

# **Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs 2021-2025**

## **Action HAMAVL.9 : Etat des lieux des déchets MA-VL produits avant 2015 et calendrier de conditionnement associé**

Note technique référence DPS2D NT 2021-161

# Sommaire

<b>1. Demande du PNGMDR</b>	<b>3</b>
<b>2. Etat des lieux des déchets radioactifs MA-VL produits avant 2015 à conditionner</b>	<b>3</b>
2.1. Déchets MA-VL produits avant 2015	3
2.2. Déchets MA-VL produits avant 2015 restant à conditionner	9
<b>3. Approche du groupe Orano pour développer de nouveaux colis de déchets radioactifs définitifs MA-VL</b>	<b>11</b>
<b>4. Déchets radioactifs MA-VL produits avant 2015 restant à conditionner : Enjeux en matière de sûreté et de radioprotection</b>	<b>13</b>
<b>5. Calendrier de conditionnement définitif des déchets MA-VL restant à conditionner</b>	<b>14</b>
5.1. Coques, embouts, fines et résines entreposés dans le Silo HAO et dans les piscines S1 / S2 / S3 de l'atelier SOC	14
5.1.1. Colis de déchets radioactifs définitifs CSD-C HAO	15
5.1.2. Colis de déchets radioactifs définitifs CFR HAO	16
5.1.3. Calendrier de conditionnement définitif	18
5.2. Boues entreposées dans les silos de l'atelier STE2	19
5.2.1. Colis de déchets radioactif définitifs	19
5.2.2. Calendrier de conditionnement définitif	21
5.3. Echangeur minéral Phomix entreposé dans l'atelier D/E EB	21
5.3.1. Colis de déchets radioactifs définitifs Phomix	21
5.3.2. Calendrier de conditionnement définitif	23
5.4. Déchets technologiques contaminés en émetteurs alpha N3S entreposés dans l'atelier D/E EB	24
5.4.1. Colis de déchets radioactifs définitifs PIVIC	24
5.4.2. Calendrier de conditionnement définitif	27
5.5. Déchets solides entreposés dans le bâtiment 128 (ATTILA)	29
5.5.1. Colis de déchets radioactifs définitifs CBF-C'2	29
5.5.2. Calendrier de conditionnement définitif	29

## 1. Demande du PNGMDR

L'action HAMAVL.9 (Poursuivre le conditionnement des déchets MA-VL produits avant 2015) du projet de Plan National de Gestion des Matières et Déchets radioactifs (PNGMDR) 2021-2025, dispose :

« L'article L. 542-1-3 du code de l'environnement dispose que la totalité des déchets MA-VL produits avant 2015 doit être conditionnée avant 2030. Dans cette optique, le PNGMDR 2016-2018 a prescrit des études pour la caractérisation ou le conditionnement de certaines typologies de déchets MA-VL, notamment les déchets bitumés et les déchets organiques riches en émetteurs alpha, les déchets de structure tels que les gaines magnésiennes des combustibles usés des réacteurs à uranium naturel-graphite-gaz (UNGG) et les déchets pulvérulents issus du traitement de combustibles usés des réacteurs UNGG entreposés à Marcoule, qui mettent en évidence que les études et travaux doivent se poursuivre.

Les producteurs de déchets établiront un état des lieux de leurs déchets à conditionner et le calendrier de conditionnement associé. Les producteurs devront expliciter les différentes mesures prises pour assurer le conditionnement définitif des déchets dans les meilleurs délais et apporter tous les éléments d'explication permettant de justifier d'éventuelles difficultés à la mise en œuvre de ce conditionnement.

Ces éléments seront établis par les producteurs de déchets, au plus tard fin 2021. Cet état des lieux s'attachera également à préciser les déchets présentant les plus forts enjeux en matière de sûreté et de radioprotection. Ce bilan sera discuté au sein de l'instance de gouvernance du PNGMDR, qui pourra émettre une recommandation à destination du Gouvernement sur l'opportunité d'une présentation au Parlement d'un ajustement de l'objectif calendaire inscrit dans la loi. »

Le présent document constitue la réponse d'Orano à la demande associée à l'action HAMAVL.9 du projet de PNGMDR 2021-2025, pour les déchets moyenne activité à vie longue (MA-VL) produits par Orano avant 2015.

## 2. Etat des lieux des déchets radioactifs MA-VL produits avant 2015 à conditionner

### 2.1. Déchets MA-VL produits avant 2015

Les tableaux ci-dessous détaillent la liste des colis de déchets radioactifs définitifs MA-VL produits selon une spécification de production existante ayant fait l'objet d'un accord de l'Autorité de sûreté nucléaire (accord de conditionnement au sens de la décision ASN n°2017-DC-0587 du 23 mars 2017 relative au conditionnement des déchets radioactifs et aux conditions d'acceptation des colis de déchets radioactifs dans les installations nucléaires de base de stockage, homologuée par arrêté du 13 juin 2017), ou qui seront produits à l'avenir selon une spécification de production :

- déjà transmise à l'Autorité de sûreté nucléaire dans le cadre du dépôt d'un dossier de demande d'accord de conditionnement,
- qui sera transmise ultérieurement à l'Autorité de sûreté nucléaire après réalisation des études relatives au procédé de conditionnement et à la conception du colis de déchets radioactifs définitif associé.

Nature des déchets	Procédé de conditionnement	Colis définitif destiné à être stocké dans l'INB <sup>(1)</sup> de stockage à l'étude Cigéo <sup>(2)</sup>	Spécification de production
<b>Coques et embouts</b> : Eléments des structures des assemblages de combustibles usés de la filière à eau légère (tubes de gainage en alliage de zirconium, pièces d'extrémité d'assemblage, grilles en acier, ressorts en alliage de nickel...).	<b>Cimentation</b> : Les déchets sont placés dans des fûts en acier inoxydable et bloqués par une matrice cimentaire. Procédé utilisé jusqu'à la décision de mettre en œuvre le procédé de compactage.	<b>Fûts de Coques et Embout (FCE)</b> : fûts en acier inoxydable et bloqués par une matrice cimentaire	<b>Spécification de production existante</b> Colis produits entre 1990 et 1995 année d'arrêt de la production
<b>Coques et embouts</b> : Eléments des structures des assemblages de combustibles usés de la filière à eau légère (tubes de gainage en alliage de zirconium, pièces d'extrémité d'assemblage, grilles en acier, ressorts en alliage de nickel...).	<b>Compactage</b> : Les déchets de structure sont répartis dans des étuis. Ces derniers sont ensuite compactés. Les galettes ainsi obtenues sont empilées dans un conteneur standard de déchets compactés (CSD-C) en acier inoxydable, à raison d'environ 8 par colis.	<b>Colis Standard de Déchets Compactés (CSD-C)</b>	<b>Spécification de production existante</b>
<b>Déchets issus du traitement des effluents liquides</b> : - Effluents de faible et moyenne activité, issus des usines UP2 et UP3 du site de La Hague - Effluents provenant des opérations de rinçage effectuées dans le cadre de la cessation définitive d'exploitation et de la mise à l'arrêt définitif de l'usine UP2-400 de La Hague.	<b>Bitumage</b> : Les effluents subissent un traitement chimique de coprécipitation. Le déchet résiduel se présente sous forme de boues. Celles-ci sont ensuite enrobées dans une matrice bitumineuse et conditionnées dans des fûts en acier inoxydable. Ces fûts bitume sont produits dans la Station de Traitement des Effluents n°3 (STE3).	<b>Fût bitume</b> <sup>(3)</sup>	<b>Spécification de production existante</b>

**(1) INB : Installation Nucléaire de Base**

**(2) Cigéo : Centre industriel de stockage géologique (INB de Stockage à l'étude)**

**(3) cf. premier paragraphe de la page 9 sur 29 du présent document**

Nature des déchets	Procédé de conditionnement	Colis définitif destiné à être stocké dans l'INB de stockage à l'étude Cigéo	Spécification de production
<p><b>Déchets issus du traitement des effluents liquides (boues) :</b> Boues dites « STE2 » sont des précipités fixant l'activité contenue dans les effluents secondaires de faible et moyenne activité de l'usine de La Hague. Elles proviennent essentiellement du fonctionnement de l'usine UP2-400 entre 1966 et 1997 et sont entreposées dans 7 silos numérotés 550-10 à 550-15 et 550-17 de l'ancienne Station de Traitement des Effluents n°2 (STE2).</p>	<p><b>Bitumage :</b> Procédé similaire à celui précité</p> <p>Le bitumage des boues de la STE2 dans l'installation STE3 (INB 118) a été interdit par décision ASN n°2008-DC-0111 du 2 septembre 2008. Orano a étudié d'autres modes de conditionnement et un conditionnement par séchage et compactage de ces boues a été retenu.</p>	<p><b>Fût bitume</b> <sup>(3)</sup></p>	<p>Ces colis ont été produits selon la <b>spécification de production existante</b></p>
		<p><b>Le colis sera conçu</b> dans le cadre des études de recherches et développement en cours</p>	<p><b>Une spécification sera transmise à l'ASN en cohérence avec la date prévisionnelle de début du conditionnement définitif des boues à l'horizon fin 2049</b></p>

