitation, de la maintenance et d'éventuelles modifications des centrales nucléaires à eau pressurisée (autrement dénommés Déchets Activés d'Exploitation (DAE)).

La connaissance à date de ces déchets fait l'objet de dossiers de connaissances cohérents avec le PIGD VE (Programme Industriel de Gestion des Déchets, Version E). Ces dossiers font l'objet des références [26] et [37] qui pourront être mises à jour au fur et à mesure de l'avancée des connaissances sur ces déchets. En synthèse, les paragraphes suivants fournissent néanmoins une description physique illustrative de ces déchets dont les activités radiologiques sont par ailleurs fournies en annexes en l'état actuel de nos connaissances.

	<p align="center"><b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b></p>		
<p>DP2D_FD-DP2D</p>	<p>Référence : D455524009195</p>	<p>Indice :</p>	<p>Page 13/94</p>

## 4.1 DÉCHETS MAVL ISSUS DE L'EXPLOITATION DU PARC REP (EDF-080A ET EDF-080B)

### 4.1.1 Description qualitative

Les déchets activés MAVL destinés à être conditionnés et entreposés sur ICEDA sont notamment issus du remplacement périodique des grappes et des Doigts De Gant RIC (DDG RIC) des réacteurs REP (paliers CP0, CPY, P4, P'4 et N4). Les divers éléments sont entreposés sélectivement dans des étuis de regroupement de façon à optimiser le volume entreposé dans les piscines de désactivation des Bâtiments du Combustible (BK).

Ces matériels, du fait de leur exposition sous le flux neutronique du cœur, subissent une activation qui conduit à la création de radioéléments dont les plus représentatifs à leur date de réception sur ICEDA, après une période de décroissance en piscine, sont le <sup>60</sup>Co, le <sup>63</sup>Ni, l'<sup>108m</sup>Ag, le <sup>113m</sup>Cd, le <sup>55</sup>Fe, et le <sup>59</sup>Ni. Une liste plus exhaustive des radionucléides dont la somme contribue à hauteur de 99,9% de l'activité radiologique des déchets intègre alors les radioéléments <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C, <sup>39</sup>Ar, <sup>109</sup>Cd, <sup>110m</sup>Ag et <sup>94</sup>Nb qui sont également représentatifs des déchets à conditionner. L'ensemble de ces radionucléides sont d'ailleurs retenus pour l'établissement du domaine de fonctionnement de l'installation ICEDA (cf. § 5.1.2 et 5.1.3).

Trois principaux types de déchets d'exploitation sont actuellement concernés par un conditionnement au sein d'ICEDA : les grappes fixes, les grappes de commande mobiles et les doigts de gants RIC.

#### 4.1.1.1 Grappes de commande fixes et mobiles

Les **grappes fixes** sont constituées de Crayons Bouchons (CB) et / ou de Crayons Poisons (CP) et d'une "tête" faisant office de dispositif de maintien (appelée TP).

Les caractéristiques des grappes fixes sont les suivantes :

- les têtes ont une masse entre 2,5 et 3 kg selon le type de réacteur ;
- les crayons poisons ont une longueur d'environ 4 m et une masse moyenne de presque 1 kg ;
- les crayons bouchons ont une longueur de 15 ou 22 cm selon le type de réacteur et une masse moyenne d'environ 100 grammes.

Parmi les **grappes mobiles** sont distinguées :

- les grappes de régulation, constituées de grappes "noires" et de grappes "grises" ;
- les grappes d'arrêt, uniquement constituées de grappes "noires".

Les grappes « noires » et « grises » sont constituées d'une araignée de maintien (appelée TC<sup>2</sup>) et de 24 crayons. Les grappes « noires » sont constituées de 24 Crayons Absorbants (CA) contenant différents types de neutrophages, en fonction des types de réacteurs : absorbants AIC (Argent, Indium, Cadmium) sur les réacteurs 900 MW ou AIC+B<sub>4</sub>C (Carbure de Bore) sur les réacteurs 1300 et 1450 MW. Les grappes « grises » sont constituées de CA en AIC et de Crayons Inox (CI).

<sup>2</sup> Les araignées de maintien dites encore têtes de grappes mobiles (TC) sont des déchets FMA-VC évacués directement depuis les CNPE vers le CSA sans conditionnement/entreposage à ICEDA : leur inventaire n'est pas intégré dans l'inventaire des C1PG<sup>SP</sup> MAVL qui seront produits et entreposés à ICEDA puis stockés à CIGEO.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

Le contenu d'un étui est fixé de manière conservatoire à 280 crayons de l'ordre de 4 m de long. La masse des crayons varie de l'ordre de 1,5 à 3 kg selon le type de crayon et le type de réacteur. Les grappes de crayons bouchons sont par ailleurs disposées telles que (ie. tête et crayons non dissociés) dans les étuis.

#### 4.1.1.2 Doigts de Gant RIC

Les Doigts De Gant RIC (DDG RIC) sont les tubes supports de l'instrumentation du cœur. En fonction de l'usure, ces tubes sont sortis de la cuve du réacteur puis tronçonnés en morceaux de longueurs variant de 0,2 à 3,5 m.

Le contenu d'un étui est fixé de manière conservatoire à 100 tronçons de 3,5 m.

Les doigts de gant RIC sont en acier inoxydable AISI 316 et ont une masse linéique de 231 g/m pour tous les paliers (900 MW, 1300 MW, 1450 MW).

La composition chimique élémentaire de l'AISI 316 est donnée au paragraphe 4.1.2 suivant.

Les doigts de gants RIC ne sont pas recouverts de téflon.

#### 4.1.2 Compositions chimiques des crayons de grappes de commande et DDG RIC

Toutes les grappes sont principalement constituées d'un tube en acier inoxydable à l'intérieur duquel est inséré un matériau neutrophage ou inerte :

- pour les crayons absorbants, de l'AIC seul ou de l'AIC et du B<sub>4</sub>C au sein de grappes grises ou noires en fonction du type de tranches REP concernées ;
- pour les crayons poisons, du Pyrex ;
- pour les crayons inertes ou bouchons, des cales creuses ou pleines en acier inoxydable.

Les têtes de grappes sont constituées d'acier inoxydable.

Les compositions chimiques des DAE des grappes fixes sont les suivantes :

Matériel	Désignation	Matériaux	Masse (g) et proportion massique						
			Palier 900 MW		Palier 1300 MW		Palier 1450 MW		
Grappes fixes	Systèmes de maintien (TP)	Ressort	Inconel 718	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
		Barre d'appui	AISI 304L	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Guide							
		Plaque + écrou							
	TOTAL			[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
	Crayon poison (CP)	Bouchon sup.	AISI 308	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Bouchon inf.							
		Tube Pyrex	Pyrex	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Tube entretoise	AISI 304L	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Tube de gainage							
	TOTAL			[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
Crayon bouchon (CB)	Crayon bouchon	AISI 304L	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span>

Matériel	Désignation	Matériaux	Masse (g) et proportion massique					
			Palier 900 MW		Palier 1300 MW		Palier 1450 MW	
	<b>TOTAL</b>		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

Les compositions chimiques des DAE des grappes mobiles et des doigts de gant RIC sont les suivantes :

Matériel	Désignation	Matériaux	Masse (g) et proportion massique (masse linéaire en g/m pour DDG RIC)					
			Palier 900 MW		Palier 1300 MW		Palier 1450 MW	
Grappes mobiles	<b>Bouchon sup.</b>	AISI 308	-	-	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	<b>Bouchon inf.</b>							
	<b>Ressort</b>	Inconel 718	-	-	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	<b>Tube de gainage</b>	AISI 316L	-	-	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	<b>Absorbant</b>	B4C	-	-	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
		AIC	-	-	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	<b>TOTAL</b>			-	-	[ ]	[ ]	[ ]
	<b>Bouchon sup.</b>	AISI 304L (900 MW) AISI 308 (1300/1450 MW)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	<b>Bouchon inf.</b>							
	<b>Ressort</b>	AISI 302	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	<b>Tube de gainage</b>	AISI 316L	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	<b>Absorbant</b>	AIC	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	<b>TOTAL</b>			[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span>

Matériel	Désignation	Matériaux	Masse (g) et proportion massique (masse linéaire en g/m pour DDG RIC)							
			Palier 900 MW		Palier 1300 MW		Palier 1450 MW			
Grappes mobiles	Crayon inox 900 (CI)	Ressort	Inconel 718	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Barre d'appui	AISI 304L	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Guide				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Cales pleines				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Bouchon inf.				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
	<b>TOTAL</b>	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]			
	Crayon inox 1300 et 1450 (CI)	Bouchon sup.	AISI 308	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Bouchon inf.	AISI 302	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Ressort				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Tube de gainage				AISI 316L	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
		Cales pleines				AISI 304L	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	<b>TOTAL</b>	-	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]			
	Tête de grappe (TC)	Ressort	Inconel 718	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Bague de tenue	AISI 630	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Pommeau	AISI 304L	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Ailette				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
		Doigt				[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	
	<b>TOTAL</b>	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]			
Doigts de gants RIC (DDG RIC)	DDG RIC	AISI 316	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]		
	<b>TOTAL</b>	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]			

La composition chimique du pyrex est la suivante :

Elément chimique	Pyrex
SiO <sub>2</sub>	[ ]
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	[ ]
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	[ ]
Na <sub>2</sub> O	[ ]
CaO	[ ]
MgO	[ ]

La composition chimique de l'acier 316L est la suivante :

Elément chimique	316L
Cr	[ ]
Fe	[ ]
Mn	[ ]
Mo	[ ]
Ni	[ ]

La composition chimique de l'acier AISI 316 est la suivante :

Elément chimique	AISI 316
Cr	[ ]
Fe	[ ]
Mn	[ ]
Mo	[ ]
Ni	[ ]

La composition chimique de l'inconel 718 est la suivante :

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 17/94

Elément chimique	Inconel 718
Cr	[ ]
Fe	[ ]
Mo	[ ]
Nb	[ ]
Ni	[ ]

La composition chimique de l'acier AISI 630 est la suivante :

Elément chimique	AISI 630
Cr	[ ]
Cu	[ ]
Fe	[ ]
Ni	[ ]

La composition chimique de l'acier AISI 304L est la suivante :

Elément chimique	304L
Cr	[ ]
Fe	[ ]
Mn	[ ]
Ni	[ ]

La composition chimique de l'acier AISI 308 est la suivante :

Elément chimique	AISI 308
Cr	[ ]
Fe	[ ]
Mn	[ ]
Ni	[ ]

La composition chimique de l'acier AISI 302 est la suivante :

Elément chimique	AISI 302
Cr	[ ]
Fe	[ ]
Ni	[ ]

La composition chimique de l'AIC est la suivante :

Elément chimique	AIC
Ag	[ ]
Cd	[ ]
In	[ ]

La composition chimique du B4C est la suivante :

Elément chimique	B4C
B	[ ]
C	[ ]

Les éléments suivants contiennent un alliage de nickel (Inconel 718) :

- Ressort de tête de grappe fixe ;

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice : Page 18/94

- Ressort de tête de grappe mobile ;
- Ressort des crayons absorbants AIC/B4C des paliers 1300 et 1450 MW ;
- Ressort des crayons inox des paliers 900 MW.

#### 4.1.3 Masses volumiques équivalentes

Les masses volumiques équivalentes des déchets activés d'exploitation sont les suivantes :

##### Grappes mobiles noires

Crayons absorbants : 9300 kg/m<sup>3</sup> pour l'AIC 900 MW, 5274 kg/m<sup>3</sup> pour l'AIC/B4C 1300 MW, 5792 kg/m<sup>3</sup> pour l'AIC/B4C 1450 MW.

##### Grappes mobiles Grises

Crayons absorbants AIC 900 MW : 9300 kg/m<sup>3</sup> ; Crayons inox 900 MW : 8269 kg/m<sup>3</sup> ; Crayons absorbants AIC 1300/1450 MW : 8962 kg/m<sup>3</sup> ; Crayons inox 1300/1450 MW : 5219 kg/m<sup>3</sup>.

##### Grappes fixes

Crayons poison 900 MW : 2974 kg/m<sup>3</sup> ; Crayons bouchon 900 MW : 6170 kg/m<sup>3</sup> ; Crayons poison 1300/1450 MW : 2980 kg/m<sup>3</sup> ; Crayons bouchon 1300/1450 MW : 5004 kg/m<sup>3</sup>.

##### Doigts de gants RIC

DDG RIC 900 MW : 4100 kg/m<sup>3</sup> ; DDG RIC 1300/1450 MW : 5017 kg/m<sup>3</sup>.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice : Page 19/94

#### 4.1.4 Caractéristiques dimensionnelles des crayons de grappes fixes et mobiles

<u>Grappes Poisons</u>		Longueur		Diamètre		Epaisseur	
		900 MW	1300 MW	900 MW	1300 MW	900 MW	1300 MW
<b>Tête</b>		[ ]					
<b>Crayon POISON</b>	Bouchon supérieur						
	Tube de gainage						
	Tube Pyrex						
	Bouchon inférieur						
	<i>Total</i>						
<b>Crayon BOUCHON (court)</b>	Barreaux inox						
	Bouchon						
	<i>Total</i>						
<u>Grappes de Commande</u>							
		900 MW	1300 MW	900 MW	1300 MW	900 MW	1300 MW
<b>Araignée</b>		[ ]					
<b>Crayon ABSORBANT AIC</b>	Tube de gainage						
	Bouchon inférieur						
	Bouchon supérieur						
	Absorbant AIC						
	<i>Total</i>						
<b>Crayon ABSORBANT AIC/B4C</b>	Tube de gainage						
	Bouchon inférieur						
	Bouchon supérieur						
	Absorbant AIC						
	Absorbant B4C						
	<i>Total</i>						
<b>Crayon INOX (long)</b>	Tube de gainage						
	Bouchon inférieur						
	Bouchon supérieur						
	Cale Inox						
	<i>Total</i>						

(1) 1444 mm pour le crayon 1450 MW

(2) 2695 mm pour le crayon 1450 MW

(3) Cale pleine sur le 900 MW, creuse sur le 1300/1450 MW

Extrait du dossier de connaissances [26], données exprimées en mm, données identiques pour les tranches 1300 et 1450 MW sauf si annotations.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

#### 4.1.5 Espèces chimiques toxiques des DAE

La présence de certaines espèces chimiques doit donner lieu à déclaration auprès de l'ANDRA. Considérant le référentiel du CSA en la matière (cf. [27]), les espèces concernées associées à leurs seuils d'identification sont les suivantes :

Espèce chimique toxique	Seuil d'identification dans les déchets (ppm massique)
Plomb	100
Bore	20
Nickel	20
Chrome total	100
Chrome VI	10 (*)
Arsenic	10
Antimoine	10
Sélénium	10
Cadmium	10
Mercuré	10
Beryllium	10
Cyanures	10

Les déchets destinés à ICEDA classés en familles (DAE, DAD) font l'objet d'une évaluation relative à ces substances chimiques (cf.[28]) dont la teneur est indiquée dans le tableau suivant avec en grisé les valeurs supérieures au seuil d'identification :

- Déchets inox, provenant des étuis de transports de DAE,
- AIC gainé, provenant des DAE des REP,
- B4C gainé, provenant des DAE des REP,
- Pyrex gainé, provenant des DAE des REP.

Toxiques chimiques	Déchets Inox (ppm)	AIC gainé (ppm)	B4C gainé (ppm)	Pyrex gainé (ppm)
Pb	1.08E-02	7.60E-01	2.30E-02	2.98E-01
B	7.89E-03	3.27E-02	1.66E+05	0.00E+00
Ni	2.30E+01	1.21E+00	1.60E+04	3.83E-01
Cr	7.89E-03	2.04E-02	5.35E+03	1.55E+00
Cr <sup>VI</sup>	5.26E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
As	1.05E-03	1.06E-01	2.83E-01	1.34E+00
Sb	1.84E-03	5.88E-01	1.48E-01	1.68E-01
Se	0.00E+00	4.09E-02	2.17E-01	1.94E-01
Cd	1.05E-03	4.13E+04	2.17E-01	1.94E+00
Hg	2.63E-03	4.09E-02	2.16E-01	3.87E-02
Be	1.05E-03	0.00E+00	2.16E-02	1.94E-02
CN <sup>-</sup>	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

#### 4.1.6 Inventaire quantitatif de déchets DAE

A fin 2015, environ 2 200 étuis sont entreposés dans les piscines de désactivation des BK. A la fin de l'exploitation du parc REP actuel, environ 4 000 étuis auront été produits si l'on considère une Durée De Fonctionnement (DDF) de 40 ans pour chaque tranche REP (5 000 étuis si on considère une DDF de 50 ans).

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

Selon la durée de fonctionnement des réacteurs, les déchets activés d'exploitation de type MAVL représentent, à terme, une masse totale comprise entre 1000 tonnes et 1200 tonnes :

Matériel	Masses pour une durée de fonctionnement de 40 ans	Masses pour une durée de fonctionnement de 50 ans	
		Sans tri A/B	Estimation avec tri FMAvc/MAVL des CA (*)
Têtes de grappes fixes (TP)	64 tonnes	[ ]	[ ]
Crayons poisons (CP)	42 tonnes	[ ]	[ ]
Crayons absorbants (CA)	709 tonnes	[ ]	[ ]
Crayons bouchons (CB)	53 tonnes	[ ]	[ ]
Crayons inox (CI)	82 tonnes	[ ]	[ ]
Doigts de gant RIC (DDG RIC)	60 tonnes	[ ]	[ ]
<b>TOTAL</b>	<b>1 010 tonnes</b>	<b>1 193 tonnes</b>	<b>777 tonnes</b>

Les têtes de grappes mobiles (TC) ne sont pas considérées dans cet inventaire car leur niveau d'irradiation est compatible avec un classement FMA-vc permettant une évacuation directe au Centre de Stockage de l'Aube (CSA). Les têtes de grappes fixes (ie. têtes de grappes poison) sont considérées comme des déchets MAVL.

(\* ) Le tonnage estimatif à près de 800 tonnes de DAE pour une DDF de 50 ans tient compte en dernière colonne d'une optimisation potentielle, en cours d'analyse, visant à trier les parties FMA-VC et MAVL de la plupart des crayons absorbants (cf. [38]).

**Nota** : Les étuis dans lesquels sont placés les déchets activés, qui constituent eux-mêmes in fine des déchets, sont classés Faible et Moyenne Activité à Vie courte (FMA-vc) et seront évacués vers le Centre de Stockage de l'Aube (CSA). Ils représentent une masse d'environ 500 tonnes pour une DDF de 40 ans (625 tonnes sur 50 ans).

#### 4.1.7 Inventaire radiologique

Les DAE contribuent majoritairement au dimensionnement global de l'installation ICEDA. Leurs inventaires chimiques et radiologiques sont établis selon les modalités et les hypothèses suivantes, qui garantissent leur caractère enveloppe<sup>3</sup> :

- Composition chimique des grappes : d'un point de vue chimique, les teneurs en impuretés considérées correspondent aux valeurs moyennes mesurées (procès-verbaux de coulée) pour un ensemble représentatif des approvisionnements de grappes,
- Flux neutronique : définition d'un flux maximal réaliste qui correspond à une gestion combustible GARANCE. Bien qu'appliquée au palier des tranches 900 MW, EDF considère cette gestion pour garantir le caractère enveloppe des DAE produits sur les trois paliers 900, 1300 et 1450 MW et ce sur la base des éléments développés ci-après.

<sup>3</sup> Les hypothèses retenues pour élaborer un inventaire radiologique enveloppe sont regardées en globalité afin de définir un inventaire raisonnablement majorant. Ainsi, plutôt que de majorer toutes les hypothèses de modélisation et d'avoir un inventaire radiologique très majorant (quelques décades), les calculs sont menés dans des conditions moyennes pour quasiment tous les paramètres sauf pour quelques-uns qui sont majorés. Par exemple, les compositions chimiques sont effectivement des compositions moyennes et le caractère majorant est plutôt porté par l'historique d'irradiation (et notamment les gestions du combustible).

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

Les gestions du combustible ont évolué au fil des années pour pouvoir garantir la tenue mécanique des cuves en phase post accidentelle, notamment lors de la mise en service du RIS (Injection de Sécurité) en fin de vie des installations.

Initialement dans les gestions dites « standard », les assemblages neufs étaient positionnés en périphérie du réacteur pour limiter les points chauds dans la zone centrale. Ces gestions assuraient une nappe de puissance relativement plane. L'inconvénient de cette typologie est une fuite des neutrons vers la cuve et donc une augmentation de sa fragilisation avec l'irradiation en fin de vie.

Dans les années 90, les gestions dites « standard » ont été progressivement remplacées par des gestions dites « faible fluence », c'est-à-dire proposant une limitation du nombre d'assemblages neufs en périphérie du réacteur. Ces gestions permettent de limiter les fuites de neutrons vers la cuve, donc d'allonger la durée de vie des installations.

La conséquence est relative à une nappe de puissance plus « piquée » que dans les gestions dites « standard » : les assemblages placés en zone centrale dégagent plus de puissance que les autres et les sources de neutrons de ces assemblages sont plus importantes que celles des autres. A même puissance de réacteur, en gestion faible fluence, l'activation des DAE est amplifiée.

Entre les réacteurs 900 et 1300/1450 MW, le nombre d'assemblages périphériques de combustibles usés n'est pas le même. Pour les réacteurs en gestion GARANCE des REP 900 MW de faible fluence, on a 12 assemblages usés en périphérie contre 8 en gestion GEMMES des REP 1300/1450 MW de faible fluence. Ce nombre plus important conduit à une nappe plus piquée et par la même à un caractère enveloppe des DAE des tranches 900 MW sous gestion GARANCE.

De fait, même en l'absence d'inventaires radiologiques consolidés à l'exception des inventaires disponibles quelques étuis caractérisés d'une des tranches du CNPE du Bugey, le caractère enveloppe de l'inventaire radiologique estimé des tranches 900 MW, en particulier des crayons absorbants des grappes noires de ces tranches, garantit le fait que l'activité maximale par colis n'est pas sous-évaluée, ce qui ne remet pas en question les hypothèses retenues dans le programme de qualification des colis.

Le tableau suivant présente, à titre indicatif, un inventaire radiologique enveloppe estimé par le biais de calculs d'activation, considérant une décroissance préalable de 15 ans en piscine BK, pour un "déchet élémentaire" correspondant à un étui, quel que soit le type de déchets d'exploitation (CA, CI, CP, CB, TP, TC, DDG RIC).

Type de déchets	Type du déchet élémentaire constitué	Inventaire radiologique enveloppe (Bq) identifié après 15 ans de décroissance				
		<sup>3</sup> H	<sup>14</sup> C	α	β et γ « thermiques »	β et γ « autres »
Déchets Activés d'Exploitation du parc REP	Etui	8E+13	3E+11	9E+08	2E+14	8E+14

### Inventaire radiologique enveloppe estimé pour un étui de DAE à réception sur ICEDA

Cet inventaire, compatible avec les spécifications d'acceptation d'un déchet élémentaire sur l'installation ICEDA (cf. § 5.1.2), est donné à titre informatif. En effet, l'objectif d'optimisation (ie. maximisation) du remplissage des colis de déchets MAVL dans ICEDA visera la mise en place d'une logistique de choix des étuis en amont d'ICEDA en lien avec la typologie de déchets contenus et leur décroissance préalable en piscine BK.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice : Page 23/94

Les crayons absorbants AIC ou AIC/B4C contenant de l'Argent correspondent à la famille EDF-080B. Les autres ont une activité radiologique  $\beta/\gamma$  « thermiques » essentiellement pilotée par la présence de  $^{60}\text{Co}$  et correspondent à la famille EDF-080A.

Une campagne de mesures radiologiques a été conduite en 2014 sur des étuis de crayons de la tranche 900 MW n°2 du CNPE du Bugey. Ces mesures ont été réalisées à l'aide de la sonde SMOPY de CANBERRA à l'aide d'une tête contenant une voie de mesure neutron<sup>4</sup> et une voie de mesure gamma<sup>5</sup>. Les mesures ont été réalisées sous eau, dans la piscine BK2 du site. Deux positions de mesures ont été réalisées respectivement à une distance de 39 cm et 7 cm bord à bord entre la sonde et l'étui. Plusieurs mesures ont été réalisées à ces distances, sur plusieurs faces des étuis, à différentes altitudes. Les résultats des mesures sont les suivants :

Activités en Bq au 01/01/2017							
RN	Etui n°1	Etui n°2	Etui n°3	Etui n°4	Etui n°5	Etui n°6	Etui n°7
$^{60}\text{Co}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^3\text{H}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^{14}\text{C}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^{54}\text{Mn}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^{55}\text{Fe}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^{59}\text{Ni}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^{63}\text{Ni}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^{93\text{m}}\text{Nb}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^{93}\text{Mo}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^{108\text{m}}\text{Ag}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^{109}\text{Cd}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
$^{113\text{m}}\text{Cd}$	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
<b>TOTAL</b>	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

#### Activités radiologiques de 7 étuis mesurés sur la tranche de Bugey 2

Ces résultats donnés à titre illustratif sont variables d'un étui à l'autre puisqu'il ne s'agit pas de déchets ayant été produits au même moment.

