

PNGMDR 2022-2026

Schéma Industriel pour la gestion des déchets TFA

2^e partie : stratégie de gestion et
perspectives en matière de stockage
(Article 18 de l'arrêté du V^e PNGMDR)

En collaboration avec :



edf



orano

framatome

SOMMAIRE

1.	Introduction	5
1.1	<i>Cadre de la demande</i>	5
1.2	<i>Structure du schéma de gestion des déchets TFA</i>	5
1.3	<i>Documents et textes de référence</i>	6
2.	Une évolution de paradigme, du « tout stockage » vers la valorisation maîtrisée des déchets TFA	8
2.1	<i>Contexte historique du stockage des TFA</i>	8
2.2	<i>Réflexions sur le dispositif de gestion des TFA</i>	8
2.3	<i>Une ouverture vers la valorisation depuis 2022</i>	8
3.	Les enjeux de la filière TFA	9
3.1	<i>Filière TFA – les enjeux</i>	9
3.2	<i>La démarche d'analyse des options de gestion</i>	11
4.	La connaissance des déchets TFA et les perspectives de besoin de gestion	13
4.1	<i>Des perspectives de volume et flux de production de déchets TFA en constante réévaluation</i>	13
4.2	<i>L'entreposage d'une partie des déchets</i>	14
5.	Les principaux scénarios de gestion des déchets TFA	15
5.1	<i>Un scénario dit « stockage (+Centraco) »</i>	15
5.2	<i>Un scénario intégrant la valorisation des aciers</i>	17
5.3	<i>Un scénario intégrant les projets de valorisation actuellement à l'étude</i>	19
6.	Quelles autres pistes ?	20
6.1	<i>Perspectives de gestion alternatives des déchets minéraux</i>	20
6.2	<i>Dérogation au principe du zonage déchets et définition de seuils de libération</i>	21
7.	Les perspectives et besoins en matière de stockage futur : recherche de site TFA 2	22
8.	Conclusion - Synthèse des propositions d'action	23

LISTE DES ANNEXES

Néant

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma des options de gestion des déchets TFA envisagées	10
Figure 2 : Schéma industriel basé sur le scénario de continuité de la gestion actuelle des TFA	16
Figure 3 : Schéma industriel basé sur le scénario de valorisation des aciers au Technocentre	18
Figure 4 : Schéma industriel basé sur le scénario volontariste intégrant tous les projets de valorisation à l'étude	20

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : liste des membres du GT TFA.4	11
---	----

1. Introduction

1.1 Cadre de la demande

La stratégie française de gestion des déchets radioactifs de très faible activité s'est développée autour d'un centre de stockage dédié, le Cires, Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage des déchets de très faible activité (déchets TFA), mis en service en 2003.

Un premier schéma de gestion des déchets TFA avait été établi en 2015 [1] au titre de l'article D542-85 du Code de l'environnement [2] qui confortait cette stratégie centrée sur le stockage. Le Cires a été conçu pour accueillir des déchets issus du fonctionnement des installations actuelles et des démantèlements sur une trentaine d'années d'exploitation par l'Andra ; une augmentation de capacité de stockage a été autorisée en 2024 dans l'emprise de l'installation [3] , portant à horizon 2040/2045 l'échéance de saturation du Cires. Cependant, la capacité du Cires ne couvrira pas l'ensemble des besoins de gestion des déchets TFA à terminaison de l'exploitation des installations nucléaires actuelles.

Pour faire face aux futurs besoins, la Direction générale de l'énergie et du climat (DGECL) du Ministère de la transition écologique, l'Autorité de sûreté nucléaire et l'IRSN (aujourd'hui ASNR), ainsi que les différentes parties prenantes étatiques ont rendu ces dernières années des avis et recommandations sur la nécessité d'ajuster et compléter le dispositif de gestion des déchets TFA en anticipant les besoins de capacité de stockage et en diversifiant les modalités de gestion.

En 2022, la possibilité de valoriser des substances faiblement actives a été actée par voie réglementaire [4] avec une application aux métaux [5]. Cette ouverture constitue une évolution majeure dans les options envisageables de gestion des substances métalliques de très faible activité.

Cette perspective de valorisation, associée à d'autres démarches sur la connaissance des déchets, ont conduit à un besoin de disposer d'un nouvel éclairage sur les modalités futures de gestion des déchets TFA.