(3) cf. premier paragraphe de la page 9 sur 29 du présent document

Nature des déchets	Procédé de conditionnement	Colis définitif destiné à être stocké dans l'INB de stockage à l'étude Cigéo	Spécification de production
<p><b>Déchets issus de l'exploitation et de la maintenance des installations de La Hague :</b> Ces déchets ont été générés lors de l'exploitation courante d'ateliers (gants, tenues...), d'opérations de maintenance ou de démantèlements (outillages, équipements métalliques...) sur les installations du site de La Hague.</p> <p>Entre 1990 et mars 1994, une partie de ces déchets a été conditionnée dans des conteneurs en béton comportant de l'amiante (CAC).</p>	<p><b>Cimentation :</b> Les déchets solides sont déposés dans des étuis, des paniers ou des fûts métalliques de 400 litres. Ces déchets préconditionnés ainsi que des poubelles irradiantes provenant de laboratoires sont ensuite disposés dans des conteneurs cylindriques en amiante ciment. Le bouchage des conteneurs est fait par injection d'un coulis à base de ciment. Un dispositif (plateau métallique) permet d'éviter la remontée des déchets lors de cette opération. Après séchage, une résine époxydique est coulée par-dessus afin de recouvrir totalement le coulis cimentaire et le dispositif métallique. Ce procédé n'est plus utilisé depuis 1994.</p>	<p><b>Conteneur Amiante Ciment (CAC)</b></p>	<p><b>Spécification de production existante</b></p>
<p><b>Déchets générés lors de l'exploitation courante des différents ateliers et laboratoires</b> (gants, vinyles, tenues...), d'opérations de maintenance ou de démantèlements (outillages, équipements métalliques...) sur les installations du site de La Hague. Ces déchets proviennent également du bâtiment 128 et du bâtiment 119 (prise de déchets anciens) de La Hague.</p>	<p><b>Cimentation :</b> Les déchets sont déposés dans des étuis, des paniers ou des fûts métalliques de 400 litres, suivant leur origine.</p> <p>Ces déchets préconditionnés ainsi que les poubelles irradiantes des laboratoires, sont ensuite déposés dans des conteneurs cylindriques en béton-fibres (CBF-C'2).</p> <p>Le bouchage des conteneurs se fait par injection, sous vibrations, de béton-fibres de même composition que l'enveloppe. Un dispositif (plateau métallique) évite la remontée des déchets lors de l'injection du coulis.</p>	<p><b>Conteneur Béton-Fibres Cylindrique de type C'2 (CBF-C'2)</b></p>	<p><b>Spécification de production existante</b></p>

Nature des déchets	Procédé de conditionnement	Colis définitif destiné à être stocké dans l'INB de stockage à l'étude Cigéo	Spécification de production
<p><b>Déchets technologiques solides essentiellement contaminés par du plutonium lors des opérations de fabrication (usine MELOX et ATPu Cadarache) de combustibles MOX (Mélange d'Oxyde), ou de traitement de combustibles (usines de La Hague).</b> Il s'agit de déchets divers de natures métalliques (outillages, câbles...) ou organiques (gants, manches d'extraction...).</p> <p>Il s'agit également des déchets issus des opérations préalables à la cessation définitive d'exploitation et au démantèlement d'installations nucléaires de l'usine UP2-400 du site de la Hague.</p>	<p>Le procédé de conditionnement retenu et étudié par Orano <b>doit associer au mieux incinération, fusion et vitrification.</b></p> <p>Ce procédé dénommé PIVIC (Procédé d'Incinération et Vitrification In Can) associant fusion de métal, destruction par torche plasma des organiques et vitrification des cendres, doit permettre de traiter et de conditionner ces déchets technologiques (métalliques et organiques) contaminés en émetteurs alpha non susceptibles d'être stockés en surface (N3S).</p>	<p><b>Le colis PIVIC sera conçu</b> dans le cadre des études de recherches et développement en cours</p>	<p><b>Une spécification sera transmise à l'ASN à l'horizon 2036 dans le cadre du dépôt d'un dossier de demande d'accord de conditionnement</b></p>
<p><b>Déchets issus d'opérations de rinçage :</b> effluents radioactifs de moyenne activité provenant principalement des opérations de rinçage effectuées dans le cadre de la cessation définitive d'exploitation et de la mise à l'arrêt définitif de l'usine UP2-400 de La Hague.</p>	<p><b>Vitrification :</b> Les effluents sont traités par calcination puis vitrification par mélange avec de la fritte de verre et chauffage par induction directe dans creuset froid. Le verre en fusion est coulé dans un conteneur en acier réfractaire dit « CSD-B », géométriquement identique au Conteneur Standard de Déchets Vitrifiés (CSD-V). Le couvercle est ensuite posé et soudé sur le conteneur.</p>	<p><b>Colis standard de déchets vitrifiés CSD-B</b></p>	<p><b>Spécification de production existante</b></p>
<p><b>Fines et résines du Silo HAO :</b> Déchets de procédé de faible granulométrie (fines de cisailage, fines de clarification et résines) entreposés dans le silo de l'atelier HAO (Haute Activité Oxyde).</p>	<p>Le procédé de conditionnement retenu par Orano est un procédé de <b>cimentation.</b></p>	<p><b>Colis de Fines et Résines (CFR) HAO</b></p>	<p><b>La spécification de production du colis CFR HAO a été transmise à l'ASN le 21 février 2019</b></p>

Nature des déchets	Procédé de conditionnement	Colis définitif destiné à être stocké dans l'INB de stockage à l'étude Cigéo	Spécification de production
<p><b>Coques et embouts du Silo HAO :</b> Eléments de structure de combustibles usés provenant de réacteurs à eau légère dans l'atelier HAO/Sud de l'usine UP2-400, entreposés dans le silo de l'atelier HAO (Haute Activité Oxyde).</p>	<p>Le procédé de conditionnement retenu par Orano est le <b>procédé de compactage existant dans l'atelier ACC (Atelier de Compactage des Coques)</b>.</p>	<p><b>Colis standard de déchets compactés CSD-C HAO</b></p>	<p><b>La spécification de production du colis CSD-C HAO a été transmise à l'ASN le 21 septembre 2015</b></p>
<p><b>Coques et embouts du SOC :</b> Eléments de structure de combustibles usés provenant de réacteurs à eau légère dans l'atelier HAO/Sud de l'usine UP2-400, entreposés dans les piscines S1, S2 et S3 de l'atelier de stockage organisé des coques (SOC). Les coques et embouts sont conditionnés dans des fûts métalliques appelés « curseurs » entreposés sous eau dans les piscines précitées.</p>	<p>Le procédé de conditionnement retenu par Orano est le <b>procédé de compactage existant dans l'atelier ACC</b>.</p>	<p><b>Colis standard de déchets compactés CSD-C ou CSD-C HAO</b></p>	<p><b>Spécification de production existante et/ou spécification de production du colis CSD-C HAO qui a été transmise à l'ASN le 21 septembre 2015</b></p>
<p><b>Echangeur minéral, appelé Phomix.</b> L'atelier Elan IIB, situé à La Hague, était un pilote pour la fabrication de sources scellées de césium 137 et de strontium 90. Le césium était transporté entre l'établissement du CEA de Marcoule et l'atelier ELAN IIB dans des colonnes d'élution sur un échangeur minéral puis élué, concentré et calciné. La poudre d'oxyde de césium était ensuite frittée et conditionnée sous une double enveloppe métallique.</p>	<p>Le procédé de conditionnement retenu par Orano consiste à laisser l'échangeur minéral Phomix en place dans la colonne d'élution. <b>Après aménagements, chacune des quatre colonnes d'élution qui a été conçue comme un emballage de transport de type B non démontable, constituera le colis définitif.</b></p>	<p><b>Colis Phomix</b></p>	<p><b>Une spécification de production sera transmise à l'ASN dans le cadre du dépôt d'un dossier de demande d'accord de conditionnement avant fin décembre 2024</b></p>

Concernant les fûts bitumes (identifiés par les renvois « <sup>(3)</sup> » dans les tableaux précédents), il est à noter qu'afin de répondre aux questions et interrogations soulevées par le courrier des autorités de sûreté (courrier ASN / ASND références CODEP-DRC-2019-007552 et ASND/2019-00392 du 28 mai 2019) et par la revue internationale sur la gestion des bitumes demandée par le ministre chargé de l'énergie et par l'ASN (cf. avis de la revue sur la gestion des colis de déchets nucléaires bitumés : <https://www.asn.fr/l-asn-informe/actualites/avis-sur-la-gestion-des-colis-de-dechets-nucleaires-bitumes>), il a été convenu entre les trois producteurs de colis de déchets radioactifs bitumés (EDF / Orano / CEA) et l'Andra, de mettre en place un programme quadripartite visant à apporter les éléments relevant de la R&D (recherche et développement) nécessaires pour répondre au besoin de consolidation de la connaissance du comportement de ces colis bitumés en vue de leur stockage à Cigéo.

## 2.2. Déchets MA-VL produits avant 2015 restant à conditionner

Les déchets MA-VL produits avant 2015 pour lesquels une spécification de production existe et a fait l'objet d'un accord de l'Autorité de sûreté nucléaire, ont tous été conditionnés de façon définitive à date sauf les déchets MA-VL du SOC (cf. § 5.1) et les déchets MA-VL du bâtiment 128 (cf. § 5.5).

Les caractéristiques des colis de déchets radioactifs définitifs de catégorie MA-VL produits selon une spécification de production existante ou qui seront produits à l'avenir selon une spécification de production transmise à l'ASN dans le cadre du dépôt d'un dossier de demande d'accord de conditionnement, ont été déclarées à l'Andra sous la forme de dossiers de connaissances pour prise en compte dans les études de conception et les études de sûreté associées à l'INB de stockage à l'étude Cigéo. Les différents types de colis de déchets sont répartis en familles dans le PIGD (Programme Industriel de Gestion des Déchets) associé à la conception du stockage Cigéo.