L'état des connaissances à ce jour des inventaires radiologiques concernant les DAE (ie. famille EDF-080 du PIGD VE) est disponible dans le dossier de connaissances en référence [26]. Les inventaires radiologiques d'activation annexés à la présente note (cf. annexe 1) et de contamination y sont distingués.

L'inventaire radiologique global de la totalité des DAE et la distribution de l'activité au sein des différents étuis ne sera disponible qu'après constitution de l'ensemble des étuis (certains déchets ne sont encore pas produits à ce jour) ainsi qu'après mesures radiologiques de l'ensemble desdits étuis sur CNPE. A ce stade, EDF ne peut transmettre que des estimations sur la base de calculs d'activation et de forfait de contamination tels que fournis dans [26] ou rappelées en annexe 1 (inventaire d'activation uniquement). Au fur et à mesure de la consolidation des inventaires radiologiques des différents DAE, EDF fournira les dossiers de spectres et de ratios de déclaration des dits déchets.

<sup>4</sup> La voie de mesure neutron utilise comme détecteur une chambre à fission étanche de type CFUL01. Cette chambre contient 1,15 gramme d'uranium total dont 1,06 gramme d' $^{235}\text{U}$  (92,1% enrichissement).

<sup>5</sup> La voie de mesure gamma utilise un détecteur miniature de type CdZnTe qui fonctionne à température ambiante. La référence du détecteur utilisée est SDP/310/Z/60S (cristal CZT de 60 mm<sup>3</sup>).

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 24/94

#### 4.1.8 Inventaire quantitatif de colis de déchets DAE

En l'état actuel des connaissances, le nombre de colis MAVL de DAE est estimé à environ :

- 850 colis pour une durée de fonctionnement de 40 ans (ie. sans optimisation par le tri FMA-vc / MAVL des crayons de grappes mobiles),
- 1000 colis pour une durée de fonctionnement de 50 ans (ie. sans optimisation par le tri FMA-vc / MAVL des crayons de grappes mobiles),
- 750 colis pour une durée de fonctionnement de 50 ans considérant une optimisation par le tri FMA-vc / MAVL des crayons de grappes mobiles.

Les composants qui constitueront les DAE de l'EPR sont comparables en nature et en activité avec les DAE du parc des 58 tranches REP actuelles. Les caractéristiques de ces déchets seront compatibles avec leur conditionnement dans le colis C1PG<sup>SP</sup> à ICEDA, compte tenu des durées de décroissance préalables des DAE sous eau dans la piscine combustible. L'inventaire en colis correspondant, comptabilisé dans les valeurs ci-dessus, est évalué à environ 25 à 30 colis.

Les hypothèses retenues pour aboutir à ces estimations sont les suivantes :

- Hypothèses de remplacement :
  - les grappes de commande sont remplacées tous les 10 ans (4 jeux/tranche pour 40 ans et 5 jeux/tranche pour 50 ans)
  - les grappes poisons sont évacuées au bout d'un cycle (1 jeu par tranche quelle que soit la durée de fonctionnement);
  - les grappes bouchons sont remplacées tous les 13 ans environ (3 jeux/tranche pour 40 ans et 4 jeux/50 ans);
  - les DDG RIC sont remplacés tous les 8 ans.
- Hypothèses de colisage :
  - pour les barres de commandes (Crayons Absorbants, Crayons Inox et Crayons Poisons) : on considère 250 crayons par étui et 3 contenus d'étui par colis,
  - pour les crayons bouchons : pour les crayons dissociés de leur tête, on considère 4000 crayons par étui et 3 contenus étuis par colis,
  - pour les Têtes de grappes fixes : on considère 25 têtes par étui et 10 contenus étuis par colis,
  - pour les DDG RIC : on considère 100 tronçons de 3,5 m par étui et 6 contenus étuis par colis.

Nota : le contenant « étui » ne constitue pas un déchet MAVL.

## 4.2 DECHETS MAVL ISSUS DU DEMANTELEMENT DES CENTRALES

### 4.2.1 Description qualitative

Les centrales nucléaires à déconstruire appartenant aux filières EL (Eau Lourde – centrale de Brennilis), UNGG (Uranium Naturel Graphite Gaz – Bugey 1, St Laurent A1 et A2, Chinon A1, A2 et A3), REP300 (Réacteur à Eau Pressurisée 300 MW – Chooz A), RNR (Réacteur à Neutrons Rapides – Creys-Malville) et REP900 (2 tranches) de Fessenheim généreront des déchets activés.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 25/94

Une part de ces déchets pourra être stockée en surface après une période de décroissance (Déchets FMA-vc à envoi différé au CSA). L'autre part relève de la catégorie des déchets MAVL (famille EDF-090 pour l'ensemble sauf pour les déchets de Fessenheim répertoriés par la famille EDF-100).

De manière générale, ces déchets sont essentiellement des structures métalliques activées, classées en 2 types :

- les déchets dits "amovibles" ou "longs", c'est à dire pouvant être extraits lors du fonctionnement du réacteur et / ou devant être découpés avant conditionnement et expédition à ICEDA :
  - barres de commande (UNGG, RNR, REP, EL),
  - assemblages réflecteurs en acier (RNR),
  - tubes de force, tubes de guidage, etc. (EL).
- les déchets dits "fixes", c'est à dire faisant l'objet d'une découpe sur le chantier de démantèlement en tant que constituant de la structure du réacteur :
  - viroles de cuves, fourreaux et plaques de fond de cuves (EL),
  - baffle, enveloppe de cœur, etc. (REP 300),
  - plaques inférieures et supérieures de cœur, cloisonnement et renforts, enveloppe de cœur au niveau des assemblages combustibles, écran thermique (REP900 FES).

Dans la suite, les caractéristiques relatives aux déchets MAVL ou dont le niveau de connaissances ne permet pas de garantir un déclassement en déchets FMA-VC sont présentées. Seuls les déchets du réacteur EL de Brennilis (virole, fond de cuve interne, pièces de transition 1 et 2) ne sont plus mentionnés étant donné leur déclassement en déchets FMA-VC à envoi différé.

#### 4.2.2 Caractéristiques dimensionnelles

Les caractéristiques dimensionnelles des DAD sont les suivantes :

- Chooz A :
  - Barre de réglage : Longueur 2,35 m – Largeur 0,22 m – Épaisseur 8,2 mm
  - Prolongateur : Longueur 2,95 m – Distance entre bouts d'ailerons 0,19 m
  - Éléments inox du postiche : Longueur 3,20 m – Largeur 0,19 m – Épaisseur 15 mm
  - Plaque inférieure de cœur : Diamètre 2,80 m – Épaisseur 38 mm
  - Barrel (enveloppe de cœur) : Diamètre 2,72 m - Longueur 2,93 m - Épaisseur 28,5 mm
- Creys-Malville :
  - Assemblages SAC : Hauteur hors tout 5,4 m - Diamètre moyen extérieur 179 mm
  - Assemblages SCP : Hauteur hors tout 5,4 m - Diamètre moyen extérieur 198 mm
  - Assemblages réflecteurs acier RAC (150 RAC, 2 RAF, 6 RAP, 3 RAR) : Hauteur hors tout 5,4 m - Diamètre 171 mm
  - Assemblages acier DIMEP (19 DDC, 4 DRC, 4 DPC) : Hauteur hors tout 5,4 m - Diamètre 171 à 178 mm
  - Assemblages acier GDN : Hauteur hors tout 5,4 m - Largeur 178 mm

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 26/94

**Nota** : Les pieds/têtes des assemblages SAC et SCP ont été découpés à CEA/ISAI et les structures métalliques des 43 barres SCP et des 7 barres SAC sont entreposées dans 50 étuis S' entreposés en piscine. La hauteur indiquée ci-dessus correspond à la hauteur initiale des assemblages.

- **Bugey** :
  - Tête de barre de commande : Diamètre 80 mm – Longueur 924 mm
  - Centre de la barre de commande découpé en 6 tronçons : Diamètre : 63 mm – Longueur 860 mm
  - Pied de barre de commande : Diamètre 80 mm – Longueur 865 mm
  - FAP : longueur : 205 mm – Largeur 205 mm – Hauteur 140 mm
- **Fessenheim** :
  - Plaque supérieure de cœur : Diamètre 3,4 m, Epaisseur 45 mm
  - Plaque inférieure de cœur : Diamètre 3,4 m, Epaisseur 45 mm
  - Cloisonnement et renforts : Hauteur 4 m, Diamètre : 3,2 m, Epaisseur 28 à 64 mm
  - Enveloppe de cœur au niveau des assemblages combustibles : Hauteur 5,1 m, Diamètre 3,4 m, Epaisseur 52 mm
  - Ecran thermique : Hauteur 4,7 m, Diamètre 3,7 m, Epaisseur 68 mm
- **Chinon A**
  - Dans 6 châteaux IU09 : déchets sous forme d'absorbants (nombre 1146) dans des chemises graphite et de 189 tronçons de barres de contrôle.
  - Dans un château IU17 : déchets sous forme de 378 tronçons de barres de contrôle.
- **Saint Laurent A**
  - 4 Bras de chargement (2 sur SLA1 et 2 sur SLA2) : Longueur 1400 mm, Diamètre 287 mm
  - Barres de contrôle (57 barres noires et 72 barres grises) : Longueur 7400 mm, Diamètre 70 mm
  - Dans 2 châteaux IU09 et IU17 : 1018 Absorbants (489 de SLA1, 527 de SLA2, 2 de CHA3) - Longueur 603 mm, Diamètre 137 mm

#### 4.2.3 Compositions chimiques des DAD

Les constituants des déchets activés de démantèlement sont principalement :

- des aciers inoxydables pour les éléments de transition, de guidage, les structures des barres de contrôles, les viroles, etc.
- des absorbants de type B4C (carbure de bore) ;
- des aciers noirs pour des écrans latéraux.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span>

Les tableaux suivants indiquent plus précisément, site par site, les matériaux constitutifs des DAD :

Site	Désignation	Sous-catégorie	Proportion massique	Matériau	
Creys-Malville	SAC	Tête équipement mobile	[]	Acier 316L	
		Dispositif Dash-Pot			
		Structure grappes			
		Gaines			
		Bouchons			
		Fourreau			
	SCP	Eléments absorbants	[]	B4C / Tantale Stellite	
		Tête et corps de barre	Tête et corps de barre	[]	Z8CNDT18-12
			Tige de barre		
			Gaines		
			Egaliseurs de débit		
			Fourreau		
	Eléments absorbants	[]	B4C / Tantale Stellite		
	RAC / RAF / RAP / RAR	Assemblages réflecteur acier	[]	Z2 CN 18-10 (304 hypere trempé)	
	DIMEP DRC	Assemblages acier	[]	Z6 CN 18-09	
DIMEP DDC	TH / gaine	Z6 CNTD 17-13 Z6 CN 18-09 ou Z6 CND 17-12			
	Pied	Z6 CN 18-09			
GDN	TH / gaine	[]	Z6 CNTD 17-13		
	Pied		Z6 CN 18-09		
Saint-Laurent A1	Barres de contrôle	Tubes coaxiaux	[]	Acier 430 / Acier 316 LN	
		Rotules		Acier 420	
		Tête de barre		Acier 304 LN	
		Pied de barre		Acier 304 LN	
		Anneaux neutrophages	[]	B4C – Cu	
		Anneaux graphite	[]	Graphite	
	Bras de chargement	-	[]	Acier noir 1042	
Saint-Laurent A2	Barres de contrôle	Tubes coaxiaux	[]	Acier 430 / Acier 316 LN	
		Rotules		Acier 420	
		Tête de barre		Acier 304 LN	
		Pied de barre		Acier 304 LN	
		Anneaux neutrophages	[]	B4C – Cu	
		Anneaux graphite	[]	Graphite	
	Bras de chargement	-	[]	Acier noir 1042	
	Absorbants en IU9 et IU17	-	[]	Acier absorbant	
-		[]	Mg-Zr		
-		[]	Graphite		
Chooz A	Barre de réglage	Tube de gainage	[]	AISI 304L	
		Barre absorbante	[]	AIC	

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

		Barre de réglage et prolongateur (corps)	[ ]	Zircaloy 4
	Barre d'arrêt	Barre de réglage et prolongateur (pied)	[ ]	AISI 304L
		Gainage		
		Pied	[ ]	347 H
		Barreau	[ ]	AIC
	Prolongateur fixe	Tête	[ ]	AISI 304L
		Pied		
		Corps	[ ]	Zircaloy 4
	Adaptateur fixe	-	[ ]	AISI 304L
	Postiche	Eléments inox	[ ]	AISI 304L
		Ressort	[ ]	Inconel 718
		Postiche (sous flux)	[ ]	AISI 304L
	Plaque inf. cœur	-	[ ]	AISI 304L
	Croisillon de maintien	-	[ ]	AISI 304L
	Vis tube guide sur plaques inf. et sup.	-	[ ]	AISI 304L
	Vis de remplacement des tirants	-	[ ]	316L
	Broche d'alignement	-	[ ]	AISI 304L
	Vis de fixation du	-	[ ]	AISI 304L
	Vis sur butées	-	[ ]	AISI 304L
	Baffle (cloisonnement)	-	[ ]	AISI 304L
Barrel (enveloppe)	-	[ ]	AISI 304L	
<b>Bugey 1</b>	Barres de contrôle génération 1	Tubes coaxiaux	[ ]	Acier 430 / Acier 316 LN
		Rotules		Acier 420
		Tête de barre		Acier 304 LN
		Pied de barre		Acier 304 LN
		Anneaux	[ ]	B4C – Cu
		Anneaux graphite	[ ]	Graphite
	Barres de contrôle génération 2	Tubes coaxiaux	[ ]	Acier 430 / Acier 316 LN
		Rotules		Acier 420
		Tête de barre		Acier 304 LN
		Pied de barre		Acier 304 LN
		Anneaux	[ ]	B4C – Cu
		Anneaux graphite	[ ]	Graphite
	FAP	Fils à la patte	[ ]	nickel-chrome, nickel allié, isolés à la magnésie et gainés en acier

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 29/94

Site	Désignation	Sous-catégorie	Proportion massique	Matériau
<b>Chinon A1</b>	Barres de contrôle en IU17	Tubes coaxiaux	[]	Acier 430 / Acier 316 LN
		Rotules		Acier 420
		Tête de barre		Acier 304 LN
		Pied de barre		Acier 304 LN
		Anneaux neutrophages	[]	B4C – Cu
		Anneaux graphite	[]	Graphite
<b>Chinon A2</b>	Barres de contrôle en IU17	Tubes coaxiaux	[]	Acier 430 / Acier 316 LN
		Rotules		Acier 420
		Tête de barre		Acier 304 LN
		Pied de barre		Acier 304 LN
		Anneaux neutrophages	[]	B4C – Cu
		Anneaux graphite	[]	Graphite
	Bras Ernuth	-	[]	Acier noir 1042
<b>Chinon A3</b>	Barres de contrôle en IU17	Tubes coaxiaux	[]	Acier 430 / Acier 316 LN
		Rotules		Acier 420
		Tête de barre		Acier 304 LN
		Pied de barre		Acier 304 LN
		Anneaux neutrophages	[]	B4C – Cu
		Anneaux graphite	[]	Graphite
	Absorbants en IU9	Crayons absorbants et chemises graphite	[]	Acier absorbant
			[]	Mg-Zr
			[]	Graphite

L'ensemble des structures internes de Fessenheim sont en acier inoxydable austénitique de type AISI 304L. La plaque de supérieure de cœur présente 8 cales de réglages stellitées.

Les compositions associées sont les suivantes (proportions massiques) :

Élément	316 L	Z8CNDT18-12	304	304 L	Inconel 718	Zircaloy 2	Graphite	Z2CN19-12	1042 (XC-42)
<b>Carbone</b>	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
<b>Cobalt</b>	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
<b>Chrome</b>	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
<b>Manganèse</b>	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
<b>Nickel</b>	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
<b>Soufre</b>	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
<b>Silicium</b>	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
<b>Cuivre</b>	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
<b>Molybdène</b>	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
<b>Titane</b>	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span>

Élément	316 L	Z8CNDT18-12	304	304 L	Inconel 718	Zircaloy 2	Graphite	Z2CN19-12	1042 (XC-42)
Niobium (+Tantale)	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Fer	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Zirconium	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Étain	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Potassium	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Oxygène	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Hafnium	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Phosphore	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

Élément	Mg-Zr	Acier absorbants	Z4CND17-12	316 LN (Z3CND17-12)	347 H	B4C	B4C-Cu	AlC	Acier SCP (Creys)	Stellite (Creys)
Carbone		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Cobalt		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Chrome		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Manganèse		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Nickel		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Soufre		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Silicium		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Cuivre		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Molybdène		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Titane		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Niobium (+Tantale)		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Fer		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Tungstène		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Zirconium	0,5	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Aluminium		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Bore		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Calcium		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Magnésium	99,5	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Phosphore		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Azote		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Vanadium		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Sélénium		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Argent		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Bismuth		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Cadmium		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Indium		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Plomb		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
Oxygène		[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

Pour le cas particulier de Bugey 1, le tableau suivant présente la composition des barres de commande :

	Génération 1	Génération 2
<b>B</b>	[ ]	[ ]
<b>C</b>	[ ]	[ ]
<b>Cr</b>	[ ]	[ ]
<b>Cu</b>	[ ]	[ ]
<b>Fe</b>	[ ]	[ ]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

	Génération 1	Génération 2
<b>Mn</b>	[ ]	[ ]
<b>Mo</b>	[ ]	[ ]
<b>Ni</b>	[ ]	[ ]
<b>Si</b>	[ ]	[ ]

#### 4.2.4 Espèces chimiques toxiques des DAD

Suivant le référentiel du CSA en matière d'espèces chimiques toxiques et tel qu'expliqué au paragraphe 4.1.5, les déchets destinés à ICEDA classés en familles (DAE, DAD) font l'objet d'une évaluation relative aux toxiques chimiques (cf.[28]) dont la teneur est indiquée dans le tableau suivant avec en grisé les valeurs supérieures au seuil d'identification :

- Déchets inox, provenant des DAD des réacteurs de Chooz A (REP300) et Creys-Malville (RNR),
- DAD UNGG, provenant des réacteurs UNGG,
- DAD Stellites, comprenant les stellites du réacteur de Creys-Malville (RNR).

Toxiques chimiques	DAD UNGG (ppm)	DAD stellite (ppm)
Pb	8.93E+00	5.40E-02
B	3.71E+04	2.70E-01
Ni	1.52E+04	8.55E+02
Cr	7.35E+04	4.53E+03
Cr <sup>VI</sup>	0.00E+00	0.00E+00
As	1.78E+02	0.00E+00
Sb	9.81E+00	2.16E-01
Se	7.57E+00	9.00E-04
Cd	6.96E-02	1.80E-03
Hg	0.00E+00	0.00E+00
Be	0.00E+00	0.00E+00
CN <sup>-</sup>	0.00E+00	0.00E+00

#### 4.2.5 Inventaire quantitatif de déchets DAD

En l'état actuel des connaissances, les Déchets Activés de Démantèlement (DAD) classés MA-VL à conditionner et les masses associées sont les suivants :

Site	Matériels	Masses	Total (arrondi à l'unité)
<b>BUGEY 1</b>	Barre de commande génération 1	1,8 t	8 t
	Barre de commande génération 2	1,9 t	
	Fils à la patte et déchets métalliques divers	4,5 t	
<b>CHINON A</b>	Barres de commande en IU17	18 t	36 t
	Absorbants en IU9	18 t	

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

Site	Matériels	Masses	Total (arrondi à l'unité)
<b>CHOOZ A</b>	Têtes et pieds de barres absorbantes / Adaptateurs courts et longs	1 t	24 t
	Postiches	1,2 t	
	Corps des prolongateurs	2,1 t	
	Barres absorbantes	4,7 t	
	Crayons sources secondaires	0,3 t	
	Têtes ou pieds de prolongateur	0,9 t	
	Internes fixes	13,3 t	
<b>CREYS-MALVILLE</b>	Structures des barres SAC	2,8 t	83 t
	Structures des barres SCP	18,1 t	
	Assemblages acier RAC	45,4 t	
	Assemblages acier DIMEP	15,6	
	Assemblages acier GDN	1,2	
<b>SAINT-LAURENT A</b>	Bras de chargement	5 t	22 t
	Barres de commande noires	9 t	
	Barres de commande grises		
	Absorbants	8 t	
<b>FESSENHEIM 2 tranches (données par tranche)</b>	Plaque supérieure de cœur	3,3 t	73 t / tranche soit un total de 146 t
	Plaque inférieure de cœur	3,7 t	
	Cloisonnement et renforts	15,7 t	
	Enveloppe de cœur au niveau des assemblages combustibles	17,3 t	
	Ecran thermique	33	

Soit un total d'environ 320 tonnes de déchets de démantèlement de type MA-VL à destination d'ICEDA. Ce bilan est destiné à évoluer en fonction de l'avancement des caractérisations de ces déchets.

Ces déchets sont prédécoupés et disposés par le producteur/démanteleur dans des paniers livrés dans un emballage de transport spécifique.

Enfin, concernant les déchets longs, le Décret d'Autorisation de Création d'ICEDA (Décret n°2010-402 du 23 avril 2010) permet l'entreposage dans ICEDA des crayons sources de Chooz A. EDF a déposé une demande de modification de ce décret au titre de l'article R593-48 du Code de l'Environnement. Cette demande vise, entre autres, à accepter un entreposage des crayons sources de Fessenheim. Ces crayons sources sont conditionnés en carquois puis seront entreposés dans un emballage TN dédié ou dans le même emballage que les crayons sources de Chooz A, dans l'attente d'une solution définitive.

#### 4.2.6 Inventaire radiologique

Le tableau suivant présente, à titre indicatif, un inventaire radiologique enveloppe estimé à To+25 ans pour un "déchet élémentaire", c'est-à-dire un panier de déchets de type MAVL.

Type de déchets	Type du déchet élémentaire constitué	Inventaire radiologique enveloppe (Bq)				
		<sup>3</sup> H	<sup>14</sup> C	α	β et γ « thermiques »	β et γ « autres »
Déchets Activés de Déconstruction	Panier de déchets	2E+12	7,5E+11	4E+10	6E+13	6E+14

#### Inventaire radiologique enveloppe estimé pour un panier de déchets DAD sur ICEDA

Cet inventaire radiologique a été établi sur la base des activités maximales par radionucléide disponibles pour le site de Chooz A pour lequel EDF dispose d'un inventaire consolidé qui est enveloppe des inventaires disponibles

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 33/94

relatifs aux DAD. Les inventaires des structures activées de Chooz A ont en effet été validés par des confrontations calculs/mesures relatives à l'activation d'éléments chimiques dont la concentration est maîtrisée (cf. § 6.4). Les calculs relatifs aux internes de cuve fixes sont systématiquement enveloppes des mesures. Les majorations sont raisonnables (+10% pour les étalons des internes proches du combustible et un facteur 2 pour la cuve). Vis-à-vis de l'activation des impuretés, la majoration est quasi systématiquement supérieure à 2 en utilisant des compositions moyennes. Ces résultats montrent clairement le caractère enveloppe des calculs ainsi que leur cohérence.

Hormis dans le cas spécifique du réacteur de Chooz A, pour lequel les barres de commande en AIC n'ont pas été retirées avant le démantèlement du réacteur, les DAD ne contiennent pas d'<sup>108m</sup>Ag en quantité significative. En effet, pour Chooz A, ces barres de commande AIC ne sont pas classées dans la catégorie des déchets activés d'exploitation (ie. famille EDF-080) mais dans celle des déchets activés de démantèlement (ie. famille EDF-090) parce que découpées sur site et préconditionnées en panier avant leur expédition vers ICEDA.

L'état des connaissances à ce jour des inventaires radiologiques concernant les DAD (ie. famille EDF-090 du PIGD VE) est disponible dans le dossier de connaissances desdits déchets de référence [26]. Les inventaires radiologiques d'activation annexés à la présente note (cf. annexe 2) et les inventaires radiologiques de contamination y sont distingués.

L'inventaire radiologique global pour la totalité des DAD et la distribution de l'activité au sein des différents paniers ne seront disponibles qu'après constitution et mesures radiologiques des dits paniers par les démantelateurs de chaque site, en vue de leurs déclarations. A ce stade, EDF ne peut transmettre que des estimations sur la base de calculs d'activation et de forfait de contamination tels fournis dans [26] et rappelées en annexe 2 (inventaire d'activation uniquement). Au fur et à mesure de la consolidation des inventaires radiologiques des différents DAD, EDF fournira les notes de spectres et de ratios de déclaration des dits déchets.

#### 4.2.7 Inventaire quantitatif de colis de déchets DAD

En l'état actuel des connaissances, la masse de déchets DAD MAVL est estimée à environ 320 tonnes pour les réacteurs de 1<sup>ère</sup> génération, le réacteur RNR de Creys-Malville et les deux réacteurs REP de Fessenheim. L'inventaire quantitatif total de colis de déchets DAD est de l'ordre de 390 colis.

## 5 SPECIFICATIONS D'ACCEPTATION DES DECHETS MAVL ET LEUR CONDITIONNEMENT EN COLIS A ICEDA

Les déchets MAVL expédiés à ICEDA pour être conditionnés en C1PG<sup>SP</sup> doivent respecter les spécifications d'acceptation présentées ci-après. Ces dernières permettent de garantir le respect du domaine de fonctionnement de l'installation et, à l'issue de la période d'entreposage des colis sur ICEDA, leur comptabilité vis-à-vis des exigences de l'exutoire.