L'article 18 de l'arrêté du 9 décembre 2022 [6] pris en application du Ve Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR) [7] a fixé à l'Andra en lien avec les producteurs l'objectif suivant : « *Pour l'application des dispositions de l'article D. 542-86 du code de l'environnement et de l'action nommée TFA.5 du PNGMDR, l'Andra met à jour le schéma industriel global de gestion des déchets de très faible activité d'ici le 30 juin 2024. Ce schéma industriel est construit à partir des résultats de l'analyse multicritères des avantages et inconvénients des choix de gestion possibles en application de l'article 45 du présent arrêté et de l'article D. 542-76 du code de l'environnement. Il préserve les capacités de stockage tenant compte des possibilités de densification des déchets à stocker et de valorisation de certains types de déchets radioactifs de très faible activité.* »

Une première étape a consisté en une définition et liste des « options de gestion » de ces déchets, qui a fait l'objet d'un premier rapport au titre du PNGMDR [8] . Ces options de gestion correspondent à des installations existantes, en projet ou à un stade de recherche et développement ; elles ont été soumises à un groupe de travail piloté par la DGECL, pour le compte du ministère chargé de l'énergie, regroupant les producteurs, la société civile, l'ASNR et l'Andra ; le groupe de travail a conduit une analyse multi-acteurs et multicritères (AMAMC) de ces options de gestion [9] .

Le présent rapport présente **le schéma de la stratégie de gestion des déchets TFA**, élaboré par l'Andra en lien avec les principaux producteurs de déchets TFA que sont le CEA, EDF, Framatome et Orano.

1.2 Structure du schéma de gestion des déchets TFA

Le schéma de gestion a pour objet :

- De rappeler l'état des lieux :
 - o sur la connaissance des flux de déchets à moyen et long terme ;

- sur l'état d'avancement des projets d'installations industrielles de traitement et valorisation des déchets ;
- De proposer différents scénarios de gestion envisageables dans le futur, établis sur la base de combinaisons d'options qui apparaissent possibles dans les prochaines années pour les déchets TFA ;
- De réévaluer les perspectives et besoins en matière de capacité pour un futur centre de stockage des TFA, en fonctions des scénarios précités, le recours au stockage restant nécessaire et pertinent pour certaines catégories de déchets compte tenu de leurs caractéristiques ;
- De présenter des pistes de réflexions pour consolider et compléter le dispositif de gestion.

1.3 Documents et textes de référence

- [1] Schéma Industriel pour la gestion des déchets TFA – Août 2013 – (Article 11 du décret PNGMDR du 27 décembre 2013) - réf. PI NT ADI 15 0006
- [2] Article D542-85 du Code de l'environnement – extrait : « La gestion des déchets radioactifs de très faible activité fait l'objet d'un schéma industriel global mis à jour régulièrement par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs en lien avec les producteurs de déchets. »
- [3] Arrêté Préfectoral n° PCICP2024194-0004 pour l'exploitation du Cires du 12 juillet 2024 (autorisation du projet ACACI)
- [4] Décret n° 2022-174 du 14 février 2022 relatif à la mise en œuvre d'opérations de valorisation de substances faiblement radioactives
- [5] Décret n° 2022-175 du 14 février 2022 relatif aux substances radioactives éligibles aux opérations de valorisation mentionnées à l'article R. 1333-6-1 du Code de la santé publique
- [6] Arrêté du 9 décembre 2022 pris en application du décret no 2022-1547 du 9 décembre 2022 prévu par l'article L. 542-1-2 du Code de l'environnement et établissant les prescriptions du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs
- [7] PNGMDR 2022-2026
- [8] Schéma Industriel pour la gestion des déchets TFA - 1ère partie : Définition des OPTIONS de gestion (Article 17 de l'arrêté du Ve PNGMDR) – SFIRPASFP230001 ; Andra ; 2023
- [9] Action TFA.4 du Ve PNGMDR - Analyse multi-acteurs et multicritères devant permettre d'éclairer les enjeux de santé, de sûreté, environnementaux et territoriaux associés aux différentes options envisageables de gestion des déchets TFA (Article 17 du décret PNGMDR du 9 décembre 2022)
- [10] Arrêté Préfectoral complémentaire pour l'exploitation du Cires par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) n° PCICP2024194-0004 du 12 juillet 2024
- [11] Loi n° 2023-1322 du 29 décembre 2023 de finances pour 2024, article 102
- [12] BOI-BAREME-000039 Barème de la TGAP 2024
- [13] Avis n°2025-AV-003 de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) du 04 mars 2025 relatif aux enjeux et aux orientations à considérer dans le cadre de la préparation du 6ème Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs
- [14] Inventaire National des matières et déchets radioactifs <https://inventaire.andra.fr/>
- [15] Etude déchets du projet Cigéo ; Andra ; CG-TE-D-NTE-TGYA-SR0-0000-14-0019-C – Annexe 4
- [16] Travaux relatifs au Nouveau Nucléaire Français – PPE 2019-2028- Rapport gouvernemental ; février 2022 ; https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/2022.02.18_Rapport_nucleaire.pdf