Les déchets MA-VL produits avant 2015 pour lesquels une spécification de production a été transmise et est en cours d'instruction, ou reste à transmettre à l'ASN dans le cadre du dépôt d'un dossier de demande d'accord de conditionnement, correspondent à de nouveaux colis conçus ou restant à développer.

Il résulte de ce qui précède que les déchets MA-VL produits avant 2015 restant à conditionner dans des nouveaux colis définitifs MA-VL conçus ou à développer, sont :

- Les coques et embouts du Silo HAO (Haute Activité Oxyde) qu'Orano prévoit de conditionner dans un colis définitif dit « CSD-C HAO » fondé sur le concept du colis CSD-C existant. Le nouveau colis « CSD-C HAO » a été conçu et a fait l'objet du dépôt auprès de l'ASN d'un dossier de demande d'accord de conditionnement le 21 septembre 2015.
- Les fines et résines du Silo HAO dans un colis définitif dit « CFR-HAO » fondé sur un procédé de cimentation homogène. Le développement de ce colis repose sur un important travail de recherche et développement (R&D) afin de concevoir un colis permettant d'assurer une bonne compatibilité chimique entre le déchet et la matrice cimentaire, de garantir l'immobilisation des fines et par voie de conséquence le caractère confinant. Le nouveau colis « CFR-HAO » a été conçu et a fait l'objet du dépôt auprès de l'ASN d'un dossier de demande d'accord de conditionnement le 21 février 2019.

- Les boues des silos STE2. Un nouveau colis définitif reste à développer. Il sera conçu dans le cadre des études de recherches et développement en cours.
- L'échangeur minéral, appelé Phomix. Le nouveau colis définitif dit « Phomix », en cours de conception, consiste à réaliser des travaux d'aménagement de la colonne d'élution contenant cet échangeur minéral. Un dossier de demande d'accord de conditionnement sera déposé auprès de l'ASN avant fin 2024.
- Des déchets technologiques solides essentiellement contaminés par du plutonium lors des opérations de fabrication de combustibles MOX (usine MELOX et ATPu Cadarache), ou de traitement de combustibles (usines de La Hague) par un procédé de conditionnement retenu et étudié par Orano (Procédé d'Incinération Vitrification In Can) qui doit associer au mieux incinération, fusion et vitrification. Ce nouveau colis définitif dit « PIVIC » reste à développer. Il sera conçu dans le cadre des études de recherches et développement en cours.

Il est à noter que ces déchets ont également été décrits à l'Andra au format de dossiers de connaissances (avec la meilleure connaissance des déchets et du conditionnement à la date de leur rédaction) pour une prise en compte dans les études de conception et de sûreté du stockage Cigéo. Ils constituent également des familles du PIGD.

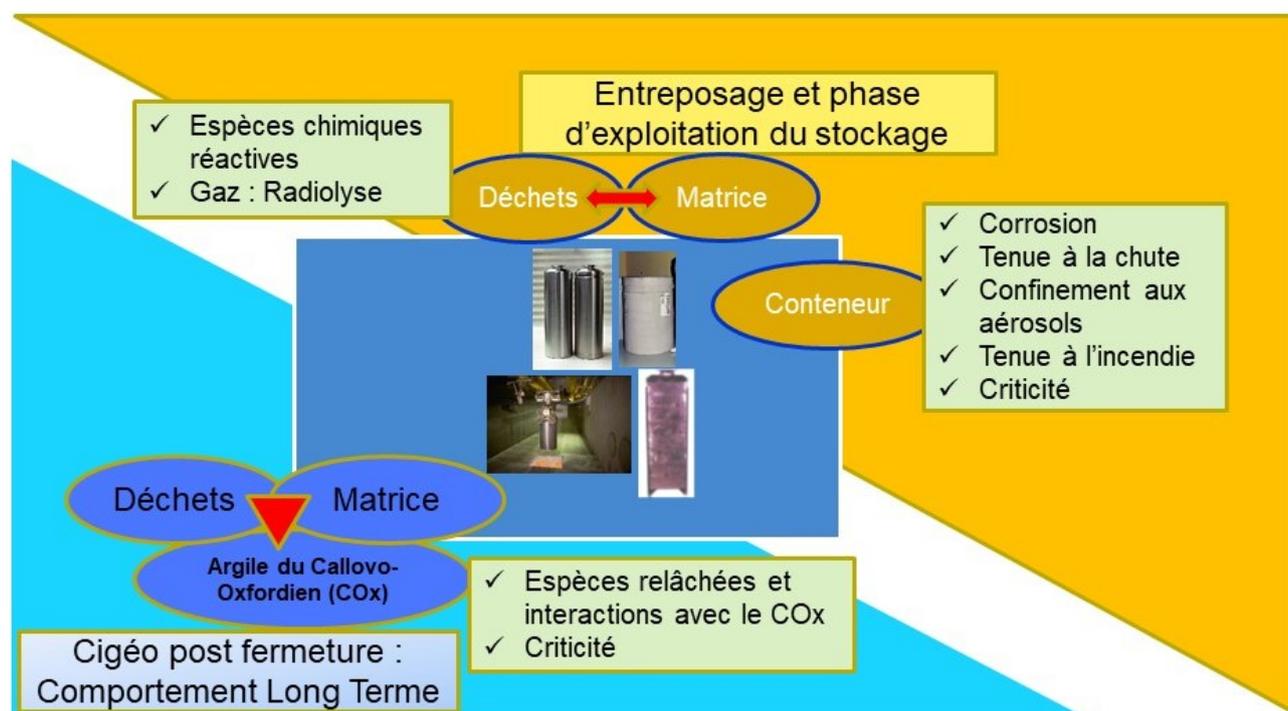
En complément, les autres déchets MA-VL produits avant 2015 restant à conditionner sont les déchets solides du bâtiment 128 qui seront conditionnés en Conteneur Béton-Fibres Cylindrique de type C'2 (CBF-C'2) selon une spécification de production existante ayant fait l'objet d'un accord de l'Autorité de sûreté nucléaire (cf. § 5.5).

### 3. Approche du groupe Orano pour développer de nouveaux colis de déchets radioactifs définitifs MA-VL

La conception de nouveaux colis déchets radioactifs définitifs de catégorie MA-VL associés aux opérations de reprise des déchets produits avant 2015, consiste à les développer afin de permettre leur admission au stockage définitif Cigéo tout en garantissant la sûreté de leur entreposage et de leur transport. Cela est réalisé en :

- S'adaptant à la nature physico-chimique des déchets à conditionner.
- S'appuyant sur le retour d'expérience de la conception et des productions de colis existants (colis de déchets vitrifiés existants : CSD-V, CSD-U, CSD-B, colis de déchets compactés : CSD-C, colis de déchets cimentés : CBFC'2, ...).
- Permettant l'entreposage de ces colis dans des conditions sûres.

Les nouveaux colis définitifs MA-VL sont développés en s'appuyant lorsque cela est possible sur des procédés éprouvés tels que le compactage (CSD-C), la cimentation (CBF-C'2) et la vitrification (CSD-V, CSD-U, CSD-B). Lorsque ces solutions ne sont pas adaptées, d'autres concepts de colis MA-VL, évoqués dans le présent document, sont développés sur la base de procédés de conditionnement innovants comme par exemple un procédé associant au mieux incinération / fusion / vitrification qui fait l'objet d'études de recherches et développement en cours.



*Critères étudiés lors de la conception des colis en adéquation avec Cigéo*

Dans l'optique de développer un colis destiné à Cigéo des programmes de R&D sont mis en œuvre afin de :

- Déterminer un procédé de traitement et de conditionnement industriellement pertinent.
- Fournir les éléments d'évaluation du comportement du colis pendant la phase d'entreposage et d'exploitation du stockage (termes sources gaz, corrosion, confinement aux aérosols).
- Permettre de définir des performances à long terme en stockage géologique, notamment en termes de relâchement en conditions géologiques.

L'objectif étant de définir l'optimum technico-économique entre le procédé de conditionnement développé, les considérations d'acceptabilité et le nombre de colis à produire.

Il est à noter que la connaissance des exigences à respecter en stockage est fondamentale pour guider la recherche du meilleur conditionnement adapté à un type de déchets donné. Si les travaux de l'Andra, en collaboration avec les producteurs de déchets, progressent en la matière avec la prochaine fourniture de spécifications préliminaires d'acceptation de niveau avant-projet détaillé (APD) dans le cadre du dépôt à venir de la demande d'autorisation de création de Cigéo, le caractère incomplet et évolutif de ce référentiel constitue une difficulté importante pour identifier les actions de R&D nécessaires au développement d'un conditionnement permettant de respecter les exigences actualisées définies par l'Andra pour l'INB de stockage à l'étude Cigéo.

Du point de vue technique, si la définition d'un nouveau conditionnement, très proche de ceux déjà pris en compte dans la conception et les projets de spécifications de l'Andra, est possible, celle de nouvelles géométries ou matrices risque de faire sortir le colis envisagé du domaine de validité de la conception et des spécifications d'acceptation au stockage, et nécessite de nombreuses itérations avec l'Andra.

Du point de vue administratif, la prise en compte par le producteur des exigences pressenties par l'Andra ne constitue pas une assurance d'acceptabilité du colis tant que les spécifications préliminaires d'acceptation des colis de déchets radioactifs associées au dépôt à venir de la demande d'autorisation de création de Cigéo, n'auront pas fait l'objet d'un accord de l'ASN.

Les programmes de RCD et de R&D sont donc menés avec un risque de ne pas pouvoir garantir l'acceptabilité du colis.