Les spécifications d'acceptation et les critères associés décrits dans ce chapitre n'intègrent pas les exigences et critères à respecter dans le cadre des contrôles liés aux opérations de conditionnement des déchets dans la chaîne cinématique du procédé aboutissant à la production des colis : opération de blocage des déchets dans le panier, décontamination du panier par lavage, opération de calage du panier dans la coque, enfin opération de bouchage de la coque et contrôles finaux.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 34/94

## 5.1 SPECIFICATIONS RADIOLOGIQUES

### 5.1.1 Formalisme

Les spécifications radiologiques d'acceptation des déchets à ICEDA sont basées sur la classification des radionucléides selon les catégories rappelées ci-dessous et décrites dans le décret n°2010-402 du 23 avril 2010 autorisant EDF à créer ICEDA :

- Tritium ;
- Carbone 14 ;
- Autres émetteurs  $\beta$  et  $\gamma$  ;
- Emetteurs  $\alpha$ .

Les limites pour les émetteurs  $\beta$  et  $\gamma$  sont affinées en deux groupes, émetteurs  $\beta/\gamma$  "thermiques" et émetteurs  $\beta/\gamma$  "autres" :

- Les émetteurs  $\beta$  et  $\gamma$  "thermiques" sont à la base des thématiques de radioprotection, de ventilation, de thermique, de radiolyse, etc..., en raison de l'énergie de leur rayonnement gamma et de leur proportion importante dans les inventaires radiologiques à court et moyen terme. Pour ICEDA, 4 radioéléments caractérisent ce groupe :  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{108\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ .
- Les émetteurs  $\beta$  et  $\gamma$  "autres" dont l'incidence dans les thématiques évoquées ci-dessus n'est pas significative, en raison de rayonnements moins énergétiques et/ou de faibles proportions dans les inventaires radiologiques à court et moyen terme.

### 5.1.2 Activité maximale autorisée par déchet élémentaire

Le tableau suivant précise, pour chaque groupe de radionucléides, l'activité maximale autorisée par déchet élémentaire. Sur cette base est défini, en pièce 3 du référentiel (cf. [25]), le critère opérationnel relatif au paramètre garanti du groupe de radionucléides  $\beta/\gamma$  « thermiques » en tenant compte des incertitudes de mesures afin de respecter l'activité maximale fixée pour ce groupe.

Un déchet élémentaire correspond à un étui pour les déchets à découper sur l'installation et à un panier pour les déchets préconditionnés. La totalité des étuis prévus d'être réceptionnés sur ICEDA sont des DAE et la totalité des paniers prévus d'être réceptionnés sur ICEDA sont des DAD. Pour autant, EDF n'exclut pas la possibilité de pouvoir recevoir un jour des DAD en étuis ou des DAE en paniers, sous réserve bien sûr que les déchets concernés restent dans le périmètre des déchets autorisés par l'installation.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

	<sup>3</sup> H	<sup>14</sup> C	α	β et γ "thermiques" ( <sup>60</sup> Co, <sup>108m</sup> Ag, <sup>109</sup> Cd, <sup>110m</sup> Ag)	β et γ "autres"
Activité maximale par déchet élémentaire	$1,5 \cdot 10^{+15}$	$1,0 \cdot 10^{+13}$	$1,0 \cdot 10^{+11}$ (déchets pré-conditionnés)  $4,5 \cdot 10^{+9}$ (déchets à découper)	$4,0 \cdot 10^{+14}$	$7,0 \cdot 10^{+15}$

### Activité maximale d'un déchet élémentaire (en Bq)

Ces limites radiologiques correspondent aux spécifications d'acceptation d'un déchet élémentaire sur ICEDA. Elles couvrent la part activation ainsi que la part contamination. Leur définition est basée sur les considérations détaillées ci-après.

- L'inventaire tritium provient essentiellement de la réaction du bore sous flux neutronique (B<sub>4</sub>C ou borosilicate). Il est donc particulièrement présent dans les crayons absorbants et les crayons poisons ;
- L'inventaire <sup>14</sup>C provient essentiellement de la réaction de l'azote et du carbone sous flux neutronique ;
- L'inventaire α est essentiellement composé de produits d'activation du combustible déposés sur les déchets lors de leur séjour en cœur ;
- L'inventaire β et γ "thermiques" prend en compte la présence de radioéléments de radiotoxicité importante. Il est prépondérant dans les problèmes de radioprotection, thermiques, radiolyse, et important dans l'évaluation des rejets ;
- L'inventaire β et γ "autres" prend en compte la présence de radioéléments de radiotoxicité modérée ayant peu d'impact sur le dimensionnement de l'installation.

Avant d'être expédié pour traitement et conditionnement sur ICEDA, tout déchet élémentaire fait l'objet d'un contrôle de conformité au domaine de fonctionnement d'ICEDA par :

- mesure radiologique sur le site producteur pour la part activation, en vue de sa déclaration dans l'application WasteApp,
- la prise en compte d'une contamination forfaitaire.

Cette prise en compte dans le contrôle du respect des spécifications d'acceptation ne présente donc pas le risque d'un dépassement des activités maximales autorisées.

### 5.1.3 Activité maximale autorisée par colis

L'activité maximale autorisée par colis a été définie en prenant en considération :

- des facteurs limitatifs de conception du colis liés à :
  - la radiolyse engendrée par l'irradiation des déchets sur les matériaux cimentaires le constituant ;
  - la thermique et ses effets potentiels en matière de réaction sulfatique interne dans les dits matériaux ;
- l'inventaire des déchets élémentaires ;
- les hypothèses de remplissage.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

Les incertitudes de mesures par spectrométrie gamma sur le panier de déchets permettent de définir les critères opérationnels associés permettant de respecter l'activité radiologique maximale autorisée par colis (cf. [25]).

L'activité maximale autorisée par colis est précisée dans le tableau suivant pour chaque groupe de radionucléides, l'évolution des valeurs au présent indice n'ayant pas d'effet sur la phénoménologie du colis essentiellement pilotée par les  $\beta$  et  $\gamma$  "thermiques" qui ici ne varient pas :

	$^3\text{H}$	$^{14}\text{C}$	$\alpha$	$\beta$ et $\gamma$ "thermiques" ( $^{60}\text{Co}$ , $^{108\text{m}}\text{Ag}$ , $^{109}\text{Cd}$ , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ )	$\beta$ et $\gamma$ "autres"
Activité maximale par colis	$1,5 \cdot 10^{+15}$	$1,0 \cdot 10^{+13}$	$1,0 \cdot 10^{+11}$	$4,0 \cdot 10^{+14}$	$7,0 \cdot 10^{+15}$

### Activité maximale d'un colis (en Bq)

L'optimisation du remplissage des paniers de déchets constitue un objectif majeur pour limiter le nombre de colis à entreposer sur ICEDA et préserver la ressource du stockage CIGEO. Le paragraphe 9.1 décrit la logistique de répartition des déchets dans les paniers. Dans la mesure du possible, il n'y a pas de mélange de déchets présentant des ratios d'activation différents. Dans le cas contraire, la déclaration radiologique des colis s'appuie sur l'utilisation de ratios d'activation majorants.

Bien que tous les inventaires radiologiques de déclaration ne soient pas disponibles à ce stade, les inventaires enveloppes qui sont utilisés en attente de données consolidées assurent la faisabilité d'un remplissage optimisé des colis conforme aux exigences du tableau précédent. Un inventaire de déclaration au-delà de l'estimation enveloppe qui en aurait été faite se traduirait par un remplissage certes moins optimisé mais possible des colis correspondants afin qu'ils puissent répondre aux exigences précitées, en particulier l'activité maximale en  $\beta/\gamma$  « thermiques », sans remettre en cause les hypothèses retenues dans le programme de qualification des colis (cf. Pièce 2 du Référentiel). En effet :

- Concernant les DAE

Les paniers de DAE longs sont remplis suite à la découpe en cellule de ces déchets acheminés sur ICEDA en TN dans des étuis. Les critères de découpe de ces déchets longs et de remplissage, décrits au paragraphe 7.2.2, permettent d'adapter le remplissage des paniers aux critères d'activités maximales autorisées.

- Concernant les DAD

Les paniers de DAD sont produits sur les sites en démantèlement, conformément aux plans de calpinage définis dans les études. Ils sont ensuite contrôlés radiologiquement avant expédition à ICEDA pour répondre aux critères fixés au paragraphe 5.1.2. Ainsi tout panier de DAD reçu sur ICEDA aura fait au préalable l'objet d'une démonstration du respect des critères d'activités maximales autorisées.

Sur ICEDA, chaque panier est placé, après contrôle radiologique, en cellule de blocage des déchets pour un blocage à l'aide d'une matrice cimentaire. Puis, chaque panier bloqué est placé dans un conteneur afin de constituer un colis répondant aux critères fixés dans le tableau précédent.

Aussi, sauf cas exceptionnel lié par exemple à la réception d'un panier peu plein, un même colis ne pourra contenir que des déchets provenant d'un même panier.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 37/94

### 5.1.4 Hypothèses structurantes du programme de qualification des colis

Les études de comportement du colis, du fait de l'activité radiologique des déchets sont essentiellement liées aux effets de la radiolyse et de la thermique. Les hypothèses structurantes considérées pour réaliser ces études sont basées sur :

- Un inventaire radiologique des DAE les plus pénalisants du point de vue de la présence de  $^{60}\text{Co}$  mais aussi d' $^{108\text{m}}\text{Ag}$ , soit les crayons absorbants des grappes noires des tranches REP 900 MW. En effet, dans ces déchets  $^{108\text{m}}\text{Ag}$  est un RN énergétique dont la période de décroissance élevée (418 ans) et la prépondérance dans les inventaires alimente durablement les phénomènes pouvant impacter la tenue des colis,
- Une activité radiologique maximale à 400 TBq en  $\beta/\gamma$  « thermiques » au moment de la fabrication du colis, c'est-à-dire en limite de domaine de fonctionnement d'ICEDA,
- Deux masses de déchets de 400 kg et 1990 kg par colis afin de tester différentes configurations de colis.
  - Une masse de 400 kg de déchets correspondant à la limite inférieure telle que définie dans le domaine de fonctionnement d'ICEDA. Elle a vocation à simuler un colis concentrant l'activité radiologique dans un volume faible du panier. Pour cette masse de déchets et selon l'inventaire radiologique prévisionnel des crayons absorbants de grappes noires des tranches REP 900 MW, la limite de 400 TBq en  $\beta/\gamma$  « thermiques » par colis est atteinte au bout de 10 ans de décroissance, avec un ratio  $^{60}\text{Co}/^{108\text{m}}\text{Ag}$  de 4,41.
  - Une masse de 1990 kg de déchets, choisie de manière à illustrer un colis avec un bon niveau de remplissage, la limite du domaine de fonctionnement d'ICEDA fixant la valeur de masse maximale à 2500 kg de déchets par colis. Pour cette masse de déchets et selon l'inventaire radiologique prévisionnel des crayons absorbants de grappes noires des tranches REP 900 MW, la limite de 400 TBq en  $\beta/\gamma$  « thermiques » par colis est atteinte au bout de 17 ans de décroissance, avec un ratio  $^{60}\text{Co}/^{108\text{m}}\text{Ag}$  de 1,6. Cette masse de 1990 kg a vocation à répartir de manière homogène l'activité radiologique dans le volume du panier/colis : elle est liée aux crayons absorbants AIC des grappes noires du palier 900 MW car la masse volumique de ces déchets est la plus forte (de l'ordre de  $9300\text{ kg/m}^3$ ) comparée à celles des autres déchets activés d'exploitation. Une valeur moindre pourrait être considérée pour simuler ce même effet volumique d'homogénéisation radiologique à partir d'un linéaire équivalent de crayons dont la masse volumique équivalente serait plus faible (crayons inox, AIC/B4C,...) que celle des crayons absorbants mentionnés ci-avant : le panier/colis serait alors rempli avec un même linéaire de crayons et un même niveau d'homogénéité radiologique.

Ainsi, pour les déchets pénalisants que sont les crayons absorbants des grappes noires du palier REP 900 MW, l'activité en  $\beta/\gamma$  « thermiques » par déchet élémentaire ou par colis passe sous la limite haute de 400 TBq entre 10 et 17 ans de décroissance selon les hypothèses limites de remplissage retenues. Le tableau ci-dessous présente – pour ces deux durées de décroissance des déchets en amont d'ICEDA – la contribution à la thermique des radionucléides  $\beta/\gamma$  « thermiques » calculée à partir du coefficient thermique (en W/Bq) et de la proportion dans le spectre radiologique de chaque radionucléide à To. Exprimés en proportion de contribution thermique totale des 144 radionucléides, les résultats à 10 et 17 ans montrent l'influence majeure du  $^{60}\text{Co}$  et de  $^{108\text{m}}\text{Ag}$  sur le comportement du colis vis-à-vis de la thermique et de la radiolyse. Seul  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  présente un coefficient thermique supérieur à celui du  $^{60}\text{Co}$  mais sa période est courte (249 jours).

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

	Coefficient thermique (W/Bq)	% en activité $\beta/\gamma$ « thermiques » / % en puissance thermique totale sur 144 RNs		
		à T0	à T= 10 ans	à T = 17 ans
CO60F	4,17E-13	0,25% / 0%	29,15% / <b>74%</b>	51,97% / <b>69%</b>
AG108M	2,64E-13	0,02% / 0%	6,61% / <b>11%</b>	32,52% / <b>27%</b>
CD109	1,74E-14	22,20% / 1%	58,10% / 6%	4,06% / 0%
AG110M	4,54E-13	77,52% / 99%	2,77% / 8%	0,00% / 0%

La contribution de l'ensemble des radioéléments  $\beta/\gamma$  « autres » à la thermique des colis est de l'ordre du pourcent (exprimé en puissance) au maximum.

## 5.2 SPECIFICATIONS PHYSICO-CHIMIQUES

Seuls les déchets (paniers/étuis) respectant les spécifications physico-chimiques d'ICEDA sont acceptés. Les déchets traités<sup>6</sup> et conditionnés dans ICEDA sont essentiellement des aciers (inox ou noir) et des matériaux neutrophages ou inertes (B4C, AIC ou pyrex). Les spécifications physico-chimiques d'acceptation des déchets sur ICEDA se composent :

- Des déchets autorisés sans restriction ;
- Des déchets autorisés avec restriction ;
- Des déchets interdits ;

### 5.2.1 Déchets autorisés sans restriction

Les déchets MAVL autorisés sans restriction dans ICEDA sont les suivants :

- Les déchets métalliques entiers ou morcelés (sauf les métaux réactifs avec le liant hydraulique tels que le zinc, l'aluminium, le laiton ou l'acier galvanisé pour lesquels des restrictions de surface s'appliquent) ;
- Les matériaux neutrophages (B4C, AIC ou pyrex).
- Le béton.

### 5.2.2 Déchets autorisés avec restriction

Les déchets suivants sont autorisés si les restrictions qui leur sont associées sont appliquées. Ces restrictions ont été établies conformément aux exigences actuelles du CSA et à l'agrément 11AT (agrément coques utilisées pour le conditionnement de déchets hétérogènes FMA-vc du parc REP actuel en colis en béton durable) et tenant compte des spécifications préliminaires d'acceptation des colis de déchets MAVL à CIGEO [34] :

- les résidus de peinture s'ils sont complètement durcis et les solvants évaporés,
- l'aluminium métallique (surface limitée à 0,224 m<sup>2</sup> par panier ou étui soit 0,1 m<sup>2</sup> pour 330 litres de volume), le zinc, le laiton et l'acier galvanisé sont limités en termes de surface selon les limites définies ou restant à définir par l'Andra,

<sup>6</sup> On entend par le terme "traitement" les opérations de découpe de déchets pour une mise au gabarit des déchets avant leur mise en panier en visant un remplissage optimisé (ie. découpe industriellement faisable avec une technologie simple et robuste, respectant des plannings de chantier économiquement viables).

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 39/94

- les déchets homogènes immobilisés sont limités à 20% du volume utile d'une coque (160 litres). Les déchets autorisés dans ce cas sont des déchets morcelés (type copeaux de découpe) s'ils sont saupoudrés dans le colis parmi les déchets hétérogènes ou conditionnés en pot ouvert,
- les déchets dispersables non immobilisés sont limités à 10% du volume utile d'une coque (80L). Ils peuvent éventuellement être préconditionnés dans un emballage ouvert, dans un emballage fermé, ou en vrac dans le colis,

La possible application du référentiel du CSA en matière de déchets pulvérulents est liée à la production sur ICEDA de particules où poussières FMA-vc car principalement issues du sciage des étuis de DAE (ie. déchets contaminés FMA-vc). Le cisailage des crayons activés MAVL génère en comparaison peu de particules. Ces déchets pulvérulents sont récoltés par un dispositif d'aspiration dans des pots métalliques adaptés à la restriction précédente (10% du volume utile d'un panier), à raison d'un pot par panier mélangé à d'autres déchets. Ainsi, il n'est pas nécessaire de procéder à un essai de mélange de ces déchets avec le coulis cimentaire de blocage.

- le graphite : uniquement s'il est attaché à une structure métallique et à condition que des dispositions particulières soient mises en œuvre pour éviter sa flottaison lors des opérations de conditionnement sur ICEDA (ie. utilisation d'une grille anti-flottaison).

Les substances susceptibles de présenter les propriétés ci-dessous sont soumises à déclaration [34]. Le producteur justifiera que ces substances ne constituent pas une source de danger durant les opérations de conditionnement et d'entreposage sur ICEDA et la période d'exploitation de CIGEO :

- Substances potentiellement pyrophoriques : conformément au règlement européen « il n'y a pas lieu d'appliquer la procédure de classification pour les matières solides pyrophoriques lorsque l'expérience acquise dans la fabrication ou l'utilisation d'une substance ou d'un mélange montre que celle-ci/celui-ci ne s'enflamme pas spontanément au contact de l'air à température normale (c'est-à-dire que la substance demeure notoirement stable à température ambiante pendant une durée prolongée (plusieurs jours). » ;
- Substances présentant des risques de reprise de réactivité sous l'effet d'un apport d'énergie (cf. [34]), notamment des graphites irradiés susceptibles de libérer l'énergie accumulée par effet Wigner. Les graphites recuits ne sont pas concernés.

### 5.2.3 Déchets interdits

Les déchets élémentaires à conditionner sur ICEDA sont exempts de :

- substances explosives ou facilement inflammables, ou présentant des risques de réaction exothermique brutale avec les différents constituants du colis final,
- substances et mélanges les plus réactifs au contact de l'eau (réaction exothermique) et dégageant des gaz inflammables, relevant précisément de la catégorie 1 au titre du règlement du 16 décembre 2008 concernant la classe substances et mélanges qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables,
- espèces chimiques pouvant interagir avec le liant hydraulique : magnésium, uranium, sulfates, chlorures, fluorures, borates, carbonates, ammonium, lithium, carbone organique total,
- substances infectieuses,
- liquides libres (organiques ou aqueux) : les déchets humides sont acceptés dans ICEDA mais les colis produits ne doivent pas contenir d'eau libre. Les liquides libres sont donc interdits dans les paniers.

	<p align="center"><b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b></p>		
<p>DP2D_FD-DP2D</p>	<p>Référence : D455524009195</p>	<p>Indice :</p>	<p>Page 40/94</p>

- matières putrescibles,
- bois, produits à base de bois, déchets gonflant de façon significative après reprise d'eau,
- tubes fluorescents,
- graisses et paraffines,
- sources radioactives scellées,
- bombes aérosols,
- substances et mélanges classés pyrophoriques au titre du règlement du 16 décembre 2008,
- matériaux très fortement réactifs tels que le magnésium finement divisé, le sodium et les alliages de sodium.

### 5.3 LIMITE DE PUISSANCE THERMIQUE PAR COLIS

Sur la base de nos connaissances en matière d'inventaires radiologiques des déchets activés d'exploitation et de démantèlement, deux configurations de colis ont été identifiées et sont considérées sur le plan de la thermique des colis MAVL ICEDA :

- Les colis comportant des déchets dont la puissance thermique est essentiellement dictée par la présence du radionucléide  $\beta/\gamma$  « thermiques »  $^{60}\text{Co}$  dans les déchets (ie. impuretés cobalt),
- Les colis dont la puissance thermique est dictée par la présence des radionucléides  $\beta/\gamma$  « thermiques »  $^{60}\text{Co}$  (ie. impuretés cobalt) et  $^{108\text{m}}\text{Ag}$  dans les déchets (ie. composition élémentaire en argent dans certains inox).

La puissance thermique maximale d'un colis auquel on attribue une activité radiologique de 400 TBq (activité maximale par colis autorisée pour les  $\beta/\gamma$  « thermiques ») varie selon la configuration précédente considérée, précisément en fonction des teneurs en argent et en impureté cobalt dans les déchets, en fonction également de la période de décroissance du  $^{60}\text{Co}$  et de l' $^{108\text{m}}\text{Ag}$ .

Le  $^{60}\text{Co}$  compte parmi les radionucléides les plus énergétiques de la liste mentionnée<sup>7</sup> et est doté d'une période de décroissance  $T_{1/2} = 5,3$  ans impliquant le maintien de cette activité sur des durées non négligeables à l'échelle de la durée d'exploitation de l'installation ICEDA. La période de décroissance de l' $^{108\text{m}}\text{Ag}$  est de 418 ans impliquant l'absence de décroissance de ce radionucléide à la même échelle de temps.

Cette activité de 400 TBq en équivalent  $^{60}\text{Co}$  équivaut à une puissance thermique maximale par colis de l'ordre de 170 W. Les colis avec  $^{108\text{m}}\text{Ag}$  au même niveau d'activité radiologique ont une puissance inférieure, l' $^{108\text{m}}\text{Ag}$  étant un radionucléide moins thermique que le  $^{60}\text{Co}$ .

<sup>7</sup> Seul l'Ag110m est légèrement plus énergétique que le Co60 mais pour une période de décroissance plus faible (T1/2 = 249 jours)

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice : Page 41/94

Les tableaux suivants donnent une estimation de la décroissance de la puissance thermique par colis dans les deux configurations citées en tête de paragraphe :

***Colis de déchets dont la puissance thermique est essentiellement dictée par la présence de <sup>60</sup>Co***

	A date de fabrication	> 5 ans	> 10 ans	> 15 ans	> 20 ans	> 30 ans	> 45 ans	> 100 ans	> 250 ans	> 500 ans	> 1000 ans
W/colis MAVL	170 W	90 W	48 W	27 W	15 W	6 W	3 W	2 W	0,73 W	0,17 W	0,05 W

***Colis de déchets dont la puissance thermique est dictée par la présence de <sup>60</sup>Co et <sup>108m</sup>Ag***

	A date de fabrication	> 10 ans	> 15 ans	> 30 ans	> 45 ans	> 60 ans	> 75 ans	> 90 ans	> 100 ans	> 500 ans	> 1000 ans
W/colis MAVL	<170 W	59 W	47 W	35 W	33 W	32 W	31 W	30 W	29 W	15 W	7 W

**5.4 LIMITE DE MASSE PAR COLIS**

La masse maximale d'un colis est de 6400 kg.

**6 METHODE DE CARACTERISATION RADIOLOGIQUE DES DECHETS MAVL**

**6.1 PRINCIPES GENERAUX**

Les déchets MAVL sont des déchets à la fois contaminés et activés par le flux neutronique du cœur. La caractérisation radiologique de ces déchets consiste à évaluer leur activité totale, c'est-à-dire la somme de l'activité due à l'activation et celle liée à la contamination.

La méthode de caractérisation de l'activité radiologique due à l'activation pour ces déchets repose sur les principes suivants :

- Evaluation du niveau d'activité d'un ou de plusieurs traceur(s) gamma facilement mesurable(s) (<sup>60</sup>Co ou autre) à partir d'une mesure directe (mesure de débit de dose ou spectrométrie gamma) ;
- Evaluation de l'activité des autres radionucléides (gamma, radionucléides difficilement mesurables, émetteurs alphas) par application des ratios d'activation à partir du ou des traceur(s).

La part liée à la contamination est caractérisée par un forfait, celle-ci n'étant ni accessible directement par la mesure sur les déchets (la part contamination étant négligeable devant par la part activation et n'ayant pas d'influence sur le process de conditionnement), ni correctement modélisable.

**Nota** : cette méthode de caractérisation radiologique des déchets à la fois contaminés et activés n'est pas propre aux déchets MAVL.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 42/94

Les inventaires chimiques et radiologiques des Déchets Activés d'Exploitation (DAE) et des Déchets Activés de Démantèlement (DAD) utilisés pour le dimensionnement de l'installation ICEDA ont été établis avec l'état de la connaissance des déchets à entreposer disponible fin 2007.

Aujourd'hui, ces inventaires sont affinés et consolidés au fur et à mesure des besoins pour aboutir à des inventaires déclaratifs (i.e. ratios et forfaits utilisés pour déclarer l'activité des déchets avant leur envoi à ICEDA). Ces inventaires déclaratifs sont ou seront établis suivant l'évolution de l'état de l'art, respectivement en connaissance des impuretés<sup>8</sup> dans les matériaux, transport de neutrons et en évolution isotopique sous et hors flux de neutrons. EDF transmettra les différentes notes de spectres et ratios au fur et à mesure de leur mise à jour.