Par ailleurs, Orano cherche à répartir ses déchets dans les différents stockages en opération ou à l'étude par l'Andra en proportionnant le choix de leur exutoire aux enjeux de sûreté qu'ils représentent. L'absence de visibilité en ce qui concerne les exigences qui seraient à respecter pour assurer le stockage des déchets en sub-surface (pas encore de Dossier d'Options de Sûreté niveau Esquisse, ni de critères de discrimination des déchets redevables de la sub-surface et de la grande profondeur), ne permet pas de garantir une telle optimisation et complique les études de définition de conditionnements les mieux adaptés, et donc les activités de R&D.

Il semble donc important de noter que l'article L. 542-1-3 du code de l'environnement qui dispose que la totalité des déchets MA-VL produits avant 2015 doit être conditionnée avant 2030, a été formulé à une période où la conception des stockages FA-VL et Cigéo était envisagée à un horizon aujourd'hui dépassé (dépassement de plus de 10 ans pour la mise en service de Cigéo et de plus de 20 ans pour la mise en service d'un stockage FA-VL).

## 4. Déchets radioactifs MA-VL produits avant 2015 restant à conditionner : Enjeux en matière de sûreté et de radioprotection

La reprise et le conditionnement des déchets radioactifs MA-VL restant à conditionner et entreposés dans les installations précisées dans le tableau ci-dessous, ont été classés selon trois niveaux de priorité (1, 2 et 3) en fonction des enjeux de sûreté :

Déchets radioactifs MA-VL produits avant 2015 restant à conditionner	Entreposage	INB	Priorité sûreté
Coques et embouts / Fines et résines	Silo HAO	INB 80	1
Coques et embouts	Piscines S1, S2 et S3 de l'atelier de stockage organisé des coques (SOC)	INB 80	2
Boues des silos STE2	Silos numérotés 550-10 à 550-15 et 550-17 de l'ancienne Station de Traitement des Effluents n°2 (STE2)	INB 38	1
Echangeur minéral, appelé Phomix	Les colonnes d'élutions contenant l'échangeur minéral, initialement entreposées dans l'atelier ELAN IIB, sont actuellement entreposées dans l'installation D/E EB (*).	INB 47 / INB 118	3
Déchets solides	Bâtiment 128 (ATTILA)	INB 38	3

### (\*) D/E EB : Désentreposage / Extension Entreposage fûts de Bitume

Cette priorisation prend en compte :

- la quantité de déchets et leur caractéristiques (radiologiques, composition chimique, état physico-chimique),
- l'état de conformité des entreposages aux normes actuelles,
- les contraintes liées aux procédés de reprise et à l'existence de filières de stockage des déchets.

Les priorités (1, 2, 3) précitées sont formalisées dans la décision n°2014-DC-0472 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 9 décembre 2014 relative à la reprise et au conditionnement des déchets anciens dans les installations nucléaires de base n°33 (UP2-400), n°38 (STE 2), n°47 (ELAN IIB), n°80 (HAO), n°116 (UP3-A), n°117 (UP2-800) et n°118 (STE 3), exploitées par Orano Recyclage dans l'établissement de La Hague.

Les déchets radioactifs MA-VL restant à conditionner, mentionnés dans le tableau précédent, qui ne peuvent être conditionnés en colis définitif destiné à être stocké dans l'INB de stockage à l'étude Cigéo dès leur reprise dans leur entreposage d'origine et dans les délais précisés dans les textes réglementaires associés (décrets et décisions ASN), sont conditionnés de manière sûre et placés dans un entreposage en attente d'une reprise ultérieure pour réaliser le conditionnement définitif. Le conditionnement des déchets destinés à cet entreposage est conforme aux spécifications d'acceptation de l'entreposage et ne porte pas préjudice à la possibilité de définir ultérieurement un conditionnement définitif en vue du stockage.

Néanmoins, le recours à une solution d'entreposage des déchets en attente d'une reprise ultérieure, reste une situation particulière, essentiellement liée à la complexité des procédés à mettre en œuvre et à la disponibilité des colis définitifs et des filières disponibles validées pour une INB de stockage à l'étude. Ainsi, à titre d'exemple, dans le cas des déchets de priorité 1 et 2 :

- la RCD du silo HAO a été étudiée afin de prendre en compte l'occupation des ateliers de conditionnement (Atelier de Compactage des Coques « ACC », Atelier de Décontamination 2 « AD2 ») communs au conditionnement des déchets issus des usines de production UP3 A et UP2-800 ;
- la RCD des boues de STE2 permet d'entreposer les boues centrifugées dans des étuis en attente d'un conditionnement définitif.

Concernant les autres déchets radioactifs MA-VL restant à conditionner, à savoir les déchets technologiques solides essentiellement contaminés par du plutonium lors des opérations de fabrication de combustibles MOX (usine MELOX et ATPu Cadarache), ou de traitement de combustibles (usines de La Hague), ils sont pré-conditionnés dans des fûts en acier fermé par verrouillage d'un couvercle muni d'un joint (les déchets à l'intérieur du fût sont conditionnés dans une triple enveloppe vinyle dont les deux premières sont soudées). Ces fûts sont entreposés de manière sûre dans l'atelier D/E EB (Désentreposage/Extension de l'Entreposage Bitume) dans l'attente d'un conditionnement définitif correspondant au colis PIVIC.

## 5. Calendrier de conditionnement définitif des déchets MA-VL restant à conditionner

### 5.1. Coques, embouts, fines et résines entreposés dans le Silo HAO et dans les piscines S1 / S2 / S3 de l'atelier SOC

La reprise des déchets du Silo HAO et des piscines du SOC conduira au conditionnement des déchets suivant différentes filières de conditionnement en fonction de la nature des déchets :

- Les coques et embouts du Silo HAO seront introduits dans des fûts ECE (Entreposage des Coques sous Eau), éventuellement entreposés dans l'atelier D/E EDS (Désentreposage / Extension Entreposage Déchets Solides) ou transportés directement vers l'atelier ACC pour compactage des déchets et conditionnement définitif en colis CSD-C HAO. Les colis produits seront ensuite entreposés dans l'atelier ECC (Entreposage des Coques Compactées) ou Ext-ECC (Extension - Entreposage des Coques Compactées) avant expédition vers l'exutoire de stockage (filière MA-VL) ;

- Les coques et embouts entreposés dans les piscines S1, S2 et S3 du SOC seront introduits dans des fûts ECE, éventuellement entreposés dans l'atelier D/E EDS ou transportés directement vers l'atelier ACC pour compactage des déchets et conditionnement définitif en colis CSD-C conformément à la spécification de production existante ayant fait l'objet d'un accord de l'ASN, ou en colis CSD-C HAO dans le cas où ils seraient utilisés pour assurer les opérations de vacuité de l'atelier ACC. Les colis CSD-C ou CSD-C HAO ainsi produits seront ensuite entreposés dans l'atelier ECC ou Ext-ECC avant expédition vers l'exutoire de stockage (filière MA-VL) ;
- Les fines et résines du Silo HAO seront cimentées dans des paniers de cimentation puis introduits en fûts ECE. Les colis CFR HAO ainsi produits seront entreposés dans l'atelier D/E EDS avant expédition vers l'exutoire de stockage (filière MA-VL) ;
- Les déchets technologiques du Silo HAO, tels que les couvercles des curseurs du SOC, seront vraisemblablement conditionnés suivant la filière colis CBF-K de l'établissement de La Hague avant d'être expédiés vers l'exutoire de stockage (filière FMA-VC).

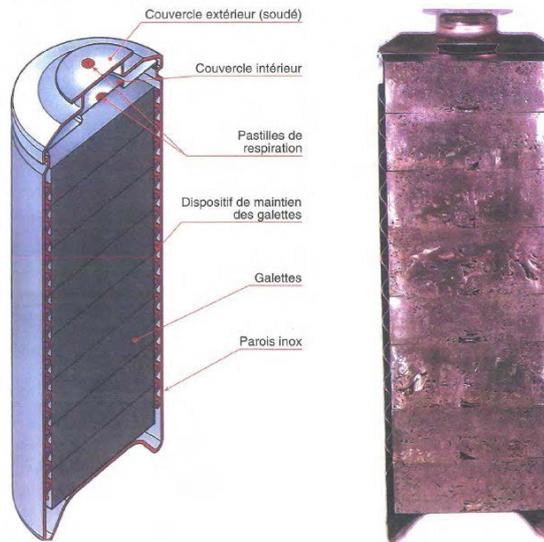
#### 5.1.1. Colis de déchets radioactifs définitifs CSD-C HAO

Le colis CSD-C HAO correspond au colis standard de déchets compactés issu du conditionnement des déchets de structure actuellement entreposés en vrac dans le silo HAO de l'INB 80 et éventuellement des déchets de structures actuellement entreposés dans les curseurs des piscines du SOC de la même INB ainsi que des coques issues du traitement des combustibles du réacteur RNR Rapsodie dans l'atelier AT1 actuellement entreposées dans l'atelier 115 de l'INB 38 de l'établissement de La Hague.

Les coques et embouts du silo HAO destinés à être conditionnés en colis CSD-C HAO sont susceptibles de par leur provenance d'être accompagnées de fines de cisailage, de pastilles d'alumine (isolant), de fines de clarification (mélange de fines de cisailages et de fines de dissolution issues du décolmatage de la Décanteuse Pendulaire Centrifuge de l'atelier HAO, introduites dans le silo HAO jusqu'à 1998) ainsi que de résines échangeuses d'ions (provenant de l'unité de filtration de la piscine 907, introduites dans le silo HAO jusqu'à début 2014).