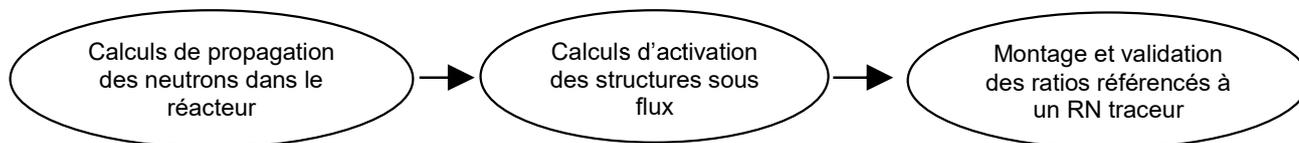
La méthodologie mise en œuvre et explicitée ci-après conduit à une évaluation raisonnablement et globalement majorante de l'activité. L'activité des 144 radionucléides de la liste Andra sera évaluée.

## 6.2 ETABLISSEMENT DES RATIOS D'ACTIVATION

La démarche générale mise en œuvre pour quantifier les inventaires radiologiques des déchets activés et établir les ratios d'activation passe par des calculs d'activation des structures. Elle peut être complétée par des prélèvements sur des déchets actifs représentatifs. Cette démarche est présentée ci-après.

### 6.2.1 Présentation de la démarche : activation des structures

La figure suivante présente les principales étapes de la démarche.



**Schéma de principe d'un calcul d'activation et de son application aux déchets activés**

Les calculs des inventaires d'activation décrits brièvement sur la figure précédente sont complexes et lourds à mettre en œuvre, notamment en ce qui concerne la prise en compte des historiques d'irradiation (au sens large). Le processus interne EDF de contrôle des études répond à ce constat. En marge de ces contrôles, des vérifications élémentaires sont effectuées pour garantir la qualité des résultats finaux avec la reprise de certaines parties des simulations avec d'autres approches méthodologiques et confrontations des résultats obtenus selon les différentes voies.

L'ensemble des jeux de données est archivé pour pouvoir effectuer de nouvelles vérifications, si besoin.

La démarche de calculs d'activation des structures passe par les trois phases suivantes :

- Le calcul de propagation des neutrons : Résolution de l'équation du transport par la méthode de Monte Carlo. Une cartographie de flux neutronique homogénéisé en énergie est obtenue sur la base d'un calcul de propagation neutronique en « énergie continue ». La description géométrique en 3D du problème devant être

<sup>8</sup> Concernant l'évolution des calculs d'activation sur les déchets, les compositions chimiques sans impureté, hormis pour le cobalt aux valeurs hautes des spécifications suivies par les métallurgistes, ont été par la suite remplacées par des résultats d'analyses chimiques concernant les impuretés dans les structures activées. L'utilisation de ces informations a conduit à enrichir nos inventaires radiologiques et à les rendre plus robuste.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 43/94

traité constitue une donnée d'entrée. A cette géométrie, on associe les compositions élémentaires hors impuretés relatives à chaque structure ainsi qu'une distribution des sources neutroniques. En sortie, le calcul permet de disposer d'une cartographie 3D du flux neutronique multi groupes aux conditions nominales.

- Le calcul d'activation** : Résolution analytique des équations de Bateman (évolution des compositions isotopiques sous et hors flux neutronique) par méthode itérative de Runge Kutta. Cette résolution montre que les inventaires radiologiques par activation neutronique sont proportionnels à la concentration des éléments pères. Compte tenu de la variabilité des concentrations des impuretés (plusieurs décades entre min et max pour certains éléments chimiques), la notion de composition enveloppe est délicate à manipuler. La notion de moyenne protégée par le traceur (minoration) ou l'historique d'irradiation (kd, longueur des cycles sous flux, longueur des inter-cycles, etc.) est jugée plus pertinente.

Selon cette résolution, les activités massiques sont calculées pour les différentes structures d'intérêt. Les données d'entrée sont la cartographie du flux établie par le code de propagation, les compositions élémentaires de chaque volume d'encaissement ainsi que le diagramme de marche de l'installation et l'historique d'irradiation de chaque structure. En sortie, le calcul permet de disposer des inventaires radiologiques relatifs à chaque volume d'encaissement.

- Le montage des ratios référencés à un RN traceur (ou étalon)** : cette étape consiste à choisir un RN traceur facilement mesurable sur chaque déchet, puis à déterminer les rapports des activités entre les RN d'intérêt pour les déclarations ANDRA et le traceur. Les traceurs correspondent à des émetteurs gamma facilement mesurables et majoritaires dans le déchet. Le  $^{60}\text{Co}$  (en tant que RN issu de l'activation de l'impureté cobalt) est généralement toujours présent quel que soit le type de déchet, en particulier dans les déchets métalliques. Pour certains déchets comme les barres AIC (Ag-In-Cd), le traceur pourrait être l' $^{108\text{m}}\text{Ag}$ .

Cette dernière étape peut être complétée par une confrontation mesures/calculs sur des RN mesurés : à partir des résultats des mesures du traceur associés aux ratios, un inventaire peut être établi et une confrontation peut être lancée entre les inventaires calculés par ratios et les résultats des analyses radiochimiques réalisées sur les échantillons prélevés. Cette confrontation, lorsqu'elle est possible, permet d'affiner la déclaration des ratios.

Cette démarche selon laquelle les ratios d'activation sont établis à partir d'une modélisation complétée d'une confrontation calculs/mesures, garantit le caractère globalement et raisonnablement enveloppe de la déclaration de l'activité radiologique.

Les codes de référence utilisés en routine par EDF dans le cadre des démonstrations de sûreté, dans une démarche à l'état de l'art (avec notamment des flux neutroniques à 315 groupes d'énergie) sont d'une part TRIPOLI (développé par le CEA) ou MCNP (développé par le « Los Alamos National Laboratory » aux Etats Unis) pour la propagation des neutrons et le calcul de la cartographie 3D multigroupe du flux neutronique, et d'autre part DARWIN (développé par le CEA) pour les évolutions isotopiques sous et hors flux neutronique soit l'activation des structures mobiles ou fixes. Ces codes sont utilisés pour établir les inventaires radiologiques déclaratifs des déchets. L'utilisation d'autres outils reste possible.

A date, notre processus de validation du calcul des inventaires passe par deux étapes, la première relative aux modèles numériques et aux principales hypothèses de calcul parfaitement maîtrisées (géométrie 3D, historique sous et hors flux neutronique, compositions normatives des structures issues des PV de coulées), et la seconde relative aux hypothèses de concentration des impuretés.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 44/94

La validation du modèle s'effectue avec des mesures d'isotopes majoritaires dont la concentration est parfaitement maîtrisée et qui s'active en RN facilement mesurables en laboratoire. Ainsi usuellement, pour les aciers au carbone on retient le Fe qui s'active en <sup>55</sup>Fe, pour les aciers inoxydables on retient le Fe et le Ni qui s'activent respectivement en <sup>55</sup>Fe et <sup>63</sup>Ni et pour les crayons absorbants AIC (Argent, Indium, Cadmium) on retient l'Ag qui s'active en <sup>108m</sup>Ag.

### 6.2.2 Définition d'un ratio

Dans le principe, le ratio relatif à un radionucléide donné correspond au rapport entre son activité massique calculée à une date donnée et celle d'un élément traceur facilement mesurable. Le ratio est donné par le rapport des activités calculées selon la relation :

$$ratio_{RN\_i} = \frac{activité\ RN_i}{activité\ traceur} \quad /1/$$

Lors des travaux de démantèlement et donc de la mise en paniers des déchets, la seule mesure de l'activité du traceur permet de remonter aux activités « expérimentales » des différents RN<sub>i</sub> au travers de la relation ci-après où « dt » correspond à l'écart de temps entre la date de référence d'établissement des ratios et la date de mesure du traceur, et λ les constantes de décroissance radioactive respectives :

$$activité\ RN_i = \frac{ratio_{RN\_i} \times activité\ traceur\ mesurée \times \exp(-\lambda_{RN_i} \times dt)}{\exp(-\lambda_{traceur} \times dt)} \quad /2/$$

### 6.3 ETABLISSEMENT DES FORFAITS DE CONTAMINATION

Le phénomène de contamination est un phénomène complexe qui correspond à un transport de matière avant ou après activation, suivi d'une phase de sédimentation plus ou moins complexe. Qu'il s'agisse des étapes d'érosion ou de mise en dépôts, la complexité des phénomènes vient d'une part de la nature physicochimique des matériaux, et d'autre part des conditions thermodynamiques d'occurrence.

A ce jour, il n'existe pas de modèle numérique industriel utilisé à EDF dans le cadre du démantèlement des installations permettant de modéliser les différents phénomènes en lien avec la contamination d'une structure sur la durée d'exploitation et de post-exploitation. De plus, il n'est pas envisageable de mesurer la contamination directement sur les déchets activés, les différents procédés d'échantillonnage connus ne permettant pas de la dissocier de l'activation.

Les évaluations de la contamination sont basées sur les mesures spécifiques avec la prise en compte des fonctionnalités des circuits lors des phases d'exploitation. Pour illustrer, le niveau de <sup>60</sup>Co retenu pour le forfait de contamination des DAE est établi sur la base des résultats des campagnes de mesures EMECC effectuées en routine sur les circuits et les structures hors flux neutroniques du parc REP.

Ainsi, les forfaits de contamination sont établis sur la base des connaissances acquises sur le niveau de contamination en <sup>60</sup>Co des circuits primaires des réacteurs nucléaires par le biais de mesures directes (spectrométrie gamma et mesures de DED) et de prélèvements suivis d'analyses.

A noter que la contamination est recherchée dans les zones peu ou pas activées en postulant que le flux neutronique ne modifie pas significativement la nature radiologique du dépôt.

Les niveaux de contamination de l'ensemble des radionucléides sont obtenus à partir du niveau de contamination du <sup>60</sup>Co et des données spectrales issues du REX du parc REP. Les données utilisées sont le spectre S122 et la

	RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 45/94

batterie de ratios issue du bilan 2003-2012 des campagnes de caractérisation radiologique d'EDF, confrontées aux SCO ANDRA. Ces documents (et la démarche) connus de l'ANDRA sont applicables à l'ensemble des DAE du parc REP. Ces données sont complétées par des analyses radiochimiques en laboratoire d'échantillons de Tubes Guides de Grappes (frottis et échantillons massifs), permettant d'évaluer le niveau de contamination des actinides.

Ainsi, en ligne de principe le forfait de contamination est identique quel que soit le type de DAE.

#### 6.4 INCERTITUDES ASSOCIEES A L'ACTIVITÉ RADIOLOGIQUE DES DECHETS MA-VL RECEPTIONNES ET CONDITIONNES DANS ICEDA

L'activité totale des déchets MAVL est la somme de deux contributions : la part activation (majoritaire) et la part contamination. La part activation étant largement majoritaire, elle porte les incertitudes liées à l'activité totale.

La part activation est établie par l'application des ratios d'activation par rapport à un traceur gamma facilement mesurable.

Le ratio  $R_i$  relatif à un radionucléide  $i$  donné correspond au rapport entre son activité théorique  $A_i^{th}$  calculée à une date donnée et celle de l'élément traceur, en l'occurrence le  $^{60}\text{Co}$  :

$$R_i = \frac{A_i^{th}}{A^{th}({}^{60}\text{Co})}$$

Et on déclare l'activité  $A_i$  d'un radionucléide  $i$  à partir de l'activité  $A^*({}^{60}\text{Co})$  mesurée pour le  $^{60}\text{Co}$  par la relation :

$$A_i = R_i \cdot A^*({}^{60}\text{Co})$$

En ligne de principe, la relation précédente doit être adaptée de manière à embarquer les différentes sources d'incertitudes, tant vis-à-vis du radionucléide  $i$  que du traceur  $^{60}\text{Co}$ . Ces différentes incertitudes étant indépendantes, l'incertitude globale associée à la déclaration de l'activité d'un radionucléide  $i$  s'exprime en appliquant la règle usuelle de combinaison des variances pour des variables indépendantes (somme quadratique) :

$$n\sigma(A_i) = \sqrt{[n\sigma(R_i)]^2 + [n\sigma(A^*({}^{60}\text{Co}))]^2}$$

où  $n$  est le facteur d'élargissement, choisi en fonction de l'étendue désirée pour l'intervalle de confiance. On retient usuellement  $n = 2$ , ce qui correspond à un intervalle de confiance de 95 %, c'est-à-dire que sur un ensemble de colis déclarés, 95 % des valeurs réelles de l'activité du radionucléide  $i$  sont comprises dans l'intervalle  $[A_i \cdot (1 - 2\sigma(A_i)); A_i \cdot (1 + 2\sigma(A_i))]$ ,  $A_i$  étant l'activité déclarée pour le radionucléide  $i$ .

##### 6.4.1 Incertitudes associées au calcul des ratios d'activation

On associe aux ratios  $R_i$  une incertitude relative  $\sigma(R_i)$  obtenue en faisant la somme quadratique des différentes sources d'incertitudes indépendantes associées à la détermination des ratios :

$$\sigma(R_i) = \sqrt{[\sigma(A_i^{th})]^2 + [\sigma(A^{th}({}^{60}\text{Co}))]^2}$$

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

Où  $\sigma(A_i^{th})$  et  $\sigma(A_i^{th}(^{60}Co))$  sont les incertitudes associées à l'activité calculée respectivement pour le radionucléide  $i$  et pour le  $^{60}Co$ . Elles dépendent :

- De l'incertitude associée à l'hypothèse de concentration des noyaux pères retenue pour le calcul, notée  $\sigma_i^{père}$  pour le radionucléide  $i$  et  $\sigma^{père}(^{60}Co)$  pour le  $^{60}Co$  ;
- Des incertitudes de mesure de concentration des noyaux pères, notées  $\sigma_i^{*père}$  pour le radionucléide  $i$  et  $\sigma^{*père}(^{60}Co)$  pour le  $^{60}Co$  ;
- De l'incertitude associée aux calculs eux-mêmes, dont l'origine correspond principalement aux approximations de modélisation, notées  $\sigma_i^{cal}$  pour le radionucléide  $i$  et  $\sigma^{cal}(^{60}Co)$  pour le  $^{60}Co$ .

Ces trois sources d'incertitude étant indépendantes, l'incertitude finale est obtenue en faisant la somme quadratique des incertitudes relatives dues à chacun des termes élémentaires :

$$\sigma(R_i) = \sqrt{[\sigma_i^{*père}]^2 + [\sigma^{*père}(^{60}Co)]^2 + [\sigma_i^{père}]^2 + [\sigma^{père}(^{60}Co)]^2 + [\sigma_i^{cal}]^2 + [\sigma^{cal}(^{60}Co)]^2}$$

Pour simplifier cette équation tout en garantissant un caractère conservatif, on peut retenir :

- comme incertitude liée à la variabilité une valeur haute unique enveloppe indépendante du radionucléide.
- comme incertitude de mesure de concentration des noyaux père une valeur haute unique enveloppe indépendante du l'élément chimique ;
- comme incertitude de calcul une valeur haute unique enveloppe indépendante du radionucléide.

L'équation précédente devient alors, après application du facteur d'élargissement de 2 :

$$2\sigma(R_i) = \sqrt{2 \times [2\sigma_i^{*père}]^2 + 2 \times [2\sigma^{*père}]^2 + 2 \times [2\sigma^{cal}]^2}$$

En pratique :

- Les mesures des compositions élémentaires sont données avec une incertitude inférieure à 10%. On retiendra comme incertitude de mesure des noyaux père  $2\sigma^{*père}$  la valeur de 10%.
- Les études des teneurs élémentaires des alliages métalliques montrent que, tous éléments confondus, la variabilité moyenne des éléments pères est de l'ordre d'un facteur 1,4 (retour d'expérience relatif au rapport entre les valeurs moyennes et les valeurs hautes à  $2\sigma$ ). On retiendra comme incertitude de variabilité des concentrations des éléments pères  $2\sigma^{père}$  la valeur de 40%.
- Vis-à-vis des calculs d'activation, l'incertitude  $2\sigma^{cal}$  est évaluée à 30%. Cette valeur intègre par somme quadratique les incertitudes à  $2\sigma$  liées aux hypothèses de calcul des flux neutroniques (20%) et à la simplification des historiques d'irradiation (15%).

**La prise en compte de ces valeurs dans l'équation précédente conduit à associer aux ratios d'activation une incertitude globale de 72% ( $2\sigma$ ).**

L'exploitation des ratios passe par une mesure du traceur gamma. L'incertitude de mesure de ce traceur dépend des conditions opératoires et des dispositifs de mesures mis en œuvre.

	RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

### 6.4.2 Incertitudes associées aux activités mesurées par spectrométrie gamma

L'activité  $A_i^*$  mesurée par spectrométrie gamma pour le radionucléide  $i$  est la moyenne des activités évaluées pour les différentes raies d'émission  $j$  de ce radionucléide, pondérée par leur incertitude et s'écrit :

$$A_i = \frac{\sum_j \left[ \frac{A_{ij}^*}{\sigma(A_{ij}^*)} \right]^2}{\sum_j \left[ \frac{1}{A_{ij}^*} \right]^2}$$

où :  $A_{ij}^*$  est l'activité du radionucléide  $i$ , mesurée par spectrométrie gamma pour la raie à l'énergie d'émission  $j$  de ce radionucléide ;

$\sigma(A_{ij}^*)$  est l'écart type sur cette grandeur

L'activité établie par raie s'écrit :

$$A_{ij}^* = \frac{T_j}{Ks_j \cdot \Gamma_{ij}} = \frac{T_j}{K_j \cdot FT_j \cdot \Gamma_{ij}}$$

où :  $T_j$  est le taux de comptage dans la raie  $j$ ,

$\Gamma_{ij}$  est le pourcentage d'émission de la raie d'émission d'énergie  $j$  du radionucléide  $i$  ;

$Ks_j$  est l'efficacité absolue du détecteur pour le colis considéré telle que :

$K_j$  est l'efficacité propre du détecteur (rapport entre le nombre de photons détectés par la sonde et le débit de fluence de photons au centre du détecteur),

$FT_j$  est la fonction de transfert à l'énergie spécifique au colis considéré  $j$ , définie comme le rapport du débit de fluence de photons au centre du détecteur par le nombre de photons émis par la source.

L'incertitude relative associée à l'activité du radionucléide  $i$  dans le colis s'exprime en appliquant la règle usuelle de combinaison des variances indépendantes, avec un facteur d'élargissement conventionnel de 2 (soit à  $2\sigma$ ) garantissant un intervalle de confiance à 95 %. En retenant le cas simplifié d'un radionucléide mono-énergétique, d'un taux de remplissage donné et d'une répartition homogène de l'activité dans le volume rempli, on a :

$$2\sigma(A_i^*) = \sqrt{[2\sigma(T)]^2 + [2\sigma(Ks)]^2 + [2\sigma(\Gamma_i)]^2}$$

En rajoutant la contribution des incertitudes sur les fonctions de transfert dues à l'hétérogénéité de répartition d'activité dans le colis  $\sigma(FTh)$  d'une part, et au choix du taux de remplissage  $\sigma(FTr)$  d'autre part, on obtient :

$$2\sigma(A_i^*) = \sqrt{[2\sigma(T)]^2 + [2\sigma(Ks)]^2 + [2\sigma(\Gamma_i)]^2 + [2\sigma(FTh)]^2 + [2\sigma(FTr)]^2}$$

	RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

Enfin, l'incertitude liée à la pesée du panier, en se propageant dans le calcul de la densité de la source, induit une incertitude sur la valeur de la fonction de transfert retenue  $2\sigma(FTp)$ , cette valeur étant dépendante de la densité.

Au final, on obtient donc :

$$2\sigma(A_i^*) = \sqrt{[2\sigma(T)]^2 + [2\sigma(Ks)]^2 + [2\sigma(\Gamma_i)]^2 + [2\sigma(FTh)]^2 + [2\sigma(FTr)]^2 + [2\sigma(FTp)]^2}$$

A défaut de réelles incertitudes, les valeurs à  $2\sigma$  peuvent représenter des écarts maximaux, c'est-à-dire un intervalle de confiance de 100 % plutôt que 95 %.

On retient en pratique les valeurs suivantes pour les incertitudes à  $2\sigma$  :

- L'incertitude associée au taux de comptage dans le pic du traceur  $2\sigma(T)$  est de l'ordre de **20 %**.
- L'incertitude associée au taux d'émission des traceurs,  $2\sigma(\Gamma_i)$ , est très faible : une valeur conservative de **2 %** est retenue.
- L'incertitude associée à l'efficacité absolue  $2\sigma(Ks)$  est variable suivant les sondes et leurs résultats d'étalonnage. Elle est estimée à **25 %** pour un taux de remplissage donné et dans le cas d'une répartition homogène de l'activité dans le volume rempli.
- L'erreur maximum liée au calcul des FT et associée à l'hétérogénéité de répartition de l'activité des déchets dans le volume rempli  $2\sigma(FTh)$  est estimée à **100 %** pour la plage de densités apparentes pour lesquelles les FT sont applicables.
- L'erreur maximum relative au calcul des FT et associée à l'estimation et au choix du taux de remplissage  $2\sigma(FTr)$  est estimée à **25 %**.
- L'erreur maximum relative au calcul des FT et associée à la pesée  $2\sigma(FTp)$  est de l'ordre de **2 %**, via l'erreur induite sur la densité prise en compte.

**Par composition quadratique de l'ensemble des termes ci-dessus, on estime donc l'incertitude globale sur l'activité  $A_i^*$  d'un radionucléide  $i$  mesuré par spectrométrie gamma à 110 % ( $2\sigma$ ).**

**La prise en compte de cette incertitude conduit à définir (cf. [25]) une limite opérationnelle à 190 TBq pour le groupe de radionucléides  $\beta/\gamma$  « thermiques » défini au paragraphe 5.1.3.**

### 6.4.3 Incertitude associée aux inventaires radiologiques

L'incertitude associée aux inventaires radiologiques des déchets MA-VL est la suivante :

- Pour les radionucléides mesurés par spectrométrie gamma, la valeur de 110% calculée au paragraphe 6.4.2 est retenue ;
- Pour les radionucléides déclarés par ratios, la valeur retenue est de 130 %, obtenue par combinaison quadratique des incertitudes estimées aux paragraphes 6.4.1 et 6.4.2.

## 6.5 MODALITES D'ETABLISSEMENT DES INVENTAIRES CHIMIQUES ET RADIOLOGIQUES DE REFERENCE UTILISES POUR LE DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION ICEDA

Les DAE contribuent majoritairement au dimensionnement global de l'installation ICEDA. Leurs inventaires chimiques et radiologiques ont été établis selon les modalités et les hypothèses suivantes :

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 49/94

- Flux neutronique : définition d'un flux maximal réaliste qui correspond à une gestion combustible GARANCE ;
- Composition chimique des grappes : d'un point de vue chimique, les teneurs en impuretés considérées correspondent aux valeurs moyennes mesurées (procès-verbaux de coulée) pour un ensemble représentatif des approvisionnements de grappes.

Les calculs ont été réalisés avec le code GUEPARD<sup>9</sup> qui est un code de calcul d'activation neutronique. Ce code a permis d'établir les inventaires radiologiques de référence des DAE utilisés pour le dimensionnement de l'installation ICEDA.

## 6.6 MODALITES D'ETABLISSEMENT DES INVENTAIRES DECLARATIFS ET PLANNING ASSOCIE

Les inventaires déclaratifs seront étudiés :

- pour les DAD : par site et par typologie de déchets (i.e. par composition chimique) ;
- pour les DAE : par palier (900 MW, 1300 MW et 1450 MW) et par typologie de déchets (i.e. par composition chimique).

Des regroupements (par palier et/ou par typologie de déchets) pourront être effectués pour limiter le nombre de jeux de ratios d'activation différents et faciliter l'exploitation d'ICEDA (tout en veillant à aboutir à une majoration acceptable de l'activité des colis).

Les modalités d'établissement de ces inventaires déclaratifs ainsi que le planning associé sont présentés dans les paragraphes suivants. Néanmoins, les précisions suivantes peuvent être apportées, en particulier vis-à-vis des données d'entrée utilisées pour les calculs d'activation :

- Les données d'entrée doivent permettre de remonter à la géométrie complète du réacteur, depuis le combustible jusqu'au bâtiment réacteur en passant par les internes mobiles (i.e. barres de commande). En règle générale, les plans sont retenus comme donnée de référence. Si des maquettes numériques 3D existent, elles peuvent avantageusement remplacer des plans 2D.
- La seconde information d'intérêt est la composition chimique de chaque structure. Si dans le principe la connaissance des normes peut être suffisante pour alimenter les calculs de propagation (i.e. concentrations des éléments majeurs ayant un impact sur les qualités mécaniques de la structure), il s'avère que la connaissance des concentrations des éléments mineurs est importante au regard des exigences de l'ANDRA (exploitant des exutoires de stockage définitifs des déchets radioactifs) en lien avec l'arrêté INB du 07/02/2012. Pour répondre à ce besoin, EDF exploite au maximum les informations des procès-verbaux de coulées fournis par les fondeurs et les complète par des analyses chimiques ponctuelles dans l'objectif de disposer d'une base de données représentative des différentes structures des différents réacteurs (impuretés comprises).