Le colis CSD-C HAO diffère ainsi du colis standard CSD-C relevant de la spécification de production existante, ayant fait l'objet d'un accord de l'ASN, de par la provenance des déchets de structure compactés en son sein. Le procédé de fabrication du colis CSD-C HAO dans l'atelier de compactage ACC demeure par ailleurs similaire à celui du colis standard CSD-C relevant de la spécification de production existante, à savoir de manière schématique :

- Remplissage des étuis avec les déchets ;
- Compactage des étuis ;
- Introduction des galettes induites en conteneur CSD-C ;
- Fermeture du conteneur CSD-C.



**Vues en coupe d'un colis CSD-C de coques et embouts compactés**

Le dossier de demande d'accord de conditionnement associé au colis CSD-C HAO a été transmis à l'ASN le 21 septembre 2015.

L'instruction de ce dossier est en cours. Des compléments au dossier initial seront apportés par Orano en janvier 2022. L'objectif d'Orano est de disposer au plus tard fin 2022 de l'accord de conditionnement de l'ASN pour produire les colis CSD-C HAO.

### 5.1.2. Colis de déchets radioactifs définitifs CFR HAO

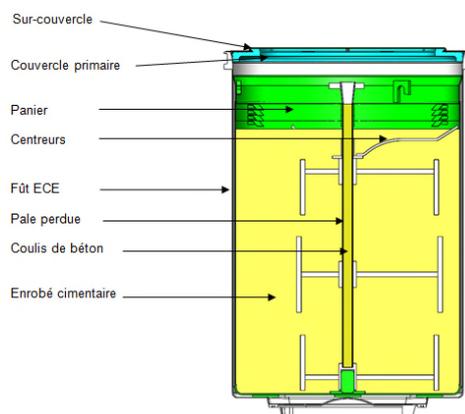
Le colis CFR HAO correspond au colis de déchets issu du conditionnement des fines et résines actuellement entreposées dans le silo HAO de l'INB 80.

Les déchets destinés à être conditionnés en colis CFR HAO correspondent aux déchets de faible granulométrie entreposés dans le silo HAO, à savoir :

- Des résines échangeuses d'ions (provenant de l'unité de filtration de la piscine 907, introduites dans le silo HAO jusqu'à début 2014) ;
- Des fines de cisailage et des fines de dissolution (issues du décolmatage de la Décanteuse Pendulaire Centrifuge de l'atelier HAO, introduites dans le silo HAO jusqu'à 1998) ;
- De corindon (sable) utilisé comme abrasif lors de la découpe du châssis en fond de piscine 907 dans le cadre des opérations de CDE/DEM (Cessation Définitive d'Exploitation/DÉMantèlement) de l'usine UP2-400.

La fabrication des colis CFR HAO fait appel aux opérations successives suivantes :

- Introduction d'une quantité définie de déchets de fines et résines dans un panier ECE sous forme de suspension aqueuse ;
- Enrobage des déchets humides via l'introduction progressive de matières cimentaires sous l'action d'un malaxage au moyen d'une pale centrée qui restera dans le fût (dite « pale perdue ») ;
- Ajout d'une galette en béton préformée (en complément du vide apical) ;
- Introduction du panier ECE dans un fût ECE ;
- Fermeture du fût ECE par un couvercle primaire et d'un sur-couvercle soudé au corps du fût.



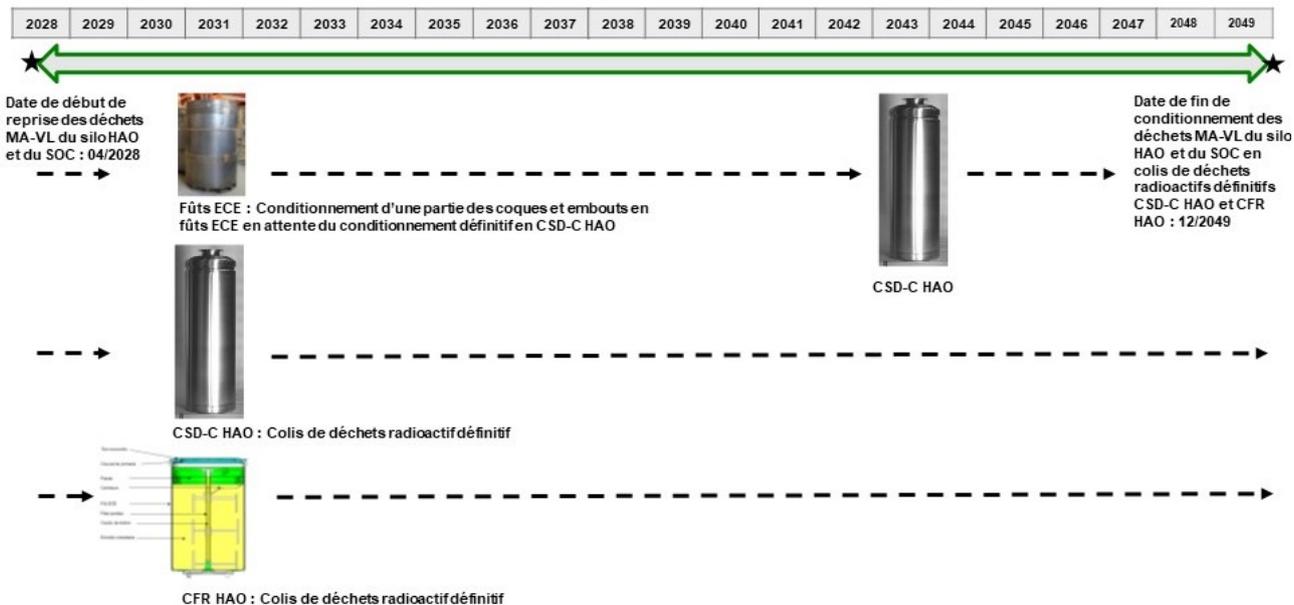
### Schéma de principe d'un colis de fines et résines cimentées CFR HAO

Le dossier de demande d'accord de conditionnement associé au colis CFR HAO a été transmis à l'ASN le 21 février 2019.

L'objectif d'Orano est de disposer au plus tard fin 2022 de l'accord de conditionnement de l'ASN pour produire les colis CFR HAO.

### 5.1.3. Calendrier de conditionnement définitif

Le calendrier prévisionnel de conditionnement définitif des déchets MA-VL entreposés dans le silo HAO et dans les piscines S1 / S2 / S3 du SOC, est le suivant :



## 5.2. Boues entreposées dans les silos de l'atelier STE2

### 5.2.1. Colis de déchets radioactif définitifs

Le conditionnement définitif des boues STE2 est au stade de la R&D. Plusieurs scénarios sont étudiés, tous ayant comme objectif de maîtriser la réactivité chimique des boues en réponse à la demande D4 de l'ASN issue de la lettre CODEP-DRC-2018-007869 du 15 octobre 2018 (lettre de suites de la réunion des groupes permanents d'experts pour les déchets GPD et pour les laboratoires et usines GPU qui ont examiné, le 28 mars 2017, le dossier de spécification de production du colis de déchets, dénommé colis C5, qu'Orano a développé en vue du conditionnement des boues actuellement entreposées dans la Station de Traitement des Effluents STE2 de l'établissement Orano de la Hague, ainsi que les études portant sur l'acceptabilité de ce colis dans un stockage en formation géologique profonde).

Trois stratégies de traitement des boues centrifugées sont actuellement en cours d'études, mettant en place :

- Un procédé de séchage/compactage :
  - ✓ Ce procédé bénéficie d'études antérieures mais qui n'ont pas atteint un niveau de maturité suffisant.
- Des procédés thermiques (incinération/calcination) :
  - ✓ Les principaux avantages du traitement thermique des boues sont la maîtrise de la réactivité et la réduction du volume des déchets. Ce procédé amène une dégradation des complexes chimiques et une libération des radionucléides associés.
- un procédé de cimentation à sec :
  - ✓ Le principe d'une « cimentation à sec » contourne le besoin d'un malaxage classique, permettant ainsi un taux d'incorporation de la boue beaucoup plus important : faible quantité de ciment, aucun ajout d'eau supplémentaire. La cimentation à sec optimise le nombre de colis produit.

Pour chaque scénario, plusieurs technologies et types de conditionnement définitifs sont identifiés.

Actuellement, des essais R&D sont en cours dans le but d'évaluer la faisabilité des procédés.

Les principaux axes de R&D évalués sont la cimentation à sec et la calcination.

Concernant la calcination, la première étape est de définir la température optimum. La deuxième étape permet d'obtenir une caractérisation physico-chimique des calcinats de boues et des rejets gazeux. Le conditionnement définitif sera étudié soit via le compactage de l'étui soit via le blocage des calcinats dans une matrice inerte.

Concernant la cimentation, l'objectif est de définir la formulation optimum pour les colis, afin de répondre aux critères d'acceptation dans un volume minimum.

N'étant pas en mesure de réaliser les opérations de conditionnement des déchets contenus dans les silos de boues de l'atelier STE2 en colis de déchets radioactifs définitifs dans les délais précisés dans la décision ASN n° 2014-DC-0472, Orano a défini une solution d'entreposage des déchets repris avec un conditionnement en étuis conforme aux spécifications d'acceptation dans les alvéoles des ateliers STE3 et D/E EB.