<sup>9</sup> Le code GUEPARD qui est un code simplifié (équations, nombre de groupe d'énergie) alimenté par calculs à l'aide de codes déterministes (APPOLLO). Son utilisation était justifiée compte tenu de la connaissance des matériaux et des hypothèses retenues au lancement du projet ICEDA. A date, les codes probabilistes TRIPOLI ou MCNP pour les flux et DARWIN pour l'activation avec résolution par méthode de RANGE KUNTA d'un système complet d'équations différentielles de BATEMAN sont plus adaptés au calcul des inventaires radiologiques dans un cadre déclaratif.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

- Pour les calculs d'activation, la base de ces calculs est de simuler au plus près les historiques d'irradiation (dont l'historique sous et hors flux sont parfaitement connus). Pour ce faire, toutes les informations relatives au fonctionnement de l'installation sont collectées pour monter les hypothèses de calcul. Les résultats de calculs seront alors confrontés aux calculs directs (DARWIN) vis-à-vis de l'activation des étalons et aux calculs par ratios vis-à-vis de l'activation des étalons et des impuretés. Selon les résultats obtenus, des corrections pourront alors être apportées à nos hypothèses (historique sous et hors flux, concentration du traceur, contraction des impuretés en prenant en compte les variabilités statistiques, etc.). Le choix de la correction dépendra des résultats obtenus.
- Vis-à-vis des données de base (sections efficaces, filiations radioactives, périodes de décroissance, ...), en ligne de principe, les dernières bibliothèques qualifiées en date sont utilisées.

Planning prévisionnel (à ce stade) associé :

Les inventaires déclaratifs sont établis au fur-et-à-mesure des besoins et suivant le planning de démantèlement :

DECHETS		Etat des inventaires
Déchets Activés d'Exploitation (DAE)	900 MW – BU2	Inventaire consolidé
	900 MW – Tous paliers	Inventaire estimatif avancé – à consolider
	1300 MW – Tous paliers	Inventaire estimatif avancé – à consolider
	1450 MW	Inventaire estimatif prévisionnel – à développer
Déchets Activés de Démantèlement (DAD)	Chooz A	Inventaire consolidé
	Fessenheim	Inventaire estimatif prévisionnel – à développer
	Creys Malville	Inventaire consolidé
	Saint Laurent A	Inventaire estimatif prévisionnel – à développer – Priorisation selon le planning de démantèlement
	Chinon A	
	Bugey 1	

Nota : l'inventaire consolidé constitue l'état de connaissances de l'inventaire radiologique des déchets permettant leur déclaration dans les outils ad hoc entre le producteur et l'Andra, au stade de la production du colis, en vue de l'expédition ultérieure à l'exutoire.

Des étuis de crayons absorbants en provenance d'un CNPE et les déchets de Chooz A seront utilisés pour les essais en actif de l'installation.

## 6.7 EXEMPLE DES BARRES DE COMMANDE DE BUGEY 2

Des étuis de barres de commande de Bugey 2 (REP 900 MW CP0) ont été caractérisés notamment dans l'objectif de tester le dispositif de mesure prévu sur site. Ces étuis contiennent des crayons absorbants AIC (Argent Indium Cadmium) chemisés d'acier inox. L'inventaire radiologique d'activation déclaratif a été établi selon la méthodologie présentée sur la base des informations disponibles à mi-2015, avec notamment :

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 51/94

- Les cartographies 3D du flux neutronique multi-groupe aux conditions nominales ;
- Les dernières compositions chimiques connues ;
- Des calculs d'activation qui intègrent l'historique de fonctionnement du réacteur ainsi que les positions axiales et radiales des barres ;
- Une campagne de mesures par spectrométrie gamma des étuis.

La campagne de mesure s'est déroulée en 2014 dans la piscine du Bâtiment Combustible (BK) de Bugey 2 : les étuis de crayons AIC ont été caractérisés sous eau par spectrométrie gamma avec le système « SMOPY » (Safeguard MOx Python device) et l'activité du <sup>60</sup>Co a été évaluée pour chacun des étuis.

Par application des ratios d'activation et d'un forfait de contamination, on aboutit à une activité raisonnablement et globalement majorante pour chacun des 144 radionucléides de la liste Andra (cf. § 4.1.7). Les confrontations calculs/mesures montrent une surévaluation des calculs (<sup>60</sup>Co et <sup>108m</sup>Ag) de l'ordre de 30%.

Cette activité est celle qui sera déclarée pour l'envoi des déchets à ICEDA : elle est compatible avec le domaine de fonctionnement de l'installation et confirme le caractère enveloppe de l'inventaire radiologique retenu pour le dimensionnement de l'installation.

## 7 RESPECT DES SPECIFICATIONS D'ACCEPTATION DES DECHETS ET LEUR CONDITIONNEMENT EN COLIS A ICEDA

La vocation d'ICEDA est d'accueillir des déchets activés dans leurs emballages de transport afin de les conditionner en colis et non pas d'accueillir directement des colis de déchets MAVL déjà conditionnés.

### 7.1 RESPECT DES SPECIFICATIONS D'ACCEPTATION DES DECHETS A ICEDA

#### 7.1.1 Déclaration des déchets via l'outil informatique dédié

Les producteurs de déchets déclarent à l'exploitant d'ICEDA les caractéristiques radiologiques et physicochimiques des déchets élémentaires (paniers ou étuis) préalablement à leur expédition vers l'installation.

Sur la base de la déclaration des déchets dans l'outil informatique WasteApp, un contrôle des codes de natures physiques déclarés (absence de déchets interdits) est réalisé conformément aux spécifications d'acceptation définies dans l'outil informatique dédié pour l'installation ICEDA.

Pour déclarer les caractéristiques radiologiques des déchets activés :

- les ratios d'activation et les forfaits de contamination associés doivent avoir été préalablement validés selon la méthodologie présentée au § 6.2.2.
- les sites producteurs de déchets doivent réaliser systématiquement des mesures sur chaque déchet « élémentaire » (panier ou étui) afin de quantifier l'activité des émetteurs gamma traceurs connus (majoritairement le <sup>60</sup>Co).

Les mesures sur site peuvent être les suivantes :

- soit une mesure de Débit de Dose ;
- soit une mesure par spectrométrie gamma.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 52/94

L'activité des déchets est ainsi déclarée dans l'outil informatique WasteApp en appliquant à la mesure du ou des traceur(s) gamma les ratios/forfaits d'activation et de contamination validés. L'inventaire de l'activité des 144 radionucléides définis par l'Andra est évalué.

### 7.1.2 Acceptation et validation de l'expédition des déchets vers ICEDA

Préalablement à l'acceptation et à la validation de l'expédition des déchets vers ICEDA, l'exploitant d'ICEDA contrôle par le biais de l'application informatique dédiée à la déclaration (WasteApp) et au travers de la déclaration du site producteur la conformité des activités radiologiques et des caractéristiques physiques des déchets (codes de natures physiques).

Il contrôle également par sondage la FIDE (Fiche d'Identification du Déchet Élémentaire) transmise par le site producteur de déchets.

Ces contrôles aboutissent à la validation par l'exploitant de la prise en charge de chaque déchet élémentaire préalablement à son expédition.

### 7.1.3 Réception des déchets sur ICEDA

Les étuis de DAE et les paniers DAD préconditionnés sont référencés par un identifiant. La cohérence de cet identifiant est contrôlée lors du déchargement en cellule de conditionnement.

L'exploitant peut également réaliser à la réception, par sondage, des mesures de Débit de Dose sur les déchets élémentaires MAVL (étuis, paniers).

Tous les déchets radioactifs entrant sur ICEDA sont ainsi identifiés dans l'application informatique de déclaration (WasteApp). La localisation de chaque étuis/panier/colis dans l'installation ICEDA est gérée via l'application informatique développée spécifiquement pour les besoins d'exploitation et de traçabilité d'ICEDA.

### 7.1.4 Gestion des non-conformités

Les déchets à expédier vers ICEDA qui ne respectent pas les exigences spécifiées (radiologiques ou physicochimiques) font l'objet d'une non-conformité détectée par le producteur ou par l'exploitant ICEDA. Ces déchets ne sont pas admis dans ICEDA.

## 7.2 PRINCIPES DE REPARTITION DES DÉCHETS EN PANIER

La recherche d'un remplissage optimisé des paniers de déchets est un objectif majeur pour limiter le nombre de colis à entreposer sur ICEDA puis à stocker à CIGEO.

La logistique de répartition des déchets dans les paniers est décrite plus en détails au paragraphe 9.1. Dans la mesure du possible il n'y a pas de mélange de déchets présentant des ratios d'activation différents. Dans le cas contraire, la caractérisation radiologique des colis s'appuie sur l'utilisation de ratios d'activation majorants ou une caractérisation par sous-ensemble.

### 7.2.1 Remplissage des DAD en panier

Le principe de découpe des DAD sur les sites en démantèlement est celui d'une mise au gabarit des déchets pour qu'ils soient placés dans les paniers avec la recherche d'un remplissage optimisé de chaque panier par la mise en œuvre de solutions de découpe simples, robustes, industrielles, sur un plan économique notamment au

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 53/94

regard du planning de démantèlement. Les opérations de découpes tiennent compte des exigences de sûreté et de sécurité des travailleurs.

Un panier de DAD est donc rempli de manière optimisée sur le site en démantèlement. Son activité radiologique est contrôlée par le producteur avant expédition à ICEDA de manière à s'assurer qu'elle respecte bien les critères liés à l'agrément transport du site vers ICEDA, et qu'elle respecte également les critères fixés aux paragraphes 5.1.25.1.3 ou de manière plus complète les spécifications d'acceptation des déchets définies pour l'installation ICEDA [21].

## 7.2.2 Remplissage des DAE en panier

Les DAE sont des déchets longs parvenant sur ICEDA dans des étuis. Du point de vue du remplissage des paniers, il est donc nécessaire de les découper. Les essais expérimentaux réalisés en 2015 à l'échelle 1 démontrent qu'une découpe des crayons (diamètre de l'ordre de 10 mm) en tronçons de 10 cm permet d'optimiser le remplissage en vrac de chaque panier en limitant le foisonnement. Cette découpe garantit le conditionnement d'un linéaire de 3360 mètres de crayons par panier. Ce linéaire correspond, à titre d'exemple, à 3 étuis de 250 crayons de 4.48 m par colis. A noter cependant que le mélange d'un nombre non entier d'étuis dans un panier est possible car l'activité radiologique du panier est contrôlée par une mesure par spectrométrie gamma sur le panier (et non pas déterminée par la somme des activités de chaque étui).

Les étuis de DAE entreposés sur le parc en exploitation sont contrôlés radiologiquement avant expédition à ICEDA pour répondre aux critères fixés au paragraphe 5.1.2 ou de manière plus complète aux spécifications d'acceptation des déchets définies pour l'installation ICEDA [21].

Lors de la planification des expéditions, la constitution des lots de 12 étuis par emballage TN est validée par l'Exploitant ICEDA afin de garantir la production de colis optimisés sur ICEDA. Les critères de constitution des lots tiennent compte :

- Des contraintes d'exploitation des CNPE,
- Des règles de colisage par type de déchets (nombre d'étuis par panier),
- Des contraintes liées à la caractérisation radiologique (dans la mesure du possible, non mélange de déchets de ratios d'activation différents dans un même panier, le cas échéant la caractérisation radiologique du colis s'appuie sur l'utilisation de ratios d'activation majorants),
- De l'activité et de la puissance thermique maximale autorisée par panier (mélange de déchets chauds et froids).

De plus, ICEDA dispose, en cellule de découpe des déchets, d'un rack tampon d'une capacité d'entreposage de 25 étuis en attente de traitement, soit l'équivalent du contenu de 2 emballages TN (à un étui près).

A partir des données radiologiques des étuis disponibles dans ce rack, l'exploitant est en mesure d'associer les DAE qui vont être découpés et placés dans un même panier afin de constituer un colis optimisé en remplissage répondant aux critères fixés au paragraphe 5.1.3.

Les données d'inventaire radiologique confirment aujourd'hui qu'une décroissance de l'ordre de 10 ans des étuis sur CNPE permet une compatibilité radiologique et thermique de ces déchets avec le domaine de fonctionnement d'ICEDA (cf. § 5.1.2.) qu'ils contiennent ou pas de  $^{108m}\text{Ag}$ . Cette décroissance permet en particulier une introduction du linéaire de crayons évoqué ci-avant par colis respectant le critère de puissance thermique de 170 W à la phase de réalisation du colis (ie. avant décroissance radiologique du colis en phase d'entreposage sur

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 54/94

ICEDA pour son acceptation ultérieure à CIGEO). Ainsi, considérant un colis au remplissage optimisé contenant des DAE en provenance de plusieurs étuis, les données radiologiques de chaque étui sont bien inférieures aux critères fixés au paragraphe 5.1.2 pour les déchets élémentaires cela afin de respecter les critères fixés au paragraphe 5.1.3 pour les colis finis.

Il n'existe donc pas de piste d'optimisation particulière concernant la répartition par colis de l'activité en <sup>108m</sup>Ag pour les déchets qui en contiennent.

### 7.3 RESPECT DES SPECIFICATIONS DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS EN COLIS A ICEDA

Deux spécifications doivent être observées et contrôlées lors de la phase de conditionnement des déchets en panier avant d'enclencher les phases irréversibles (vis-à-vis des déchets) que sont le blocage des déchets en paniers, le calage des paniers en conteneurs et le bouchage des colis : l'activité radiologique maximale ainsi que la puissance thermique maximale par panier/colis.

#### 7.3.1 Activité maximale par colis

Une mesure (directe ou par spectrométrie gamma) est réalisée systématiquement sur les paniers pleins en cellule de conditionnement avant blocage des déchets dans le panier. Cette mesure et l'application des ratios/forfaits d'activation et de contamination associés permettent de contrôler et déclarer l'activité du colis avant le blocage des déchets et donc de garantir le respect de l'activité maximale par colis fixée par le domaine de fonctionnement de l'installation.

La conformité de cette mesure au domaine de fonctionnement de l'installation est systématiquement contrôlée par l'opérateur via l'application informatique dédiée à l'exploitation d'ICEDA avant de démarrer les opérations de fabrication des colis.

Si l'activité d'un panier dépasse l'activité maximale autorisée par colis (dans le cas des DAE principalement suite au conditionnement des déchets de plusieurs étuis dans un même panier), le panier reste en cellule de conditionnement et un nouveau tri des déchets est réalisé. Ce tri consiste en une reprise d'une partie des déchets qui seront conditionnés dans un autre panier. Ces opérations sont tracées et la nature et la quantité des déchets par panier sont mises à jour dans l'application informatique.

#### 7.3.2 Puissance thermique par colis

Le respect de la limite de puissance thermique par colis est contrôlé par l'opérateur via l'application informatique dédiée à ICEDA qui calcule la puissance thermique de chaque colis à partir :

- de l'activité déclarée pour chaque radionucléide pour le colis suite à la mesure d'activité du ou des traceur(s) gamma en cellule de conditionnement et l'application des spectres et ratios associés ;
- d'un tableur paramétré dans l'application informatique qui permet d'affecter à chaque activité de chaque radionucléide (a minima pour les radionucléides les plus énergétiques du groupe  $\beta/\gamma$  « thermiques ») la puissance thermique correspondante.

De la même façon que l'activité maximale par colis, si la puissance thermique d'un panier dépasse les limites du domaine de fonctionnement, le panier reste en cellule de conditionnement et un nouveau tri des déchets est réalisé.

	RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

## 8 DESCRIPTIF, CARACTERISTIQUES DES COLIS PRODUITS ET ELEMENTS RELATIFS A LEUR STABILITE PHYSICO-CHEMIQUE

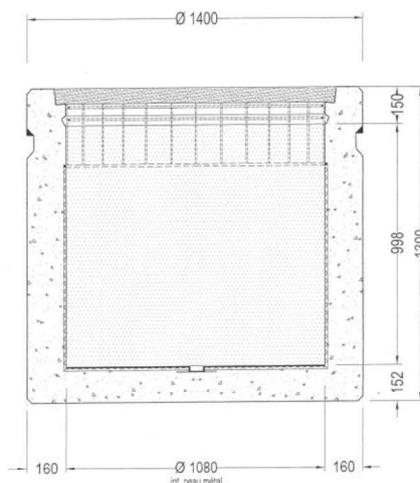
### 8.1 DESCRIPTIF DU COLIS C1PG<sup>SP</sup>

#### 8.1.1 Descriptif du conteneur

Le conteneur C1PG<sup>SP</sup> est constitué d'une enveloppe en Béton Hautes Performances (BHP), autoplaçant ou pas.

Le conteneur, réalisé selon les prescriptions du CSCT « conteneur » [31] est fabriqué et livré par une installation industrielle conventionnelle de génie civil préfabriqué liée à EDF par contrat.

Les principales caractéristiques dimensionnelles de ce conteneur sont présentées sur la figure suivante (dimensions en mm, hors tolérance).



**Schéma du conteneur C1PG<sup>SP</sup>**

La masse d'un conteneur C1PG<sup>SP</sup> est de 2390 kg<sup>10</sup>. Le conteneur C1PG<sup>SP</sup> comprend un ferrailage noyé dans l'enveloppe en béton. Ce ferrailage constitue l'armature métallique du conteneur. Une peau métallique interne servant de moule perdu à la coulée du conteneur dispose d'un peigne qui participe à renforcer la liaison bouchon-conteneur, en complément du profil gouttière équipant le conteneur au droit de son interface avec le bouchon.

Le procédé de fabrication de ce conteneur C1PG<sup>SP</sup> conduit donc à la présence :

- D'un béton Hautes Performances qui répond aux exigences du Centre de Stockage de l'Aube (CSA) de l'Andra pour des colis de déchets FMA-VC conditionnés en conteneur béton durable,
- D'une armature métallique en FeTE500 ou équivalent, d'une masse totale d'environ [ ] kg. Au-delà même des règles de l'art, cette armature est recouverte d'une épaisseur minimale de [ ] mm de béton Hautes Performances du côté externe,
- D'une peau interne en acier, d'épaisseur [ ] mm sur les côtés et [ ] mm en fond ; la masse de la peau est d'environ [ ] kg,
- D'un peigne métallique lié à la peau métallique interne du conteneur,

<sup>10</sup> Pour mémoire, la masse théorique à vide du conteneur C1PG usuel avec polystyrène est de 2310 kg

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 56/94

- D'une ceinture de manutention en acier, d'une masse d'environ 16 kg, permettant d'éviter tout contact acier/béton lors des opérations de manutention des conteneurs et colis. La section de cette couronne est représentée par un triangle rectangle isocèle de 26,5 mm minimum de côté. La pièce terminée en assemblage est zinguée et bichromatée,
- D'une interface bouchon/conteneur en béton localement désactivée afin de permettre une reprise de bétonnage offrant une liaison de béton homogène à la coulée du bouchon de fermeture du colis.

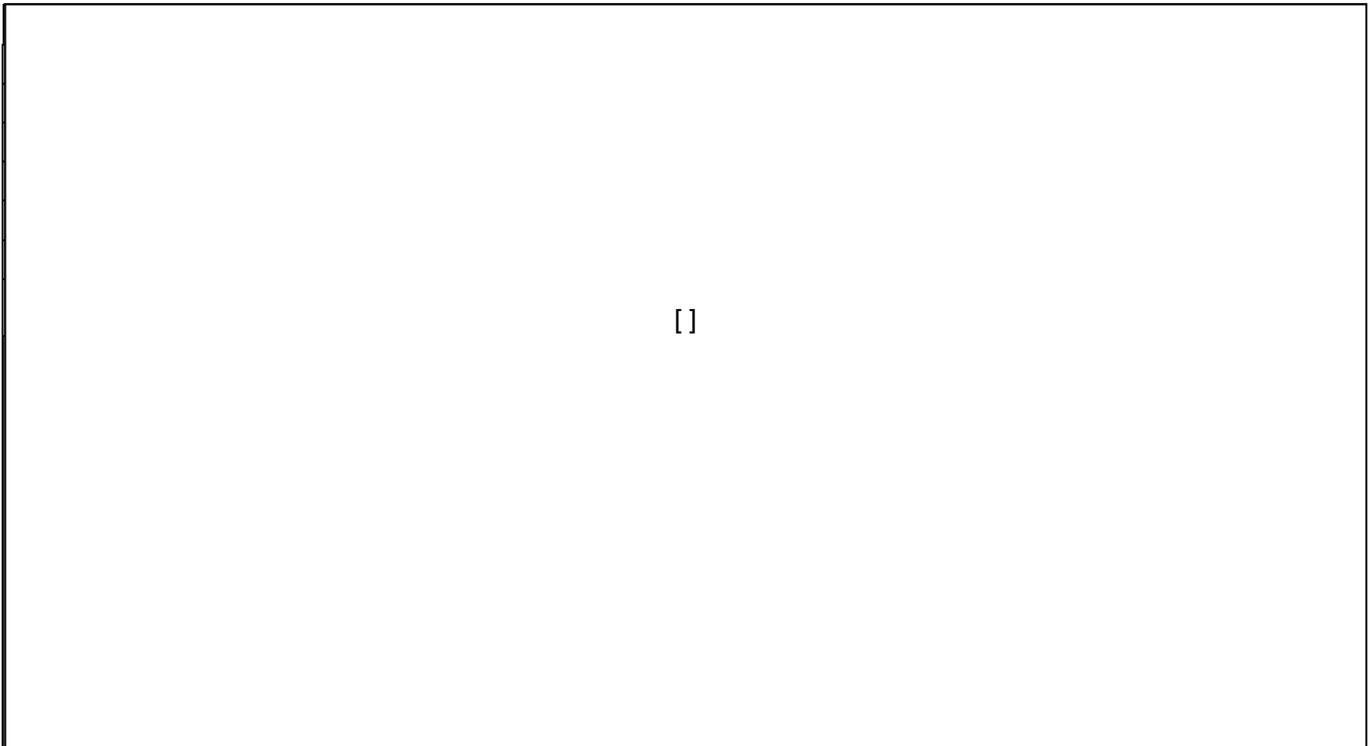
Afin d'éliminer à la source le risque de production d'hydrogène de radiolyse à partir de matériaux organiques, ce colis ne dispose pas de vinyle, ni de polystyrène, tels que classiquement inclus dans les conteneurs C1PG entre la peau métallique servant de moule interne au conteneur et le béton coulé de celui-ci.

Tous les colis de conditionnement des déchets MAVL fabriqués sur ICEDA et à destination de CIGEO seront des colis C1PG<sup>SP</sup>. Ces colis seront également utilisés pour le conditionnement des déchets FMA-vc ou FMA-vc à envoi différé dans le cadre de l'agrément 10IC accordé par l'Andra.

### 8.1.2 Descriptif du panier de déchets

A l'intérieur du conteneur est placé un panier métallique avec fond (de type « fût perdu ») accueillant les déchets à bloquer. Selon la densité des déchets à bloquer, ce panier peut être équipé d'une grille anti-flottaison dont la pose est réversible et praticable en téléopéré.

Les caractéristiques du panier métallique inox de type MAVL sont présentées ci-dessous conformément au CSCT [32].



### Caractéristiques dimensionnelles d'un panier de déchets MAVL

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice : Page 57/94

Les têtes de paniers seront dotées, en partie supérieure, d'une gorge intérieure permettant leur manutention.

Composition élémentaire (en %) :

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Autres
<0.03	< 1.00	< 2.00	< 0.045	< 0.015	18.0 – 20.0	-	10 - 12	N < 0.11

Concernant les déchets dont la densité apparente s'avère proche de celle du coulis de blocage des déchets, une grille anti-flottaison réversible (démonstration acquise lors d'un essai de mise en place réalisé en 2020 sur ICEDA) s'adapte au niveau de la gorge de manutention du panier et permet la coulée gravitaire du coulis sans risque de flottaison. La conception de cette grille validée par l'essai n'a pas nécessité pas d'évolution du design du panier. Les déchets identifiés par ce risque sont des éléments graphite de DAD.

Les déchets induits de copeaux/poussières générés en phase de découpe des déchets sur ICEDA sont conditionnés en pots métalliques et ne nécessitent pas la mise en place d'une grille anti-flottaison. En effet, l'essai de blocage d'un pot métallique laissé ouvert réalisé en 2020 sur ICEDA a démontré que le pot se remplit bien de coulis et qu'il ne remonte pas à la surface du panier. Un séquençage du remplissage du panier en 2 étapes est toutefois recommandé, avec prise du coulis versé lors de la première étape avant d'engager la seconde de sorte que l'air s'évacuant du pot métallique pendant son remplissage ne génère pas de bullage en surface finale du coulis de blocage.

A noter : Chaque pot aspirateur de collecte des poussières et copeaux de découpe est conditionné dans un panier dédié à la collecte des déchets induits et de procédé, avec d'autres déchets induits générés par le procédé. Ce panier est conditionné en coques béton FMAVC (voire MAVL mais la part majeure concernera la production de copeaux de découpe des étuis de catégorie FMAVC) selon les mêmes modalités que les déchets réceptionnés sur ICEDA.