Cette solution alternative fait suite à l'abandon en 2017 par Orano du procédé de conditionnement en colis de déchets radioactifs dénommé « Colis C5 » par « séchage - compactage » (Reprise et transfert vers l'atelier STE3 des boues entreposées dans les silos de l'atelier STE2, pour séchage et compactage sous forme de pastilles. Conditionnement des pastilles dans des colis en acier inoxydable et ajout de sable les colis afin de combler les vides interstitiels).

En effet, concernant le procédé de conditionnement définitif des boues des silos STE2 par « séchage – compactage des boues » en colis C5, il est apparu courant 2016 que :

- Les travaux de R&D réalisés sur la méthode de mesure de la réactivité des boues ont fait apparaître des difficultés ne garantissant pas le maintien des marges opérationnelles par rapport aux limites de sûreté, notamment pour les boues les plus exothermiques.
- Les études détaillées de réalisation ont mis en avant des difficultés non acceptables en termes d'opérabilité et de maintenabilité des équipements, notamment pour le sécheur vertical à couches minces.

Ces difficultés ont poussé Orano à suspendre l'approvisionnement des équipements nécessaires au procédé de traitement / conditionnement (sécheur et presse) en colis C5, puis à abandonner ce procédé en 2017.

La solution alternative s'inscrit dans une démarche qui répond aux exigences de sûreté à court terme et vise à atteindre une vidange des silos au plus tôt. Ce nouveau procédé doit amener une mise en étui des boues pour un entreposage sûr et réversible, tout en permettant de poursuivre les études pour aboutir à un colis définitif.

La stratégie pour la solution alternative est orientée selon deux phases :

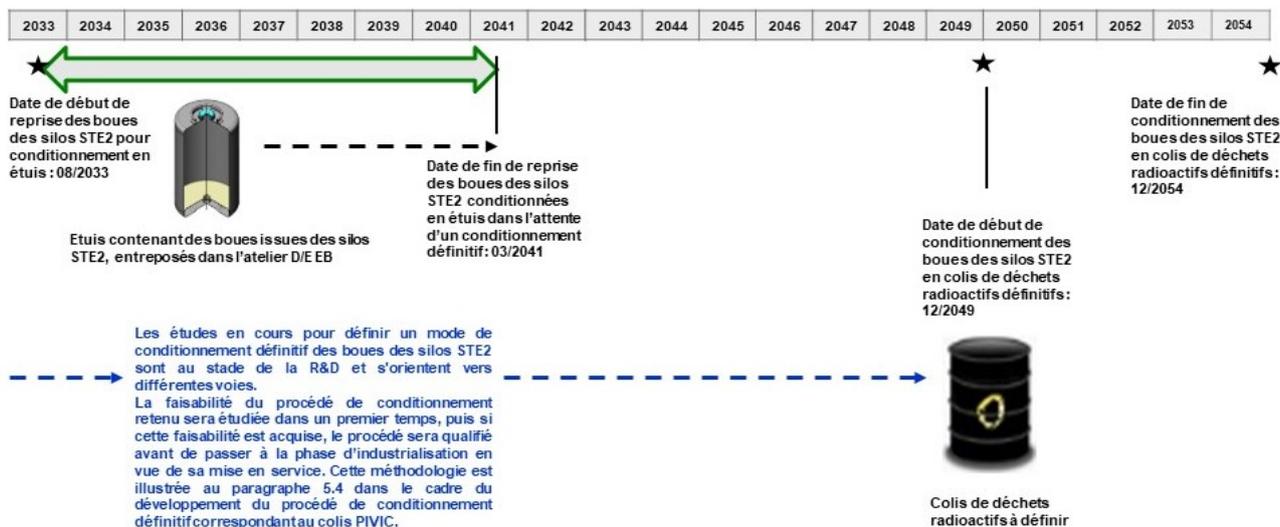
- La Phase 1 permettant de satisfaire au plus tôt les exigences de sûreté à court terme, en reprenant au plus vite les déchets et en proposant un conditionnement en étuis pour entreposage dans les alvéoles des ateliers STE3 et D/E EB dans l'attente d'une reprise ultérieure pour réaliser le conditionnement définitif.
- La Phase 2 permettant le conditionnement définitif des boues avant expédition vers l'INB de stockage à l'étude Cigéo.

A ce jour, la phase 1 est en cours d'études en phase APS (Avant-Projet Sommaire), tandis que la phase 2 est au stade de R&D. Les 2 phases se déroulent en parallèle et de façon indépendante même si des points réguliers sont réalisés afin de pouvoir implanter des orientations techniques si besoin.

Les études menées pour définir un mode de conditionnement définitif de ces déchets sont au stade de la R&D et s'orientent vers différentes voies. A l'issue de ces études, Orano a prévu de retenir un procédé de conditionnement permettant de produire des colis de déchets radioactifs définitifs destinés à l'INB de stockage à l'étude (Cigéo). L'objectif actualisé d'Orano est que les études et la R&D associées à l'orientation sur le procédé de conditionnement définitif soient finalisées au plus tard à la fin du premier trimestre 2026 afin de permettre d'engager les travaux d'aménagement des ateliers STE3 et D/E EB en vue du conditionnement en étuis des boues des silos de l'atelier STE2 pour entreposage dans les alvéoles des ateliers STE3 et D/E EB dans l'attente d'une reprise ultérieure pour réaliser le conditionnement définitif.

## 5.2.2. Calendrier de conditionnement définitif

Le calendrier prévisionnel de conditionnement définitif des boues entreposées dans les silos de l'atelier STE2, est le suivant :



## 5.3. Echangeur minéral Phomix entreposé dans l'atelier D/E EB

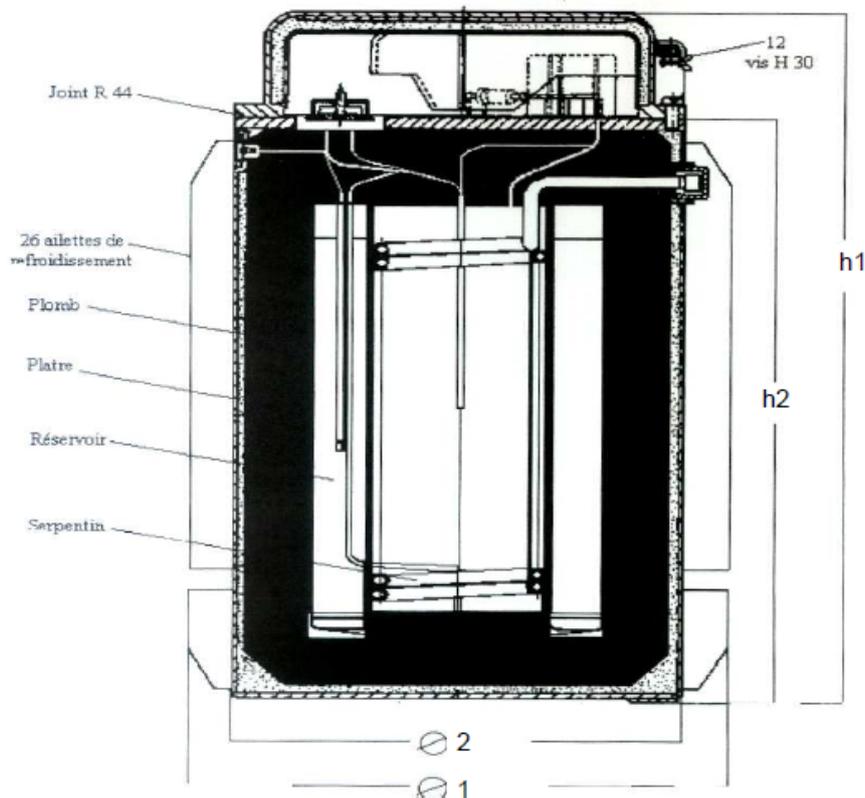
### 5.3.1. Colis de déchets radioactifs définitifs Phomix

Le colis de déchets radioactifs définitif envisagé dans le cadre de la reprise et du conditionnement de l'échangeur minéral Phomix contenu dans les quatre colonnes d'élution de l'atelier ELAN IIB (INB 47), est le colis « Phomix » (colonnes d'élution « aménagées ») de catégorie Moyenne Activité à Vie Longue (MA-VL).

Les colonnes d'élution, au nombre de 4, ont été utilisées pour le transport de césium 137 entre l'établissement du CEA de Marcoule et l'atelier ELAN IIB du site Orano la Hague. Chaque colonne d'élution d'une masse de 8 tonnes, a été conçue comme un emballage de transport de type B non démontable et comporte une capacité constituée de deux réservoirs annulaires contenant l'échangeur minéral, appelé Phomix.

Les colonnes d'élution sont équipées d'un système de refroidissement interne par serpentins et sont constituées d'une protection en plomb et d'une enveloppe extérieure en acier équipée d'ailettes de refroidissement.

Les caractéristiques radiologiques des colonnes d'élution ont été calculées sur la base de mesures de débits de dose réalisées en 1974 en prenant en compte la période radiologique du césium 137 pour la décroissance.



**Schéma d'une colonne d'élution**

Le conditionnement retenu consiste, à ce stade, à laisser l'échangeur minéral Phomix en place dans la colonne d'élution. Après aménagements, chaque colonne d'élution (colis primaire) constituera le colis de déchets radioactifs définitif destiné à Cigéo.

S'agissant de ce colis, un avant-projet détaillé (APD) est en cours de réalisation.

Un dossier de demande d'accord de conditionnement associé à ce colis définitif sera déposé auprès de l'ASN avant fin décembre 2024. Sur cette base, l'objectif d'Orano est de disposer fin 2026 de l'accord de conditionnement de l'ASN pour produire les quatre colis « Phomix ».



## 5.4. Déchets technologiques contaminés en émetteurs alpha N3S entreposés dans l'atelier D/E EB

### 5.4.1. Colis de déchets radioactifs définitifs PIVIC

Le procédé aujourd'hui en cours de développement pour le traitement des déchets technologiques mixtes (métalliques et organiques) contaminés en émetteurs alpha N3S, est un procédé In Can avec fusion de métal, destruction par torche plasma des organiques et vitrification des cendres.

PIVIC, tel qu'imaginé aujourd'hui, comprend un réacteur qui comporte deux parties (Figure 1) :

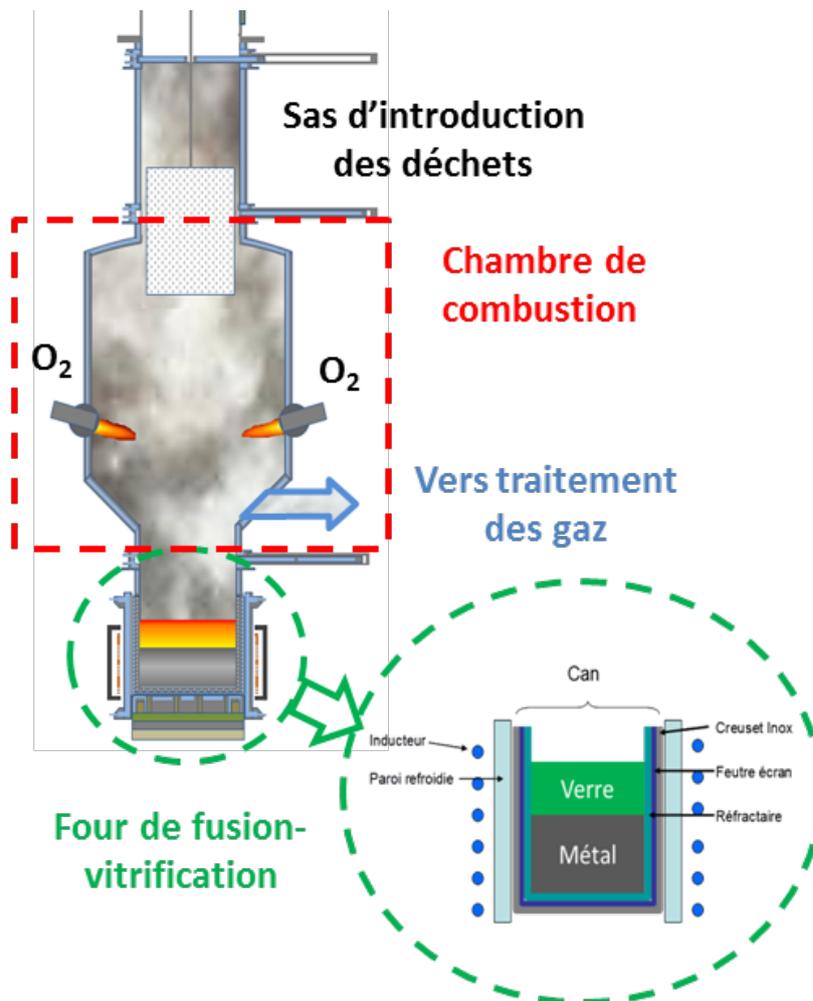
- Une partie inférieure constituée d'un Can métallique chemisé et inséré dans une enveloppe de refroidissement sectorisée, elle-même entourée d'un inducteur cylindrique basse fréquence ayant pour fonction de chauffer la phase métallique introduite dans le Can. Le verre est alors chauffé par la phase métallique grâce au transfert thermique important au niveau de l'interface métal/verre. En paroi interne du Can, un revêtement céramique assure sa protection thermique et chimique ;
- Une partie supérieure comprenant, quant à elle, le système d'introduction du déchet à l'aide d'un sas, ainsi qu'au moins une torche à plasma disposée au-dessus du four de fusion-vitrification pour réaliser la combustion de fraction organique sous oxygène (chambre de combustion). La combustion du déchet ne s'opère pas directement sous les flammes des torches mais au-dessus de celles-ci, dans un environnement thermique approprié.

PIVIC est complété par un dispositif de traitement des gaz qui comprend, une dilution à l'air pour abaisser la température des gaz, une pré-filtration à l'aide d'un électrofiltre, une série de filtres THE et une colonne de lavage. La nécessité d'utiliser une post combustion en sortie des gaz du réacteur reste à démontrer par les essais échelle 1.

Les intérêts de ce procédé sont les suivants :

Les métaux sont fondus directement dans le Can renouvelé et retiré du four lorsque le Can est rempli. On évite ainsi une coulée de phase métallique liquide, toujours délicate, en vue d'améliorer son confinement. Après réalisation d'un Can, ce dernier est refroidi puis désaccosté. Des sondes de mesures nucléaires permettent de mesurer la quantité de matière fissile retenue dans la chambre de combustion.

- Les parois de la chambre à combustion sont métalliques et refroidies. L'emploi de matériaux métalliques évite d'utiliser des matériaux réfractaires davantage sujets à l'encrassement, paramètre primordial dans la démonstration de la maîtrise du risque de sûreté-criticité, et permet de limiter la production de déchets induits. De plus, l'état de surface métallique se prête davantage à la décontamination.
- PIVIC (Figure 1) permet de dissocier la partie haute où a lieu la combustion des organiques à l'aide de torches à plasma (chambre à combustion), de la partie basse contenant le four de fusion-vitrification recevant le Can qui recueille les matières inorganiques (métaux, cendres, matière fissile).



**Figure 1 : Schéma de principe de PIVIC**

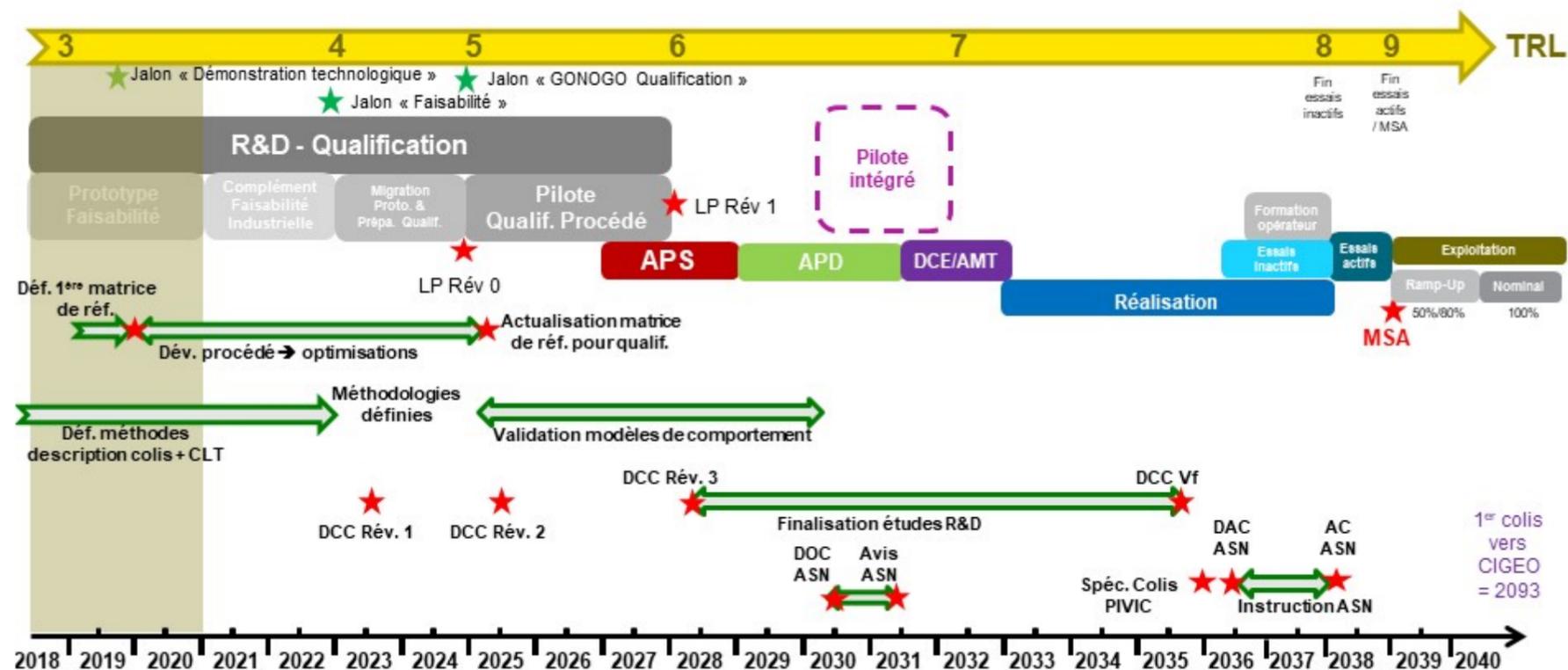
Le principe du procédé à l'étude repose sur l'utilisation du Can comme conteneur primaire. Il est composé de trois parties :

- Un pot de fusion en inox (partie extérieure du Can) ;
- Un creuset en céramique (partie intérieure du Can) dont le rôle est de préserver la peau inox de l'agressivité des phases fondues durant l'étape d'élaboration ;
- Un isolant thermique fibreux entourant le creuset céramique (permettant de compenser la dilatation du pot et d'améliorer le rendement thermique du chauffage).

Une fois que les opérations d'incinération, de fusion et de vitrification sont terminées, le Can est refroidi.