**8.1.3 Modes d'identification**

Les codes d'identification des paniers et des conteneurs (cf. § suivants) sont tracés dans l'application informatique dédiée à l'installation ICEDA. Cette application garantit la traçabilité de ces équipements et permet donc de tracer les mouvements de chaque panier/colis, lors du conditionnement et de l'entreposage, et de localiser un colis de déchets dans les cellules de traitement et dans les halls d'entreposage.

**8.1.3.1 Identification du conteneur**

Le principe de référencement mise en place par l'Andra sur le CSA pour les coques béton est repris. En complément du marquage peinture traditionnels, la codification fait l'objet d'un marquage pérenne de quelques millimètres de profondeur sous la ceinture de manutention par le biais d'un sablage du béton des coques en sortie de fabrication. Des essais de faisabilité ont validé le choix de cette solution. La taille de caractères est définie de manière à faciliter la visualisation à distance du code de chaque colis par les hublots en verre blindé et/ou par caméras en cellules chaudes de conditionnement, puis en hall d'entreposage.

**8.1.3.2 Identification du panier de déchets**

Afin d'assurer la traçabilité des contrôles de réception et du conditionnement, les paniers seront munis d'un numéro de série selon trois marquages électrolytiques à 120° réalisés sur son cylindre extérieur :

- Les numéros sur la paroi verticale des paniers seront lisibles à distance par caméra ou visuellement sous eau ou au travers d'une vitre de forte épaisseur sans déformation (type hublots en verre blindé),

	<p align="center"><b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b></p>		
<p>DP2D_FD-DP2D</p>	<p>Référence : D455524009195</p>	<p>Indice :</p>	<p>Page 58/94</p>

- La hauteur des lettres et des chiffres sera de 80 mm.

L'Outil de Traçabilité et de Cartographie associe la référence d'un panier à celle du colis qui l'accueille.

Le centrage du panier dans le colis n'est pas une nécessité mais est néanmoins assuré par le centrage du palonnier du panier lors de son accostage sur le bord extérieur de la coque.

### 8.1.3.3 Identification du colis fini

Le marquage des coques permettra l'identification des colis sur la durée d'entreposage et la durée de réversibilité à CIGEO (cf. §8.1.3.1).

### 8.1.4 Descriptif du blocage des déchets en panier

Les déchets MAVL sont bloqués dans un panier métallique à l'aide d'un coulis cimentaire de blocage de formulation EDF. La vocation de ce coulis de blocage est le remplissage des vides dans le panier entre les déchets avec une tenue mécanique du bloc de déchets.

### 8.1.5 Descriptif du calage du panier de déchets en conteneur

Le panier de déchets MAVL bloqués est inséré dans un conteneur C1PG<sup>SP</sup> puis calé par le même coulis cimentaire. La vocation de ce coulis de calage est le remplissage des vides entre le panier et l'intérieur du conteneur avec une tenue mécanique du bloc de déchets.

### 8.1.6 Descriptif du bouchon de fermeture du colis

Le colis disposant du panier calé avec ses déchets bloqués est obturé par coulée d'un béton de même formulation que celle du conteneur. La masse du bouchon est de l'ordre de [ ] kg. La vocation de ce béton de bouchage est d'assurer une épaisseur de matériau homogène et confinant autour du bloc de déchets avec une tenue mécanique de cette enveloppe confinante.

### 8.1.7 Masse du colis

La densité de remplissage des colis est variable selon les déchets (géométrie, activité radiologique), selon qu'ils soient préconditionnés ou non par le producteur, selon également les contraintes de logistique des sites producteurs.

La mise en conteneur de déchets aux géométries hétéroclites pourra parfois conduire à une faible densité de remplissage. La masse estimée de déchets par colis est comprise entre 0,40 et 2,5 tonnes tel que défini dans le domaine de fonctionnement d'ICEDA, l'objectif étant la recherche d'une densité de remplissage la plus forte possible.

La masse totale du colis en sortie de process de conditionnement de déchets radioactifs sur ICEDA peut varier de 4,5 à 6,4 tonnes.

La masse volumique du colis (masse totale du colis par rapport au volume extérieur) est comprise entre 2 t/m<sup>3</sup> et 3,5 t/m<sup>3</sup>.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

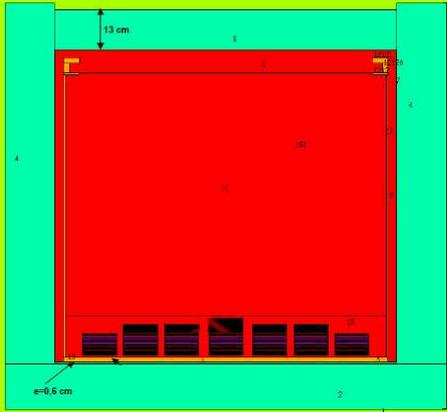
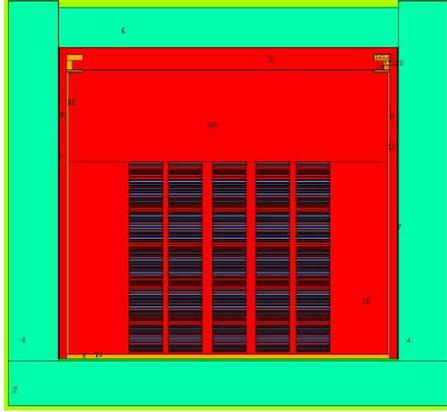
## 8.2 CARACTERISTIQUES RADIOLOGIQUES DU COLIS C1PG<sup>SP</sup>

### 8.2.1 Débit de dose

Définir une typologie moyenne de remplissage d'un colis ne constitue pas un exercice réalisable. EDF a opté pour deux types de remplissage du point de vue de l'estimation du débit de dose (DDD) à des fins d'une quantification d'une part enveloppe et d'autre part plus conforme à un colis au remplissage optimisé :

- Une masse faible de 400 kg de déchets dans un colis : l'objectif est de concentrer l'activité radiologique en partie basse du colis.
- Une masse réaliste de 1990 kg de déchets dans un colis : l'objectif est de répartir l'activité radiologique de manière homogène dans le volume du panier cf. § 5.1.4).

L'estimation du débit de dose au contact (ie. pour le calcul à une proximité de 5 cm de la surface du colis) et à un mètre a été réalisée considérant les configurations précédentes, une activité radiologique pénalisante de 400 TBq en présence d'un mix <sup>60</sup>Co/<sup>108m</sup>Ag relatif à des crayons absorbants AIC d'une tranche 900 MW ainsi que différentes échéances de temps.

	Colis « enveloppe à court terme »		Colis « enveloppe sur le long terme »	
	« au contact »	A 1 mètre	« au contact »	A 1 mètre
400 TBq d'activité radiologique attribués à un mix <sup>60</sup> Co/ <sup>108m</sup> Ag de crayons absorbants AIC d'une tranche 900 MW	 <p>400 kg de tronçons de crayons de 10 cm de long et 9,7 mm de diamètre répartis horizontalement selon un arrangement carré avec entraxe de 1 cm entre crayons</p>		 <p>1990 kg de tronçons de crayons : de 10 cm de long et 9,7 mm de diamètre répartis horizontalement selon un arrangement carré avec entraxe de 1 cm entre crayons</p>	
DDD max. en vertical face aux voiles du colis	<b>4,0 Gy/h à to</b> 0,2 Gy/h à 50 ans	0,3 Gy/h à to 15 mGy/h à 50 ans	<b>1,7 Gy/h à to</b> 0,2 Gy/h à 50 ans	0,2 Gy/h à to 23 mGy/h à 50 ans
DDD max. sous le colis	<b>18,3 Gy/h à to</b> 0,8 Gy/h à 50 ans	3,5 Gy/h à to 0,2 Gy/h à 50 ans	<b>3,2 Gy/h à to</b> 0,4 Gy/h à 50 ans	0,5 Gy/h à to 64 mGy/h à 50 ans
DDD max face au bouchon	6 mGy/h à to <0,1 mGy/h à 50 ans	1,6 mGy/h à to <0,1 mGy/h à 50 ans	0,2 Gy/h à to 9,5 mGy/h à 50 ans	33 mGy/h à to 1,8 mGy/h à 50 ans

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

Selon les configurations précédentes de colis « enveloppe », les estimations de débit de dose (DDD) présentées dans le tableau précédent indiquent des valeurs maximales de l'ordre de 2 à 4 Gy/h au contact des voiles verticaux d'un colis juste fabriqué et en limite radiologique par colis telle que définie dans le domaine de fonctionnement d'ICEDA.

Les valeurs maximales de dosimétrie au contact sous le même colis juste fabriqué sont de l'ordre de 0,5 à 18 Gy/h. Elles varient enfin entre 6 mGy/h et 0,2 Gy/h au contact du bouchon.

A titre illustratif, les estimations maximales de débit de dose au contact à 50 ans varient selon les configurations de valeurs faibles < 0,1 mGy/h jusqu'à des valeurs néanmoins inférieures à 1 Gy/h.

Précisions sur la participation des neutrons au débit de dose :

Les déchets conditionnés dans les colis ICEDA sont essentiellement composés de produits de fission et d'activation. Les déchets ne générant aucun flux neutronique, aucun DED neutrons n'est pris en compte.

La contamination alpha a été mesurée sur des échantillons disponibles sur Chooz A qui présentent des valeurs particulièrement élevées. Néanmoins, les ratios établis par rapport au <sup>60</sup>Co montrent que la contamination alpha se situe plusieurs décades sous le niveau de <sup>60</sup>Co. L'application des rapports d'embranchement concernant la fission spontanée conduit encore à diminuer le niveau de neutrons émis par Becquerel et à considérer ce dernier comme négligeable. Aussi, aucun DED neutrons n'est pris en compte.

**8.2.2 Puissance thermique**

Le respect des spécifications d'acceptation des déchets activés sur l'installation ICEDA (cf. § 5.1.2) nécessite une décroissance radiologique préalable des déchets sur leur site de production, en particulier pour le respect du seuil de 400 TBq par colis en émetteurs β/γ « thermiques » au moment de sa fabrication.

Sur la base de nos connaissances en matière d'inventaires radiologiques des déchets activés DAE et DAD, deux types de colis ont été identifiées et sont considérées sur le plan de la thermique des colis MAVL ICEDA :

- Les colis comportant des déchets dont la puissance thermique est essentiellement dictée par la présence de <sup>60</sup>Co dans les déchets (ie. impuretés cobalt),
- Les colis dont la puissance thermique est dictée par la présence de <sup>60</sup>Co (ie. impuretés cobalt) et de <sup>108m</sup>Ag dans les déchets (ie. composition élémentaire en argent dans certains aciers inoxydables).

A la production, la puissance thermique maximale autorisée par le domaine de fonctionnement est de 170 W par colis. Elle correspond à une activité de 400 TBq en équivalent Co60.

Considérant les deux précédents types de colis, les périodes de décroissance radioactives du <sup>60</sup>Co et de l'<sup>108m</sup>Ag, la composition chimique élémentaire des crayons disposant d'argent, le tableau suivant propose une estimation de l'évolution au cours du temps de la puissance thermique d'un colis fictif « enveloppe » (du point de vue de sa puissance thermique) à l'échelle de l'entreposage sur ICEDA :

Puissance thermique/colis	A to	A to + 5 ans	A to + 10 ans	A to + 15 ans	A to + 20 ans	A to + 25 ans	A to + 30 ans	A to + 35 ans	A to + 40 ans	A to + 45 ans
Colis « enveloppe »	170 W	127 W	59 W	47 W	41 W	37 W	35 W	34 W	33 W	33 W

A noter, la valeur de 170 W est pilotée par le premier type de colis (ie. sans argent) et les autres valeurs par le second. A titre illustratif, un colis du premier type a une puissance estimée à 3 W à to + 45 ans.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 61/94

### 8.2.3 Contamination surfacique

- Le zonage déchets de l'installation impose, pour les colis, un niveau de contamination surfacique labile non fixée inférieur à 0,4 Bq/cm<sup>2</sup> pour les émetteurs β/γ et inférieur à 0,04 Bq/cm<sup>2</sup> pour les émetteurs α.
- Les spécifications préliminaires d'acceptation des colis à CIGEO fixent, pour les colis à réception, un niveau de contamination surfacique labile non fixée inférieur à 4 Bq/cm<sup>2</sup> pour les émetteurs β/γ et inférieur à 0,4 Bq/cm<sup>2</sup> pour les émetteurs α.

### 8.2.4 Matières fissiles

La totalité de la matière fissile qui sera présente sur ICEDA provient de la contamination alpha des déchets.

Sur la base des inventaires radiologiques connus à ce jour, la teneur moyenne en matière fissile par colis est inférieure à 0,1% en masse.

Cette limite de 0,1% est donnée en masse de déchets par colis selon le classement en catégories des matières dispersées et faiblement concentrées définies à l'article R. 1333-70 du Code de la Défense.

La masse de matières fissiles susceptible d'être contenue par colis est la suivante : 1g de <sup>239</sup>Pu, 1E-08 g de <sup>233</sup>U et 0.2 g de <sup>235</sup>U. Les éléments fissiles les plus représentés sont le <sup>239</sup>Pu et l'<sup>235</sup>U.

## 8.3 CARACTERISTIQUES MECANIQUES DU COLIS C1PG<sup>SP</sup>

Les essais réalisés sur les colis C1PG<sup>SP</sup> et qui permettent de justifier les caractéristiques mécaniques mentionnées ci-après sont présentés dans le programme de qualification du colis [24].

### 8.3.1 Taux de vide et porosité

Le taux de vide des colis MAVL est minimisé au regard du procédé de conditionnement retenu et des meilleures techniques disponibles. Ce procédé consiste à couler de manière gravitaire un coulis cimentaire dont la fluidité permet de remplir les vides entre les déchets, les vides entre le panier et le conteneur.

En complément, une vibration du panier (lors des opérations de blocage des déchets) ou de la coque (lors des opérations de calage du panier) peut être mise en œuvre afin de minimiser le risque d'emprisonner de l'air entre les déchets.

#### 8.3.1.1 Estimation de la porosité totale d'un colis

Une estimation du volume total de porosité dans un colis de déchets MAVL représentatif constitué de crayons de DAE à raison de 3 étuis de 250 crayons longs découpés en tronçons a été réalisée sur la base des éléments suivants :

- Une porosité du béton du conteneur et du bouchon estimée à 7% à 90 jours (à 105°C). Considérant un taux de saturation du béton à 92%, le volume de vide du béton est estimé à 1%,
- Une porosité dans le coulis cimentaire (de blocage des déchets en panier et de calage du panier dans le conteneur) estimée à 50% à 90 jours (à 105°C). Considérant le taux de saturation du coulis à 94%, le volume de vides du coulis est estimé à 1%,
- L'absence de vide apical grâce au procédé de fabrication du colis,

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 62/94

- Une porosité dans les déchets estimée à 0% dans le cas de crayons pleins et à 4 % dans le cas de crayons creux (exemple, crayons inox du palier 1300 MW avec cales creuses) en supposant de manière conservatrice que le coulis cimentaire bien que très fluide ne pénètre pas à l'intérieur des crayons creux.

En conséquence, l'estimation conservatrice de la porosité totale d'un colis varie entre 1 et 4% selon le caractère plein ou pas des déchets considérant, lorsqu'ils sont creux, que le coulis ne pénètre pas dans ces creux.

### 8.3.1.2 Taux de vides compressibles sous 12 MPa des colis

Le mode de fabrication des colis est rappelé ci-après :

- Opération de blocage des déchets dans le panier par la coulée d'un coulis cimentaire fluide : la fluidité du coulis garantit une bonne répartition à travers les déchets et un remplissage avec absence de vides en règle générale. Les vides qui pourraient être occasionnés seraient liés ponctuellement à l'emprisonnement d'air dans des poches de volume faible selon la forme et la disposition des déchets dans le panier.
- Opération de calage du panier bloqué dans le conteneur : cette opération consiste à remplir avec le même coulis fluide le volume compris entre l'extérieur du panier et l'intérieur du conteneur jusqu'à recouvrir la totalité du panier de déchets. L'écoulement est prévu sur un côté de manière à permettre au coulis cimentaire de remplir l'anneau de vide en contournant le panier afin de pousser l'air sans risque d'en emprisonner.
- Opération de bouchage : la coulée du béton frais constituant le bouchon sur la surface du coulis ayant servi au calage du panier dans le conteneur élimine tout risque de vide apical sous le bouchon fermeture.

Compte tenu de ce mode opératoire de mise en œuvre, les résistances mécaniques en compression du coulis et du béton de fermeture (cf. § 4.6.2 et 5.2.2 de la Pièce 2 [24]) permettent de justifier l'absence de risque de vides compressibles sous 12 MPa.

### 8.3.1.3 Résultats d'essais

Le rapport des essais de découpe [13] démontre en images l'absence de vide à l'intérieur des colis.

La Pièce 2 du référentiel [24] ainsi que les références documentaires associées contiennent les données de résistance mécanique des matériaux cimentaires constituant les colis ainsi que les résultats d'essais de découpe sur des prototypes inactifs de colis à l'échelle 1.

## 8.3.2 Comportement à la chute

L'empilement retenu étant pyramidal, la hauteur de chute d'un colis est équivalente à la hauteur d'un niveau d'empilement, soit 1,30 mètre.

Le colis C1PG<sup>SP</sup> est qualifié pour une chute de hauteur égale à 1,4 m (tête vers le bas sur dalle indéformable) : les essais, réalisés avec une quantité d'acier pénalisante, à savoir 2,5 tonnes de déchets métalliques inactifs, concluent au maintien de l'intégrité de la liaison coque/bouchon et à la non-dispersion des déchets.

### 8.3.3 Résistance au gerbage

Sur ICEDA, les colis C1PG<sup>SP</sup> sont gerbés sur 3 niveaux dans les halls d'entreposage : le mode d'empilement retenu est pyramidal en quinconce. Le retour d'expérience de l'utilisation de colis C1PG pour les déchets FAMA-VC montre que le gerbage est possible. En effet, la mise en alvéole de stockage au CSA s'effectue sur 6 niveaux.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 63/94

## 8.4 AUTRES CARACTERISTIQUES

### 8.4.1 Confinement

Le confinement des matières radioactives et des toxiques est assuré par la coque C1PG<sup>SP</sup> et son bouchon en béton durable et confinant au sens des exigences du CSA. Ce confinement est garanti par :

- Les propriétés intrinsèques du béton vis-à-vis des exigences de l'Andra ;
- L'utilisation du même béton pour le conteneur et le bouchon ;
- Une désactivation localisée du béton du conteneur à l'interface avec le bouchon permettant une bonne reprise de bétonnage à la coulée du bouchon et par conséquent une forte homogénéité du béton à cette interface.

La démonstration du caractère confinant de la coque C1PG<sup>SP</sup> est détaillée dans le programme de qualification des colis [24][2].

### 8.4.2 Tenue au feu

Les colis contiennent des déchets essentiellement métalliques et sont immobilisés dans une matrice cimentaire. Ils présentent de fait une charge calorifique minimale.

### 8.4.3 Comportement thermique du colis

Le risque de réaction sulfatique interne (RSI) dans le coulis de ciment, lié à un potentiel d'échauffement à la prise et à la chaleur dégagée par les déchets eux-mêmes, est maîtrisé par :

- Le développement d'une formulation adaptée mettant en œuvre des matériaux dont les études ont montré :
  - Pour le ciment (ciment HTS du Teil), sa spécificité de chaleur d'hydratation limitée conduisant à un bon comportement vis-à-vis de la RSI,
  - Pour les fumées de silice, leur efficacité dans la prévention de la réaction, dans les proportions employées.
- Un procédé et des conditions de mise en œuvre adaptés pour la fabrication du colis : en phase de blocage, le procédé de fabrication du coulis et les conditions ambiantes permettent de garantir une température à cœur du coulis toujours inférieure à 75°C ;
- Un mode d'entreposage permettant de gérer le comportement thermique des colis :
  - La température en tout point du coulis de ciment sera, quelle que soit la répartition des déchets dans le colis, toujours inférieure à 65°C en fonctionnement normal ;
  - La température à cœur du même coulis est toujours inférieure à 75°C en cas de perte prolongée de la ventilation dans un hall.

La justification du respect de ces critères est détaillée dans le programme de qualification des colis [24].

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 64/94

## 9 MODALITES DE FABRICATION DES COLIS DE DECHETS

### 9.1 LOGISTIQUE DE RÉPARTITION DES DECHETS DANS LES COLIS

La logistique de répartition des déchets dans les colis est décrite ci-après.

#### 9.1.1 Logistique de répartition des déchets arrivant sur ICEDA préconditionnés en paniers

Pour les déchets qui arrivent déjà préconditionnés en paniers, il n'y a pas d'ajout de déchet dans les paniers sur ICEDA : les déchets contenus dans un même panier sont originaires du même site.

Dans la mesure du possible, il n'y a pas de mélange de déchets de ratios d'activation différents.

#### 9.1.2 Logistique de répartition des déchets arrivant sur ICEDA en étuis

Les déchets qui arrivent sur ICEDA en étuis sont découpés et conditionnés en paniers sur ICEDA.

Pour rappel, les trois principaux types de DAE actuellement concernés par un conditionnement sur ICEDA sont :

- les grappes fixes constituées de Crayons Bouchons et/ou de Crayons Poisons et d'une « tête » faisant office de dispositif de maintien ;
- Les grappes mobiles constituées de Crayons Absorbants (en AIC ou AIC+B4C), de Crayons Inox et d'une araignée de maintien ;
- Les Doigts de Gants RIC (DDG RIC) qui sont les tubes supports de l'instrumentation du cœur.

La logistique de répartition de ces déchets dans les colis est la suivante :

- Les DDG RIC, les crayons et les têtes de grappes sont conditionnés séparément ;
- Il est possible de conditionner un nombre non entier d'étuis dans un panier ;
- Dans la mesure du possible, les déchets de ratios d'activation différents ne sont pas conditionnés dans un même panier.

**NB1** : le mélange d'un nombre non entier d'étuis dans un panier est possible car l'activité radiologique du panier est déterminée par une mesure par spectrométrie gamma sur le panier (et non par la somme des activités de chaque étui).

**NB2** : certains étuis de DAE (notamment les plus anciens) peuvent contenir des déchets en mélange (mélange de déchets de composition différente et donc de ratios d'activation différents). De la même façon, la gestion des déchets induits sur ICEDA peut générer des colis avec des déchets en mélange (résidus de découpe par exemple). Dans ces cas, la caractérisation radiologique des colis avec déchets en mélange s'appuie sur l'utilisation des ratios d'activation et forfaits de contamination majorants parmi les ratios et forfaits des déchets en présence, appliqués à l'ensemble des dits déchets. Par ailleurs, les opérations de conditionnement, la nature et l'origine des déchets par panier sont tracées dans l'application informatique dédiée à ICEDA et dans le DQC (Dossier Qualité Colis).

### 9.2 PREPARATION ET TRI DES DECHETS

Le traitement des déchets à ICEDA est organisé en fonction des caractéristiques des déchets et de la catégorie des colis produits.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 65/94

Pour des questions de caractérisation radiologique, aucun mélange de déchets de ratios/forfaits d'activation et de contamination différents n'est de manière générale envisagé dans un même panier. Entre autres :

- Les déchets issus des centrales en exploitation et les déchets issus des centrales en déconstruction ne sont pas mélangés ;
- Sauf cas exceptionnel lié par exemple à la réception d'un panier peu plein, les déchets de déconstruction d'origines différentes (i.e. de sites différents) ne sont pas mélangés dans un même colis.

Néanmoins, à titre exceptionnel et sous réserve de la mise en œuvre de dispositions permettant une caractérisation adéquate et une bonne traçabilité des déchets constitutifs des colis, des déchets d'origines différentes peuvent être mélangés (dans le cas particulier d'un panier arrivé presque vide par exemple). La déclaration radiologique d'un tel colis serait alors basée sur un ratio d'activation et un forfait de contamination enveloppe.

Le mélange des déchets est toujours effectué dans le respect des seuils-limites d'activité définis pour les colis de déchets (Cf. § 5.1.3).

Au regard de l'activité des déchets activés à conditionner et des opérations liées à leur conditionnement (déchargement, tri, découpe, ...), la fonction « préparation et tri des déchets » est entièrement téléopérée et en grande partie automatisée.

Les équipements nécessaires à la préparation et au tri des déchets sont implantés dans la cellule de conditionnement.

Une fois déchargé de l'emballage de transport en cellule de conditionnement, le déchet élémentaire peut être transféré vers le poste de mesure du débit de dose implanté dans cette cellule (mesure par sondage), puis transféré soit dans les puits d'entreposage tampon (cas des étuis par exemple, râtelier permettant le stockage de 25 étuis et/ou déchets longs) soit vers la cellule de blocage (cas des paniers de déchets préconditionnés par exemple).

## 9.2.1 Poste de découpe des déchets

Le poste de découpe des déchets est constitué de 2 lignes distinctes :

- La ligne 1 : découpe des déchets par cisailage,
- La ligne 2 : découpe des étuis par sciage.