En l'état actuel des réflexions, deux Cans seront ensuite insérés dans un conteneur qui, après fermeture, constituera le colis de déchets radioactifs définitif.

A fin 2021, le planning des principales études de R&D et des dossiers à déposer afin d'obtenir l'accord de conditionnement délivré par l'ASN pour produire les colis de déchets radioactifs définitifs PIVIC, est le suivant :



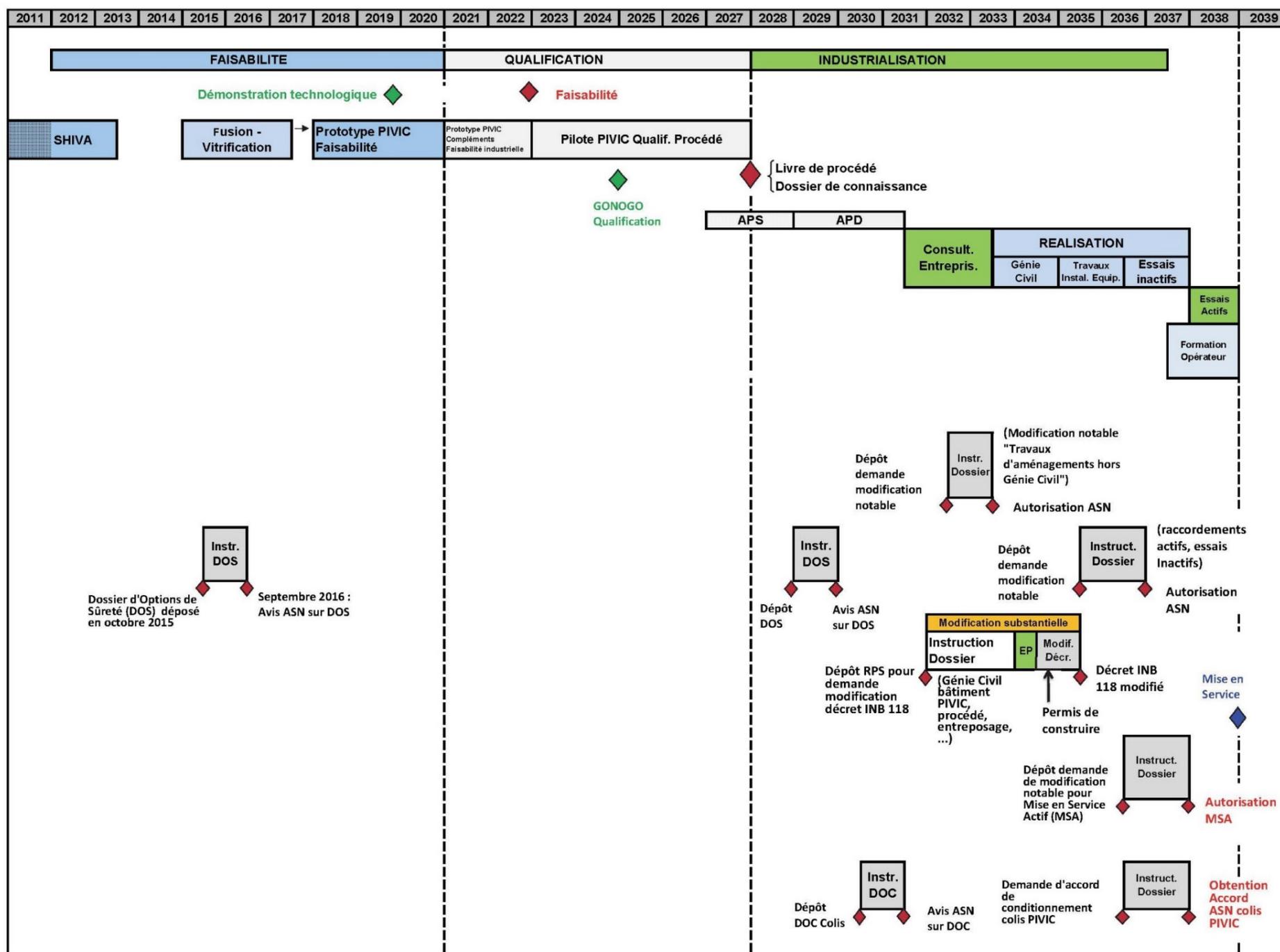
**Glossaire** : AC : Accord de Conditionnement délivré par l'ASN / AMT : Assistance Marché Travaux / APS : Avant-Projet Sommaire / APD : Avant-Projet Détaillé / CLT : Comportement à Long Terme / DAC : Demande d'accord de Conditionnement / DCE : Dossier de Consultation des Entreprises / DCC : Dossier de Connaissances Colis / DOC : Dossier d'Options de Conditionnement / LP : Livre de Procédé / TRL : Technology readiness level (évaluation du niveau de maturité d'une technologie jusqu'à son intégration dans un système complet et son industrialisation)

Les essais réalisés à l'échelle du laboratoire ainsi que sur maquette et prototype, ont permis de décrire les différentes phases de la matrice (vitrifiât et métal) du colis. Les informations recueillies ont conduit à la définition d'une première matrice de référence. Cette matrice a été utilisée pour définir la méthodologie à suivre pour décrire le comportement long terme des phases vitrifiât et métal. Les modèles de comportement retenus seront validés et consolidés durant la phase de qualification à partir d'une matrice de référence qui sera redéfinie au regard des résultats des essais réalisés.

Une première version du Dossier de Connaissances du Colis PIVIC (DCC PIVIC) a été rédigée en 2016. Il est prévu de mettre à jour ce dossier à l'issue de chacune des grandes phases du projet.

### 5.4.2. Calendrier de conditionnement définitif

Le planning actualisé à fin 2021 du projet PIVIC (Procédé d'Incinération Vitrification In Can) associant fusion de métal, destruction par torche plasma des organiques et vitrification des cendres) permettant de traiter et de conditionner des déchets technologiques contenant des matières organiques et irradiants ou riches en éléments émetteurs alpha dits déchets technologiques non susceptibles d'être stockés en surface (N3S), est le suivant :



**Glossaire :** APS : Avant-Projet Sommaire / APD : Avant-Projet Détaillé / EP : Enquête Publique / SHIVA : Systeme Hybride d'Incinération Vitrification Avancé

A fin 2021, les points suivants restent à consolider dans un contexte de « compléments de faisabilité » jusqu'à fin 2022 :

- Les durées d'incinération restent significatives et sont à optimiser.
- Des performances de l'adjuvant restent à consolider (tolérance à la variabilité des déchets, taux d'aluminium).
- La maîtrise de la fonction fusion (foisonnement) qui nécessitera une garde de sécurité, avec pour conséquences moins de charges digérées dans le Can.
- La capacité du procédé à recycler et à incorporer dans le vitrifiât les poussières chargées en chlorures métalliques récupérées après phosphatation au niveau des électrofiltres du traitement des gaz.
- En lien avec les durées d'incinération et de fusion, une durabilité du Can insuffisante pour la sûreté des opérations (perçement du Can entraînant des dégradations des équipements).
- Une durabilité des électrodes des torches insuffisantes pour une utilisation industrielle.

La « Faisabilité Industrielle » a été examinée par les partenaires Orano / Andra / CEA en juin 2021 ; à l'issue de ce jalon, il a été considéré que cette faisabilité n'était pas acquise au regard de points durs non-maîtrisés à date ; la possibilité de résoudre ces points durs nécessite un temps de consolidation supplémentaire. Un nouveau Jalon de « Faisabilité Industrielle » a été repositionné à fin 2022 (en cours de discussion).

Les parties prenantes (notamment Orano et l'Andra) statueront de façon concertée et définitive fin 2022-début 2023 sur la faisabilité de la mise en œuvre industrielle du procédé PIVIC.

La mise en œuvre industrielle d'un procédé associant au mieux incinération-fusion-vitrification afin de conditionner les déchets technologiques riches en émetteur alpha N3S, n'est pas accessible avant 2039.

Afin de réaliser le conditionnement définitif des déchets technologiques contaminés en émetteurs alpha N3S entreposés dans l'atelier D/E EB, la durée d'exploitation estimée du procédé PIVIC est de l'ordre de 20 ans.

La fin de conditionnement définitif de ces déchets est donc prévue à l'horizon 2060.

## 5.5. Déchets solides entreposés dans le bâtiment 128 (ATTILA)

### 5.5.1. Colis de déchets radioactifs définitifs CBF-C'2

Le bâtiment 128 (ATTILA) a reçu, de 1969 à 1981, des déchets en attente de conditionnement provenant de deux installations du Centre d'Études de Fontenay-aux-Roses :

- La cellule ATTILA du Département du Génie Radioactif (DGR), cellule pilote pour le traitement d'assemblages combustibles irradiés.
- Le Laboratoire de Radiométrie (RM2), avec pour fonction l'examen radiométrique de combustibles irradiés à base de plutonium (combustibles oxydes de la filière neutrons rapides type RAPSODIE et PHENIX).

Les déchets solides MA-VL du bâtiment 128 seront conditionnés en Conteneur Béton-Fibres Cylindrique de type C'2 (CBF-C'2) selon une spécification de production existante ayant fait l'objet d'un accord de l'Autorité de sûreté nucléaire.

### 5.5.2. Calendrier de conditionnement définitif

Des études et travaux préalables à la reprise de ces déchets solides doivent être réalisés avant de les conditionner en CBF-C'2 dans l'atelier AD2. La vision planning actuelle permet d'envisager un conditionnement définitif de ces déchets avant le 31 mars 2042.