### 9.2.1.1 Ligne 1 : découpe des déchets

La ligne 1 permet la prise en charge d'un étui présenté par le pont de la cellule de conditionnement en position verticale puis son basculement en position horizontale. L'étui est alors transféré vers l'un des 2 dispositifs d'accueil (dispositif de basculement ou bac), ceci en fonction du type d'ouverture du couvercle de l'étui (ouverture latérale principalement pour les crayons ou ouverture frontale principalement pour les têtes de grappe et les doigts de gants RIC).

- Pour un étui avec couvercle latéral, l'étui est ouvert et son contenu vidé gravitairement dans un bac ; un grappin prend ensuite en charge l'étui vide et le transfère vers la ligne 2 du poste de découpe des étuis.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 66/94

Les déchets dans le bac (crayons) sont saisis par une pince puis acheminés vers la cisaille. Les déchets sont découpés<sup>11</sup> en tronçons de crayons de 10 cm de long (optimum de remplissage d'un panier) qui tombent, par gravité, dans un panier de déchets. Les particules formées au cours du processus sont captées par un dispositif d'aspiration. L'opération est répétée jusqu'au traitement complet du contenu du bac. Après l'exécution des travaux de découpe, la table est prête à accueillir un nouvel étui rempli.

- Pour un étui avec couvercle frontal, l'étui est ouvert à l'aide d'une clé si l'ouverture peut s'effectuer mécaniquement ou par découpe de l'étui le cas échéant (cf. ligne 2), et le système de vibration du bac permet le vidage de l'étui. Les têtes TP qui en sortent sont dirigées dans le panier de déchets. Les doigts de gant RIC sont pour leur part extraits de l'étui selon le même procédé puis découpés et les tronçons sectionnés tombent, par gravité, dans un panier de déchets.

### 9.2.1.2 Ligne 2 : découpe des étuis

Après vidage, l'étui vide est déposé sur la table de la ligne 2. L'étui est poussé en position de découpe par l'unité d'avance, bridé et son extrémité découpée à la scie à ruban ; la partie de l'étui tronçonnée est ensuite déposée dans la presse et compactée. Le produit compacté est acheminé dans un panier de déchets (déchets FMA-vc).

Ces opérations sont répétées jusqu'au conditionnement de l'étui complet.

Dans le cas du coincement d'un déchet dans un étui ou de la non-ouverture d'un étui à la clé, ce dernier est acheminé vers la ligne 2 où il est ouvert horizontalement, sur toute sa longueur, avec la scie à ruban. L'étui retourne ensuite sur la ligne 1.

Les paniers sont ensuite transférés vers la cellule de blocage afin de poursuivre leur conditionnement.

### 9.2.2 Reconditionnement de paniers

Les paniers de déchets préconditionnés sur les sites en démantèlement n'ont pas vocation à être reconditionnés.

Néanmoins, et plus particulièrement pour les paniers conditionnés sur ICEDA, les matériels présents en cellule de conditionnement permettent de saisir et manutentionner<sup>12</sup> les déchets découpés individuellement, notamment en cas de dépassement de la limite fixée par le domaine de fonctionnement.

## 9.3 CARACTERISATION RADIOLOGIQUE

Une fois le panier constitué en cellule de conditionnement et avant transfert en cellule de blocage, le panier est posé sur le chariot de transfert rotatif et fait l'objet d'une mesure directe par spectrométrie gamma. Cette mesure

<sup>11</sup> La découpe des crayons est réalisée par la préhension de fagots de crayons à l'aide d'une pince (14 crayons maximum par fagot). La longueur moyenne d'un tronçon de crayon découpé est de 10 cm (valeur reprise en donnée d'entrée des études de thermique et de radiolyse sur le colis, cf. Pièce 2 [24]). Liée notamment au basculement des crayons d'un étui sur la table de découpe et donc à un alignement longitudinal variable des crayons les uns par rapport aux autres dans un même fagot, la longueur des tronçons aux extrémités est variable : les essais montrent la présence de quelques tronçons de crayons d'une longueur maximale de 26,5 cm et d'une longueur minimale de 3,5 cm.

<sup>12</sup> Dans la limite de capacité des moyens de manutention vis-à-vis de la masse et de la typologie des déchets.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 67/94

permet de vérifier que le panier respecte les valeurs limites définies par le domaine de fonctionnement de l'installation. Par le jeu des ratios, cette mesure permet d'établir l'inventaire radiologique de déclaration du colis associé. Les caractéristiques physiques et radiologiques des déchets conditionnés dans un panier sont tracées via l'outil informatique dédié à ICEDA et rattaché au n° d'identification du panier et plus tard du conteneur associé.

Concernant le poste de mesure par spectrométrie gamma, celle-ci a lieu dans un caisson de mesures blindé dédié de la cellule de découpe et mise des déchets en panier. La mesure est réalisée par des sondes situées dans une traversée blindée qui sépare le caisson blindé du local dans lequel se situe la chaîne de mesure. La mesure radiologique des déchets dans chaque panier se fait par le biais de 2 couples de sondes possiblement redondantes<sup>13</sup>, « grand et petit volumes » (1 mm<sup>3</sup> et 20 mm<sup>3</sup>) pour s'adapter à l'intensité des flux bêta gamma reçus. La distance de mesure des sondes est fixée à une valeur proche de 80 cm du panier. La mesure est réalisée sur plateau tournant, ce dernier étant en rotation motorisée durant tout le temps d'acquisition de la mesure.

L'activité des radionucléides facilement mesurables est calculée à l'aide d'une fonction de transfert appliquée aux comptages spectrométriques sur les pics des RN traceurs. L'activité des radionucléides difficilement mesurables est déterminée par application de ratios paramétrés dans l'outil interne dédié à ICEDA.

Un atténuateur a été dimensionné par calcul MCNP pour limiter la saturation de la sonde de 1 mm<sup>3</sup> correspondant aux plages de mesures d'activités les plus élevées.

Le plateau tournant du chariot de transfert rotatif permettant la mesure permet par la suite, si les spécifications d'acceptation des déchets sont respectées, le transfert du panier entre la cellule de conditionnement et la cellule de blocage.

## 9.4 FABRICATION ET TRANSFERT EN CELLULE DU COULIS DE BLOCAGE

### 9.4.1 Fabrication du coulis de blocage

Le coulis cimentaire de blocage est fabriqué conformément à la référence [40] par une unité de préparation dédiée implantée dans un local conventionnel. Les saches contenant les produits secs sont également stockées dans un local conventionnel.

A des fins de redondance, l'unité de préparation des coulis est scindée en deux lignes identiques, la 2<sup>nd</sup>e ligne venant en remplacement de la ligne utilisée en cas d'arrêt (maintenance, dysfonctionnement) de cette dernière. Ces deux lignes ont en commun la trémie inférieure.

Chaque ligne est constituée des équipements principaux suivants :

- 2 trémies crève-saches destinées à recevoir pour l'une les saches pré-dosées de filler et pour l'autre les saches de mélange ciment + fumées de silice ; les trémies sont raccordées à un système de dépoussiérage à décolmatage automatique permettant de garantir la propreté des locaux et l'utilisation complète des saches ;

<sup>13</sup> Soit les acquisitions sont lancées sur les 2 sondes des deux couples et un choix est fait par l'opérateur parmi les résultats de mesures, soit l'acquisition est réalisée à partir des sondes d'un couple et si problème, l'autre couple ou une sonde équivalente à cet autre couple est utilisée.

	<p align="center"><b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b></p>		
<p>DP2D_FD-DP2D</p>	<p>Référence : D455524009195</p>	<p>Indice :</p>	<p>Page 68/94</p>

- un système de préparation des adjuvants liquides (dosés par pesage) ;
- un réservoir-tampon permettant la préparation et le mélange de l'eau de gâchage avec les adjuvants liquides ;
- un malaxeur qui reçoit les produits secs et le mélange du réservoir-tampon par déversement gravitaire ; le malaxeur assure l'homogénéité du mélange de tous les produits qu'il reçoit ;

Nota : L'emploi de fumées de silice dans le coulis permet d'obtenir les propriétés sur coulis frais recherchées notamment vis-à-vis du ressuage. Compte tenu de la granulométrie des fumées de silice, leur défloculation n'est jamais parfaite. La défloculation obtenue est néanmoins satisfaisante pour atteindre les propriétés sur coulis frais et durci : ouvrabilité, ressuage et résistance mécanique visés (cf. chapitre 5 de la Pièce 2 du Référentiel). Concernant ICEDA, le malaxeur à coulis équipant l'installation est doté d'une hélice de défloculage.

- une trémie inférieure recevant directement, par déversement gravitaire, le coulis du malaxeur en service ; la capacité utile de la trémie permet le remplissage d'un panier de déchets, même vide, avec 3 gâchées du malaxeur.

On rappelle que le coulis de blocage dispose d'une fluidité importante, quasi aqueuse. Le dispositif d'entretien prévoit un lavage systématique à l'eau en fin de poste. On entend par « poste » une opération continue de fabrication du coulis de blocage. Cette notion de "poste" est à relier à la durée pratique d'utilisation (DPU) du coulis soit un lavage/vidange des circuits après 4 heures depuis la vidange de la première gâchée de coulis en malaxeur.

#### 9.4.2 Transfert du coulis

Le coulis de blocage des déchets fait l'objet de plusieurs gâchées successives déversées dans une cuve de maintien. Cette cuve est connectée à un échangeur de chaleur permettant de refroidir le coulis frais avant usage à une température inférieure à 10°C. Le contrôle de ce critère est matérialisé par une sonde de température à l'aval de laquelle l'alimentation en coulis de deux circuits de distribution est prévue à des fins de redondance. Le temps initial marquant le décompte de la DPU correspond à l'instant où la première gâchée est vidangée dans la cuve de maintien.

Lorsque la cuve est pleine et le coulis à moins de 10°C, lorsque le contrôle d'une température d'air à l'extraction du local de blocage des déchets garantit une température ambiante inférieure à 25°C, enfin après contrôle que l'opération à lancer est bien inscrite dans la DPU du coulis, l'opérateur via le procédé autorise l'accès du coulis dans la cellule de blocage des déchets en panier.

Le coulis de blocage est alors transféré jusqu'au panier à bloquer par un des deux circuits de distribution dédiés.

L'un des circuits est employé en utilisation normale, le second reste en secours en cas de dysfonctionnement du premier, assurant ainsi le transfert du coulis vers la cellule de blocage des paniers.

Ces circuits sont fermés et ne pénètrent pas dans la cellule, cette dernière étant desservie par une dérivation traversant la paroi de la cellule de blocage.

#### 9.5 BLOCAGE DES DECHETS

Le panier constitué et mesuré d'un point de vue radiologique en cellule de conditionnement est acheminé dans la cellule de blocage.

	<p align="center"><b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b></p>		
<p>DP2D_FD-DP2D</p>	<p>Référence : D455524009195</p>	<p>Indice :</p>	<p>Page 69/94</p>

Le poste de blocage est constitué d'un bac en acier inoxydable permettant de récupérer au plus près les éventuelles fuites ou projections de coulis. Le bas est équipé de 5 tables vibrantes sur lesquelles sont déposés les paniers. Une fois le poste de blocage rempli, c'est-à-dire "chargé" de 5 paniers au maximum, une campagne de blocage est initiée. Le coulis est acheminé dans la cellule de blocage par pompage pour être coulé gravitairement dans chaque panier ; le panier est couvert par un dispositif sur lequel un tuyau souple, dérivé de la boucle de distribution du coulis, est raccordé. Ce dispositif limite les projections de coulis.

En fonctionnement normal, pendant ou en fin de remplissage, la table vibrante sur laquelle est posé le panier pourra être mise en service à l'appréciation de l'opérateur et notamment s'il distingue (en mode dégradé) un défaut de nivellement défavorable de la surface. L'horizontalité de cette surface permet une mesure correcte de la hauteur entre surface du coulis de blocage et le haut du panier afin d'estimer précisément le volume de coulis de calage à mettre en place dans le colis.

La fin de remplissage est dans un premier temps gérée à l'aide d'une mesure de résistivité par capacité électrique dans la couche d'air entre la sonde capacitive et la surface du coulis frais. L'arrêt automatique s'effectue quelques centimètres avant le bas de la gorge de manutention. L'opérateur finalise de visu par le hublot et/ou caméra le remplissage de manière manuelle par le biais d'un bouton sur son pupitre. Ces deux opérations constituent le mode normal de remplissage d'un panier.

Suite au blocage, les paniers sont laissés sur leur support pendant 48 heures minimum avant de pouvoir être repris ; cette durée correspond à la phase de prise du coulis et de passage du pic exothermique à la prise. Elle ne s'accompagne pas d'une cure à l'eau des paniers. Sa valeur est justifiée par les données d'essais de résistance en compression obtenues à diverses échéances en considérant une marge significative.

## **9.6 EVACUATION DES PANIERS VERS LA CELLULE DE CALAGE/BOUCHAGE : CAISSON DE NETTOYAGE ET DE CONTROLE DU PANIER BLOQUE**

### **9.6.1 Cinématique**

Une fois la prise du coulis de blocage effectuée, les paniers sont transférés individuellement vers la cellule de calage / bouchage. Le passage entre la cellule de blocage et la cellule de calage/bouchage se fait via un caisson aménagé entre les 2 cellules.

Le pont de la cellule de blocage prend en charge un panier et le dépose dans une zone de lavage aménagée dans un caisson au travers d'une trémie dans le plafond de ladite zone. Cette trémie est équipée d'une trappe qui est escamoté lors de la dépose du panier dans le caisson puis remis en place.

Le lavage du panier à l'eau permet d'éliminer toute trace de contamination surfacique sur ce dernier. Après lavage et séchage, le sas séparant la zone de lavage de la zone de contrôle du caisson est ouvert, le chariot de transfert entre la cellule de blocage et la cellule de calage/bouchage prend en charge le panier et l'achemine au niveau de la zone de contrôle aménagée dans le caisson.

Il est alors procédé au contrôle de non-contamination du panier au titre de la propreté radiologique. Ces contrôles habituels sont réalisés par chiffonnette, sur 100% de la surface du panier, dessous et surface de coulis de blocage compris, l'opérateur ayant une vision dans le caisson par un hublot, disposant de télémanipulateurs et d'un sas de récupération des chiffonnettes lui permettant de disposer de ces dernières. La rotation du panier sur son axe est assurée par le chariot de transfert sur lequel il est posé.

	<p align="center"><b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b></p>		
<p>DP2D_FD-DP2D</p>	<p>Référence : D455524009195</p>	<p>Indice :</p>	<p>Page 70/94</p>

Après confirmation de l'absence de contamination surfacique ( $<0,4 \text{ Bq/cm}^2$  en  $\beta\gamma$  et  $<0,04 \text{ Bq/cm}^2$  en  $\alpha$ ), le panier est transféré par chariot dans la cellule de calage/bouchage afin qu'il puisse être repris par le pont de ladite cellule.

### 9.6.2 Gestion des effluents de lavage

L'opération de lavage des paniers se déroule en local N. Les effluents générés par ce lavage sont en conséquence des effluents radioactifs. Ces effluents classés faiblement actifs sont collectés dans une bache dédiée. Un échantillonnage pour analyse permet de confirmer ce classement. Le traitement de ces effluents sera réalisé in fine par incinération dans l'usine CENTRACO de la filiale CYCLIFE d'EDF.

## 9.7 FABRICATION ET TRANSFERT EN CELLULE DU COULIS DE CALAGE

### 9.7.1 Fabrication du coulis de calage par l'unité de préparation des coulis

La fabrication du coulis de calage est réalisée conformément à la référence [40] par l'unité de préparation des coulis (voir § 9.4.1). La formulation du coulis de calage est en effet identique à celle du coulis de blocage.

### 9.7.2 Transfert du coulis

Le coulis de calage des paniers de déchets fait l'objet d'une seule gâchée par calage. Cette gâchée est déversée du malaxeur dans une benne de transfert. Le temps initial marquant le décompte de la DPU correspond à l'instant où la gâchée est vidangée dans la benne.

Une pesée de la benne est opérée et la masse de coulis est adaptée pour répondre au volume calculé strictement nécessaire au calage.

La benne montée sur une structure permettant une manutention par un transpalette transite ensuite dans l'installation, notamment par le biais d'un monte charges, pour parvenir dans la supercellule de la cellule de calage/bouchage. Le pont de manutention de cette supercellule permet la descente de la benne dans le local de bouchage des colis.

La benne posée au sol est reprise par le pont du local pour être positionnée au-dessus du colis correspondant.

Sous réserve du respect de la DPU, l'ordre est donné pour effectuer la vidange totale de la benne par coulée gravitaire dans le colis.

Suite à sa vidange en cellule, la benne mobile est réacheminée vers l'unité de préparation du coulis en suivant la cinématique inverse.

## 9.8 CALAGE

Une fois le panier en cellule de calage/bouchage, il est repris puis transféré dans une coque C1PG<sup>SP</sup> préalablement acheminée dans la cellule et positionnée en attente sur l'une des cinq tables vibrantes du poste de calage.

Une fois le poste de calage occupé au maximum de cinq « coques + paniers », une campagne de calage est initiée. Il n'est pas toutefois pas indispensable d'avoir cinq colis pour initier une campagne de calage.

La coulée gravitaire du coulis est réalisée par vidange de la cuve mobile accouplée à un dispositif déposé sur la coque au préalable. Ce dispositif limite les projections de coulis.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 71/94

En fonctionnement normal, pendant ou en fin de remplissage de la coque, la table vibrante sur laquelle elle est posée pourra être mise en service à l'appréciation de l'opérateur s'il distingue (en mode dégradé) un défaut de nivellement défavorable de la surface. L'horizontalité de cette surface permet une mesure correcte de la hauteur entre surface du coulis de calage et le haut du conteneur, afin d'estimer précisément le volume de béton de bouchage à mettre en place sur le colis.

Suite au calage, les colis sont laissés sur leur support et y restent pendant 48 heures minimum avant de pouvoir être repris ; la durée de 48 heures correspond à la phase de prise du coulis et s'accompagne nécessairement d'une cure à l'eau du calage des paniers de la même durée.

Cette cure est maintenue jusqu'à la confection du bouchon, soit en exploitation nominale sur une durée de 48 heures minimum ou au plus durant sept jours en cas de bouchage plus tardif du colis. Les modalités de mise en place et de maintien de cette cure sont telles que :

- La mise en place de l'eau évitera de creuser le coulis frais par un déversement trop brusque,
- Verser l'eau dès que la surface du coulis devient terne (« virage au mat »). Les essais inactifs ont permis de fixer un critère de durée d'attente de 2 heures avant d'effectuer cette cure.

**Nota :** le volume disponible avant la coulée du bouchon permet la mise en place d'une quantité d'eau suffisante pour assurer une présence d'eau permanente. Cette présence d'eau n'est pas liée à un paramètre garanti puisque le coulis de calage ne porte pas de fonction de confinement.

## 9.9 FABRICATION ET TRANSFERT EN CELLULE DU BETON DE BOUCHAGE

### 9.9.1 Fabrication du béton de bouchage par l'unité de préparation dédiée

La fabrication du béton de bouchage est réalisée conformément à la référence [40] par l'unité de préparation du béton équipée d'un malaxeur à béton à train valseur. La formulation du béton de bouchage, développée par EDF, est identique à celle du béton utilisé pour la fabrication de la coque C1PG<sup>SP</sup>.

### 9.9.2 Transfert du béton

Une gâchée unique est nécessaire pour le bouchage d'un colis.

Le temps initial marquant le décompte de la DPU correspond à l'instant où la gâchée est jugée conforme par l'opérateur à l'aide du test d'affaissement au cône d'Abrams soit avant la vidange du malaxeur dans la benne de transport (cf. § 4.6.1.1 de la Pièce 2).

La quantité de béton strictement nécessaire à ce bouchage est disposée dans une benne de transport mobile par le biais d'une pesée. Cette quantité est déterminée par calcul à partir de la mesure du niveau du coulis de calage du panier dans le conteneur :

- chaque colis fait l'objet, avant coulée du béton frais du bouchon, d'une mesure en trois points de la hauteur entre la surface du coulis de calage et la surface haute des voiles du conteneur. Cette mesure est réalisée en téléopéré en cellule chaude à l'aide d'un outil développé pour ce besoin.
- cette hauteur permet un calcul précis du volume de béton qui doit être coulé pour garantir l'épaisseur minimum de béton vis-à-vis des propriétés de confinement de l'enveloppe externe du colis mais aussi pour garantir le retrait nécessaire entre la surface du bouchon et celle des voiles. Ce retrait permet la cure à l'eau et plus tard, en situation de gerbage en entreposage, l'absence d'effort mécanique sur le bouchon par le colis supérieur.

	<p align="center"><b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b></p>		
<p>DP2D_FD-DP2D</p>	<p>Référence : D455524009195</p>	<p>Indice :</p>	<p>Page 72/94</p>

La benne de transport montée sur une structure permettant une manutention par un transpalette transite ensuite dans l'installation, notamment par le biais d'un monte charges, pour parvenir dans la supercellule de la cellule de calage/bouchage. Le pont de manutention de cette supercellule permet la descente de la benne dans le local de bouchage des colis.

La benne posée au sol est reprise par le pont de ce dernier local pour être positionnée au-dessus du colis correspondant.

### 9.10 BOUCHAGE DES COLIS

Une fois la prise du coulis de calage effectuée, les colis sont transférés individuellement, par le pont roulant de la cellule, vers le poste de bouchage.

Le poste de bouchage est constitué d'un bac en acier inoxydable permettant de récupérer au plus près les éventuelles fuites ou projection de béton.

Une fois le poste de bouchage occupé de 5 colis au maximum, une campagne de bouchage est initiée. Il n'est toutefois pas indispensable d'avoir cinq colis pour initier une campagne de bouchage.

L'absence d'eau résiduelle sur la surface du coulis de calage est vérifiée préalablement.

L'humidification de la surface de béton désactivé de la tête du conteneur est réalisée à l'aide d'une buse axée au-dessus de la coque que l'opérateur fait tourner sur elle-même d'un angle supérieur à 360° afin de s'assurer d'humidifier toute la surface désactivée. L'angle d'aspersion de la buse permet l'humidification de la tête en une seule passe. Le temps entre l'humidification et la coulée du béton doit permettre d'éviter l'évaporation de l'eau aspergée.

La benne mobile est accouplée à un dispositif déposé de manière centrée sur la coque au préalable. Ce dispositif limite les projections de béton.

Sous réserve du respect de la DPU, l'ordre est donné pour effectuer la vidange totale de la benne par coulée gravitaire sur le colis.

A l'issue de la vidange de la benne de transport conduisant à la coulée du béton sur le colis, les aiguilles vibrantes plongeant dans le béton et intégrées au dispositif d'accostage de la cuve sont mises en service. La vibration permet d'augmenter la compacité du béton en éliminant au maximum l'air occlus.

***Remarque :** des recherches sont en cours sur le développement d'un béton de même nature mais autoplaçant ne nécessitant plus de la vibration par aiguilles ou peignes plongeant. Un tel béton pourrait à terme être utilisé pour le bouchage des colis.*

Une heure après achèvement de la coulée du béton (et selon un critère de « virage au mat du béton »), le bouchon est recouvert d'une épaisseur d'eau de cure et le colis est laissé en position pour une cure à l'eau de sept jours avant son transfert vers le hall d'entreposage. Les modalités de mise en place et de maintien de cette cure sont telles que :

- La mise en place de l'eau évitera de creuser le béton frais par un déversement trop brusque,
- Verser l'eau dès que la surface du béton devient terne (« virage au mat »). Les essais inactifs ont permis de fixer un critère de durée d'attente de 1 heure après la fin de la vibration du béton avant d'effectuer cette cure,

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 73/94

**Nota** : Le virage au mat constitue un contrôle visuel suffisant. En effet, à ce stade, la surface du béton présente à l'œil une peau alors que le béton ne présente pas encore de résistance mécanique.

- La disposition d'un couvercle sur le colis après versement de l'eau de cure limitera l'évaporation.

La durée de prise et de cure de 7 jours pour le béton de bouchage est justifiée par les données d'essais de résistance en compression obtenues depuis des décennies ainsi que par les modalités de mise en œuvre du béton validées par l'Andra dans le cadre du descriptif de procédé de bouchage des colis C1PG sur les CNPE pour les déchets FMA-vc.

### 9.11 CONTROLES DU COLIS FINI

A l'issue des sept jours de cure à l'eau du bouchon, le colis est repris et fait l'objet d'un contrôle visuel (à travers un hublot et à l'aide de caméras) et est déposé sur le convoyeur à rouleau desservant la cellule de mesure.

Le colis fait alors l'objet d'une mesure de débit de dose et de contrôles de non-contamination par chiffonnette. Les chiffonnets, réalisés en utilisant les télémanipulateurs attenants au hublot de la cellule, sont acheminés depuis l'intérieur de la cellule jusqu'au couloir attenant à la cellule grâce à un sas (blindé) de récupération des chiffonnets.

### 9.12 GESTION DES EAUX RÉSIDUELLES DE CURE DU CALAGE ET DU BOUCHAGE

Les opérations de calage et de bouchage font l'objet d'une cure à l'eau en local K. Les effluents générés par l'aspiration de l'eau de cure en excès sont des effluents conventionnels. L'eau aspirée est gérée dans un bac en cellule de calage/bouchage. Lorsque le bac est plein et l'eau décantée, un échantillonnage pour analyse permet de vérifier le caractère conventionnel de cette eau. Un ajustement du pH est opéré avant évacuation.

## 10 GESTION DES COLIS EN PHASE ENTREPOSAGE

Ce paragraphe présente la gestion des colis MAVL en phase entreposage et justifie la conformité des caractéristiques attendues de ces colis avec les spécifications d'acceptation mentionnées à l'article 8.4.2 de l'arrêté INB [1] pour l'entreposage auquel ils sont destinés.

L'installation ICEDA dispose de deux halls d'entreposage d'environ 1300 m<sup>2</sup> chacun au sol, environ 15000 m<sup>3</sup>, fermés de murs latéraux et d'une dalle de toit de 1,2 m d'épaisseur, d'une dalle de sol de 1,5 m d'épaisseur.

Chaque hall est équipé d'une cellule arrière protégée par une porte blindée permettant notamment l'intervention humaine sur le pont lorsque nécessaire.

Chaque hall dispose :

- D'une zone principale dédiée à l'empilement de plus de 1000 colis C1PG<sup>SP</sup>, sur trois niveaux, selon un arrangement en quinconce et pyramidal.
- En périphérie intérieure, de structures métalliques délimitant la zone d'entreposage et empêchant l'accès d'un colis dans la zone « morte » du pont (sous corbeau).
- D'une zone tampon de 10 emplacements de colis au sol permettant notamment le désempliment de colis,
- D'une zone pour colis « témoins » disposant de 15 emplacements au sol,

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

- D'une zone de suremballages métalliques de colis non conformes de 10 emplacements au sol,
- D'un pont de manutention des colis relié à la salle de supervision de l'installation et commandé à distance pour un positionnement en (x,y,z) de chaque colis dans l'empilement. Des caméras de visualisation sont positionnées sur le pont pour ces opérations de manutention téléopérées.
- D'une gaine de ventilation de 35 mètres de long centrée en largeur au plafond et courant sur la longueur du hall. L'air est soufflé verticalement vers le bas et circule à travers l'empilement des colis.
- D'une bouche d'extraction. Le taux de renouvellement de l'air dans les halls est proche de 1 h<sup>-1</sup>.

### 10.1 DUREE D'ENTREPOSAGE DES COLIS MAVL SUR ICEDA

La durée d'entreposage des colis MAVL sur ICEDA dépend de la date de mise en service et des chroniques de réception de l'exutoire CIGEO : le prévisionnel de livraison des colis vers CIGEO est décliné dans le PIGD VE.

Au regard des données actuellement disponibles, la durée d'entreposage des colis à ICEDA ne devrait pas excéder 50 ans, même si ce point reste à conforter notamment en fonction des paramètres indiqués ci-dessous :

- La conception du colis et sa robustesse montrent que celui-ci n'est pas l'élément limitant concernant sa durée d'entreposage à ICEDA,
- La durée de vie prévisionnelle de l'installation reste soumise, conformément à la réglementation des INB, à des réexamens périodiques décennaux dont les résultats serviront de base à l'Autorité de Sûreté Nucléaire pour autoriser ou non la poursuite de l'exploitation de l'installation.
- Si nécessaire, chaque colis produit sur ICEDA devra observer un temps d'entreposage avant envoi à CIGEO lui permettant de respecter les spécifications d'acceptation de CIGEO, en particulier le critère de puissance thermique par colis et celui du débit d'hydrogène de radiolyse annuel.

### 10.2 SPECIFICATIONS D'ACCEPTATION POUR L'ENTREPOSAGE DES COLIS SUR ICEDA

L'entreposage des colis sur ICEDA est régi par des spécifications radiologiques et thermiques.

#### 10.2.1 Limites radiologiques

Les limites radiologiques sont les suivantes :

Radioélément	Inventaire total (TBq)	Inventaire pour chaque hall (TBq)
<sup>3</sup> H	300 000	150 000
<sup>14</sup> C	5 000	2 500
Emetteurs α	250	125
β et γ « thermiques »	600 000	300 000
β et γ « autres »	1 400 000	700 000

#### Limites radiologiques pour les halls d'entreposage

#### 10.2.2 Limite de puissance thermique totale en hall d'entreposage

Dans l'hypothèse d'une démonstration du maintien des propriétés de confinement des colis durant toute leur période d'entreposage sur ICEDA, la puissance thermique cumulée des colis entreposés dans chaque hall plein est inférieure ou égale à 80 kW : cette valeur de puissance a été estimée en considérant un critère de puissance

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 75/94

thermique de 50 W<sup>14</sup> par colis à réception à CIGEO qui, s'il devait être retenu à une valeur plus haute in fine par l'Andra dans les spécifications d'acceptation CIGEO, pourra réduire la puissance totale par hall plein et favoriser le comportement thermique en diminuant la température à cœur des colis en phase d'entreposage.

A ce niveau de puissance par hall, la démonstration apportée en Pièce 2 (chapitre 2) pour une humidité relative jusqu'à 5%HR de l'air d'un hall, conclut que les phénomènes de séchage n'induisent pas de risque de fissuration par retrait/dessiccation du béton (coque + bouchon) pouvant conduire à perdre l'enveloppe confinante du colis.

### 10.3 TRACABILITE DES COLIS ET RESPECT DES SPECIFICATIONS D'ENTREPOSAGE

La traçabilité des colis sur ICEDA est assurée par l'outil informatique dédié à ICEDA qui permet de centraliser et d'archiver l'ensemble des informations relatives aux colis produits :

- L'identification des déchets en provenance des sites producteurs (ces informations étant transmises par l'application informatique WasteApp) ;
- L'identification des matériels et équipements intégrés au procédé (coques béton, paniers, étuis, emballages de transport) ;
- Les paramètres et autres mesures effectuées lors des étapes de caractérisation, de conditionnement et de contrôles de conformité ;
- Les paramètres du procédé (date de blocage, calage, bouchage, références des saches, ...).

Les mouvements de chaque colis sont renseignés par l'exploitant dans cet outil qui permet de :

- Tracer les mouvements de chaque colis, lors du conditionnement et de l'entreposage, et localiser un colis de déchets dans un des halls d'entreposage ;
- Calculer l'activité radiologique de chaque colis en tenant compte de la décroissance radioactive et sommer l'activité des colis afin de connaître à chaque instant l'inventaire radiologique et physique des halls et garantir ainsi le respect des limites radiologiques totale et par hall d'entreposage ;
- Calculer la puissance thermique de chaque colis et des halls et garantir ainsi le respect des limites de puissance thermique par hall d'entreposage.

### 10.4 SURVEILLANCE

Dans les halls d'entreposage, les colis sont empilés sur 3 niveaux selon un motif pyramidal à base triangulaire. Cet empilement pyramidal permet d'accéder à n'importe quel colis de l'empilement en limitant le nombre de colis à déplacer à 10 pour atteindre ce colis. Il permet donc une reprise des colis à tout moment.

Durant la phase d'entreposage, des colis témoins sont choisis essentiellement en fonction de leurs caractéristiques enveloppes (sollicitations thermiques et mécaniques cf. [25]). Ils sont entreposés sur une aire spécifique prévue dans chaque hall d'entreposage ou dans la pyramide d'entreposage afin d'être représentatifs des sollicitations mécaniques et thermiques générées par l'empilement des autres colis.

<sup>14</sup> Le critère qui serait a priori retenu par l'Andra dans les spécifications préliminaires d'acceptation des colis à CIGEO serait pour le colis MAVL d'ICEDA fixé à 60 W /colis.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 76/94

Ils font l'objet de contrôles périodiques (cf. [25]) afin de surveiller leur évolution durant la phase entreposage et leur durabilité dans le temps.

Les colis non conformes (hors colis non conformes disposés en suremballage) pour lesquels des fissurations ont pu être observées font également l'objet d'une surveillance particulière et périodique (cf. [25]).

### 10.5 ANALYSE DU COMPORTEMENT DU COLIS DURANT LA PHASE D'ENTREPOSAGE PREALABLE A LEUR STOCKAGE

La description et la justification de l'évolution du colis (primaire au sens du CIGEO) dans le temps, notamment ses caractéristiques mécaniques en lien avec les éventuels phénomènes d'altération physico-chimiques, sont présentées dans le programme de qualification du colis [24].

## 11 PARAMETRES IMPORTANTS DU PROCEDE DE CONDITIONNEMENT ET DE L'ENTREPOSAGE GARANTISSANT LA QUALITE DE FABRICATION ET LA CONFORMITE DES COLIS C1PG<sup>SP</sup>

Le présent paragraphe identifie les paramètres importants du procédé de conditionnement et de l'entreposage des colis C1PG<sup>SP</sup> MAVL qui permettent de garantir leur conformité. Ces paramètres, appelés « paramètres garantis », sont identifiés et distingués des paramètres « complémentaires » donnés à titre d'information :

- A chaque étape du processus de fabrication des colis ;
- Pendant la phase entreposage ;
- A l'expédition des colis.

L'ensemble des paramètres garantis permet de garantir la conformité des colis produits vis-à-vis du caractère confinant et de l'acceptation à CIGEO (à la connaissance à ce stade des exigences de l'Andra pour ce centre de stockage à l'étude).

Les actions de contrôles relatives à chacun de ces paramètres sont présentées dans le plan de contrôle du procédé et des colis [25].

Dans ce document, les critères associés aux paramètres garantis sont définis hors incertitudes de mesures. Ces dernières, par ailleurs définies dans [36], sont intégrées au plan de contrôle du procédé et des colis [25].

### 11.1 PARAMETRES GARANTIS ET COMPLEMENTAIRES A LA PRODUCTION

#### 11.1.1 Paramètres relatifs aux approvisionnements

PARAMETRES	garanti / complémentaire	DOMAINE DE VALIDITE
Conformité des conteneurs : coques C1PG <sup>SP</sup>	garanti	Conformes au Cahier des Spécifications et des Conditions Techniques (CSCT [31]) : caractéristiques du matériau, caractéristiques dimensionnelles, ...
Conformité des paniers MAVL	complémentaire	Conformes au CSCT [32]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

PARAMETRES	garanti / complémentaire	DOMAINE DE VALIDITE
Conformité des charges sèches : - coulis (blocage et calage) - béton du bouchon	garanti garanti	Conformes au CSCT ([29], [30]) : nature et caractéristiques des constituants, dosages, ... Respect des formulations Respect des dates de péremption
Conformité des adjuvants	garanti	Conformes au dossier de suivi qualité délivré par le Fournisseur (fiche technique, date de péremption, ...)
Qualité de l'eau de gâchage	garanti	Eau de gâchage issue du circuit d'eau potable ou d'eau déminéralisée ou conforme à la norme NF EN 1008

### 11.1.2 Paramètres garantis relatifs aux déchets

PARAMETRES	Domaine de validité
Déchets autorisés avec restriction	Cf. paragraphe □
Déchets interdits	Cf. paragraphe 5.2.3
Masse de déchets par panier	400 kg < Masse de déchets par panier < 2500 kg
Activité radiologique max / panier	Cf. paragraphe 5.1.3 : seule l'activité radiologique en $\beta/\gamma$ « thermiques » constitue un paramètre garanti du point de vue de l'activité radiologique maximale par panier. Les autres activités mentionnées dans le paragraphe correspondent à des paramètres complémentaires.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 78/94

### 11.1.3 Paramètres relatifs au procédé

#### 11.1.3.1 Procédure de blocage des déchets

PARAMETRES	garanti / complémentaire	DOMAINE DE VALIDITE
<u>Charges de blocage :</u> - Introduction des composants et cycle de malaxage - Respect de la formulation (eau et adjuvants)	complémentaires (la conformité du coulis est garantie par le respect du critère de fluidité et son utilisation dans le temps de la DPU)	Conforme au domaine de validité du coulis cimentaire développé par EDF
- Contrôle fluidité au cône de Marsh selon la norme NF EN 445 - Respect de la DPU (*) <small>page suivante</small>	garanti  garanti	Fluidité < 20 sec. avec ajutage de 10 mm pour un coulis dont la température est comprise entre 5 et 30°C.  DPU de 4 heures
Température à cœur dans le panier : maîtrise du risque de Réaction Sulfatique Interne (RSI)	Complémentaire (car non mesurable)	< 75°C
Avant déversement en panier :		
- Température du coulis frais - Température d'air à l'extraction du local de blocage	garanti  garanti	≤ 10°C 5°C ≤ T ≤ 25°C
Durée de séchage	garanti	48h minimum
Prise à 2 jours	garanti	Selon un mode opératoire adapté de la norme EN 196-3, l'opérateur contrôle sur éprouvette, une fois par campagne que le coulis a fait prise à deux jours
Résistance à la compression à 91 jours	garanti	> 20 MPa

(\*) La Durée Pratique d'Utilisation (DPU) est la durée suivant la fin de fabrication de la gâchée pendant laquelle le coulis frais conserve une ouvrabilité satisfaisante permettant son utilisation. Dans le procédé de blocage de l'installation ICEDA, le coulis de blocage des déchets fait l'objet de plusieurs gâchées déversées dans une cuve de maintien permettant par connexion avec un échangeur de chaleur de maintenir la température du coulis frais avant usage inférieure à 10°C. Aussi, le to de décompte de la DPU correspond au moment de la vidange de la première gâchée en cuve de maintien. Le « t » de fin est égale à to+DPU.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 79/94

### 11.1.3.2 Procédure de calage des paniers

PARAMETRES	garanti / complémentaire	DOMAINE DE VALIDITE
Contrôle avant calage	complémentaire	Absence d'eau libre
<u>Charges de calage :</u> - Introduction des composants et cycle de malaxage - Respect de la formulation (eau et adjuvants)	complémentaires (la conformité du coulis est garantie par le respect du critère de fluidité et son utilisation dans le temps de la DPU)	Conforme au domaine de validité du coulis cimentaire développé par EDF
- Contrôle fluidité au cône de Marsh selon la norme NF EN 445 - - Respect de la DPU	garanti  garanti	Fluidité < 40 sec. avec ajutage de 10 mm pour un coulis dont la température est comprise entre 5 et 30°C.  DPU de 4 heures
Température de l'air à l'extraction du local de calage	garanti	$5^{\circ}\text{C} \leq T \leq 40^{\circ}\text{C}$
Durée de séchage / cure	garanti (séchage) complémentaire (cure)	48h minimum
<p><b>Nota :</b> le contrôle d'une présence d'eau de cure sur le coulis de calage ne constitue pas un paramètre garanti étant donné que le coulis de calage ne porte pas de fonction de confinement.</p>		
Prise à 2 jours	garanti	Selon un mode opératoire adapté de la norme EN 196-3, l'opérateur contrôle sur éprouvette, une fois par campagne que le coulis a fait prise à deux jours.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 80/94

### 11.1.3.3 Procédure de bouchage des coques

PARAMETRES	garanti / complémentaire	DOMAINE DE VALIDITE
<p><u>Contrôle avant bouchage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hauteur libre avant bouchage</li> <li>- Eau libre</li> <li>- Béton désactivé de la tête du conteneur</li> </ul>	<p>garanti</p> <p>garanti</p> <p>garanti</p>	<p>≥ épaisseur minimale du bouchon (12 cm, cf. [24])</p> <p>La révision de cette valeur au présent indice est explicitée en Pièce 2 du RCC (cf. [24]).</p> <p><u>Nota</u> : 12 cm est la valeur cible d'épaisseur de béton à obtenir de manière homogène sur toute la surface du bouchon. Néanmoins, une valeur strictement supérieure à 11 cm peut être retenue ponctuellement si le défaut constaté est compris dans un carré de 10x10 cm ou 5x20 cm (cf. § 11.2 sur les défauts d'intégrité colis cités en PG également)</p> <p>Absence d'eau libre</p> <p>Absence de résidu cimentaire sur la surface désactivée de la tête du conteneur pouvant résulter de projections de coulis cimentaire lors de l'opération de calage.</p>
<p><u>Respect de la formulation :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Conformité de la charge sèche de bouchage</u></li> <li>- <u>Conformité des adjuvants</u></li> <li>- conformité des dosages et du cycle de malaxage</li> </ul>	<p>garanti</p> <p>garanti</p> <p>garanti</p> <p>(la conformité du béton est également garantie par le respect du critère d'affaissement et son utilisation dans le temps de la DPU)</p>	<p>Contrôle de la date de péremption / contrôle de la masse de la charge sèche</p> <p>Contrôle de la date de péremption</p> <p>Conforme au domaine de validité du béton BHP développé par EDF</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle ouvrabilité au cône d'Abrams (test d'affaissement selon NF EN 12350-2)</li> <li>- Respect de la DPU</li> </ul>	<p>garanti</p> <p>garanti</p>	<p>Affaissement entre 210 et 240 mm pour un béton dont la température est comprise entre 5 et 30°C.</p> <p>DPU de 2 heures avec affaissement à 2 heures entre 190 et 240 mm pour un béton dont la température est comprise entre 5 et 30°C.</p>

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

PARAMETRES	garanti / complémentaire	DOMAINE DE VALIDITE
Humidification de l'interface bouchon/conteneur	garanti	La surface de béton désactivée située au niveau de la tête du conteneur doit être humidifiée avant la coulée du béton.
Vibration	garanti	Immédiatement après la coulée du béton à l'aide des dispositifs de vibration automatisée (sauf en cas d'utilisation d'un béton autoplaçant)
Température de l'air à l'extraction du local de bouchage	garanti	5°C ≤ T ≤ 40°C
Contrôle de fin de fabrication	garanti	Absence de surépaisseur de béton provenant du bouchage au niveau du bouchon et/ou des parois latérales du colis  Retrait vertical au-dessus du bouchon pour permettre la cure à l'eau (5 à 20 mm)
Immobilisation du colis pour séchage et cure	garanti	7 jours minimum
Contrôle de la présence d'eau de cure sur le bouchon	garanti	7 jours minimum
Résistance à la compression à 28 jours	garanti	Le critère à respecter est > 50 MPa. La mesure est réalisée une fois par campagne.
Retrait à 28 jours	garanti	Le critère à respecter est < 400 µm/m sur éprouvettes. La mesure est réalisée 1 fois/mois.

## 11.2 PARAMÈTRES GARANTIS RELATIFS AU COLIS FINI

PARAMETRES	DOMAINE DE VALIDITE
Intégrité du colis	Absence de défauts tels que : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nid d'agrégats (cailloux, sable, fibres)</li> <li>• Ferrailage apparent,</li> <li>• Fissuration ou faïençage de la coque, du bouchon ou à l'interface coque-bouchon (fissure de retrait) dans les limites définies ci-dessous :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ouverture &lt; 0,3 mm</li> <li>- Longueur de fissure &lt; 200 mm (ce critère ne concerne pas les fissures de retrait circonférentielles sur le bouchon)</li> <li>- Espace minimal entre fissures &gt; 300 mm.</li> </ul> </li> <li>• Eclat/épaufrure/trou, ragréage, surface sableuse, manque de béton dans les limites définies ci-dessous :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Profondeur &lt; 10 mm sur toute la surface du défaut,</li> <li>- Défaut entièrement contenu dans la surface délimitée par un cache transparent carré de 100x100 mm ou rectangle de 50x200 mm</li> </ul> </li> </ul>

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

PARAMETRES	DOMAINE DE VALIDITE
Contamination surfacique non fixée	< 0,4 Bq/cm <sup>2</sup> en bêta gamma et < 0,04 Bq/cm <sup>2</sup> en alphas au titre du zonage déchets d'ICEDA
Masse du colis	≤ 6400 kg
Puissance thermique	≤ 170 W

### 11.3 PARAMETRES GARANTIS ET COMPLÉMENTAIRES À L'ENTREPOSAGE

PARAMETRES	garanti / complémentaire	DOMAINE DE VALIDITE
Puissance thermique / hall d'entreposage	complémentaire	≤ 80 kW.
Critères de température en hall d'entreposage : T° en tout point du colis : - En fonctionnement normal - En cas de perte prolongée de ventilation	complémentaires (car non mesurables)	< 65°C < 75°C
- Température de l'air à l'extraction du hall	complémentaire	Pas critère associé (cf. [24]). Mesure et enregistrement par pas de temps d'1 heure (valeur modifiable en fonction du retour d'expérience)

### 11.4 PARAMETRES GARANTIS ET COMPLEMENTAIRES A L'EXPEDITION

PARAMETRES	garanti / complémentaire	DOMAINE DE VALIDITE
Colis et interface de préhension	garantis	Intégrité du conteneur (coque et bouchon). Absence de défauts tels que : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nid d'agrégats (cailloux, sable, fibres)</li> <li>• Ferrailage apparent,</li> <li>• Fissuration ou faïençage de la coque, du bouchon ou à l'interface coque-bouchon (fissure de retrait) dans les limites définies ci-dessous :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ouverture &lt; 0,3 mm</li> <li>- Longueur de fissure &lt; 200 mm (ce critère ne concerne pas les fissures de retrait circonférentielles sur le bouchon)</li> <li>- Espace minimal entre fissures &gt; 300 mm.</li> </ul> </li> </ul>

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
	DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :

PARAMETRES	garanti / complémentaire	DOMAINE DE VALIDITE
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Eclat/épaufure/trou, ragréage, surface sableuse, manque de béton dans les limites définies ci-dessous :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Profondeur &lt; 10 mm sur toute la surface du défaut,</li> <li>Défaut entièrement contenu dans la surface délimitée par un cache transparent carré de 100 mm x 100 mm ou rectangle de 50 mm x 200 mm</li> </ul> </li> </ul> <p>Intégrité de l'interface de préhension permettant de réaliser les opérations de manutention dans de bonnes conditions</p>
Contamination surfacique non fixée	garanti	< 4 Bq/cm <sup>2</sup> en bêta gamma et < 0,4 Bq/cm <sup>2</sup> en alphas au titre des spécifications préliminaires d'acceptation des colis à CIGEO
Masse	complémentaire	≤ 6400 kg. Pour mémoire, l'Andra fixe à réception à CIGEO un seuil maximal à 6720 kg pour le C1PG <sup>SP</sup> MAVL produit par EDF sur ICEDA (cf. [34]).
Débit de dose maximal au contact et à 1 mètre	garanti	Critères Andra à réception à CIGEO : ≤ 3 Sv/h au contact (axe radial), ≤ 9 Sv/h au contact (axe axial), ≤ 0,7 Sv/h à 1m (axe radial), ≤ 2 Sv/h à 1m (axe axial)
Puissance thermique	garanti	Critères Andra à réception à CIGEO : ≤ 60 W (*)
Dégagement annuel maximum de H <sub>2</sub> de chaque colis primaire	garanti	Critères Andra à réception à CIGEO : ≤ 60 NL(H <sub>2</sub> )/an/colis

(\*) : conforme à la valeur considérée par EDF (dans l'attente du critère Andra) en tant que valeur cible minimale admissible par l'Andra à l'expédition des colis à CIGEO.

## 12 TRANSPORT

Rappelons que le conteneur C1PG en béton durable dans lequel sont conditionnés des déchets FMA-vc redevables du CSA constitue un colis de transport de type IP2. Il répond donc en particulier à une tenue à la chute sur dalle indéformable à 1,2 m.

Le transport des colis de déchets MAVL conditionnés en C1PG<sup>SP</sup> en sortie d'ICEDA devra répondre à la réglementation ADR (voie routière) ou RID (voie ferrée) et sera redevable d'un transport en colis de type B.

Un emballage de transport type B sera donc développé. Ce développement devra tenir compte de conditions accidentelles de transport et notamment subir des épreuves « sévères » telles que la chute sur dalle indéformable à 9 m, la chute de 1 m sur poinçon et un incendie à 800°C durant 30 minutes en série sur un même colis, une immersion à 15 m pendant 8 heures sur colis intact) et disposer d'un agrément transport.

La conception d'un tel emballage n'a à ce stade pas été réalisée par EDF. En effet, le besoin se concrétisera après quelques décennies d'entreposage des colis MAVL sur ICEDA. Néanmoins, une étude de pré-design d'un

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 84/94

emballage mono-capacitif a été réalisée en 2019 et d'autres études de pré-design sont actuellement en cours. La conception pourra s'appuyer sur le retour d'expérience acquis dans le cadre de l'agrément obtenu par EDF pour le transport des paniers de déchets MAVL activés (non bloqués) des réacteurs en démantèlement vers ICEDA. Cette conception devra intégrer les évolutions de l'ADR d'ici là et prendre en compte les contraintes du site de stockage définitif dédié.

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 85/94

## ANNEXE 1 – INVENTAIRES RADIOLOGIQUES D'ACTIVATION DES DAE DU PARC REP

[ ]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 86/94

## ANNEXE 2 – INVENTAIRES RADIOLOGIQUES D'ACTIVATION DES DAD

[ ]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 87/94

[ ]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 88/94

[ ]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 89/94

[ ]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 90/94

[ ]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 91/94

[ ]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 92/94

[ ]

	<b>RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE</b>		
DP2D_FD-DP2D	Référence : D455524009195	Indice :	Page 93/94

[ ]



**RÉFÉRENTIEL DE CONDITIONNEMENT DES DÉCHETS MAVL - PIÈCE 1 : SPÉCIFICATIONS  
DE PRODUCTION ET D'ENTREPOSAGE DES COLIS - VERSION PUBLIQUE**

DP2D\_FD-DP2D

Référence : D455524009195

Indice :

Page 94/94