- [17] PNGMDR 2022-2026 – Méthodologie d'évaluation des quantités de déchets TFA issus de l'assainissement des installations nucléaires du CEA, d'EDF et d'Orano
- [18] PNGMDR 2016-2018 - Rapport de réponse aux exigences de l'article 21 de l'arrêté du 23 février 2017 d'application du– Retour d'expérience de la mise en œuvre du zonage déchets dans les installations
- [19] PNGMDR 2022-2026 - Etude des procédés de densification des déchets en stockage conventionnel (Article 22 de l'arrêté du 9.12.22 d'application du Ve PNGMDR) ; Andra
- [20] PNGMDR 2022-2026 - Analyse comparative de l'impact sur l'environnement de l'incinération des déchets de très faible activité par rapport au stockage direct de ces déchets – actualisation de l'étude 2018 (Article 23 de l'arrêté du 9.12.22 d'application du Ve PNGMDR) ; Andra
- [21] PNGMDR 2022-2026 Proposition de cadrage des démarches de création d'un nouveau centre de stockage pour les déchets TFA (Action TFA.2 - Article 15 de l'arrêté du 9.12.22 d'application du Ve PNGMDR) ; Andra
- [22] PNGMDR 2016-2018 - Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant de l'usine Georges Besse d'EURODIF et des générateurs de vapeur des CNPE d'EDF ; EDF et Orano
- [23] PNGMDR 2022-2026 Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA (Action TFA.3 - Article 16 de l'arrêté d'application du Ve PNGMDR) ; Andra, CEA, EDF, Framatome, Orano
- [24] PNGMDR 2022-2026 - Etude sur la valorisation de gravats TFA comme matériaux de comblement des vides dans les alvéoles du Cires (Article 21 de l'arrêté du 9.12.22 d'application du Ve PNGMDR) ; Andra
- [25] Compte-rendu du débat public du Ve PNGMDR <https://pngmdr.debatpublic.fr/images/bilan-cr/PNGMDR-compte-rendu.pdf> ; Commission particulière de débat public ; 25 novembre 2019
- [26] Avis ASN n°2020 - AV - 0356 du 30 juin 2020 sur les études concernant la gestion des déchets de très faible activité (TFA) remises en application du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2016-2018, en vue de l'élaboration du cinquième plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs
- [27] Avis de la commission d'orientation du PNGMDR sur la note d'orientation ; novembre 2020
- [28] Rapport final - perspectives d'évolution de la filière de gestion des déchets TFA et Avis n° 13 et recommandations du HCTISN sur les perspectives d'évolution de la filière de gestion des déchets TFA ; avril 2020

2. Une évolution de paradigme, du « tout stockage » vers la valorisation maîtrisée des déchets TFA

2.1 Contexte historique du stockage des TFA

Dès les années 1990, la question de la gestion des déchets très faiblement radioactifs a été mise en exergue, en perspective des opérations de démantèlement des installations nucléaires qui allaient produire des déchets en grande quantité et présentant des activités massiques qui, bien que supérieures aux matériaux ordinaires, ne nécessitaient pas toutes les précautions qui sont prises pour le stockage des déchets FMA-VC au Centre de Stockage de l'Aube. Les réflexions portaient ainsi sur une double volonté de préservation des capacités du stockage des déchets radioactifs au CSA et de proportionner les modes de gestion des déchets radioactifs aux enjeux de protection de l'homme et de l'environnement.

L'issue de ces réflexions a conduit à la nécessité de disposer d'un centre de stockage dédié aux déchets TFA. Après diverses études de choix de concept et d'identification de site d'implantation, les étapes de décision ont conduit à la mise en service du Cires en 2003, conçu initialement pour une durée d'exploitation de 30 ans et une capacité de stockage de 650 000 m³.

Depuis, de nouvelles modalités de conception et d'exploitation du Cires permettent aujourd'hui une augmentation de sa capacité à 950 000 m³. Différentes pistes d'optimisation concernant la production de déchets TFA ont également été mises en œuvre permettant de réduire à la source la quantité de déchets produits et les flux de stockage associés. Ces éléments conduisent à une prolongation de la durée d'exploitation du stockage d'environ 10 à 15 ans. Cette augmentation a été autorisée par arrêté préfectoral en juillet 2024 [10].

2.2 Réflexions sur le dispositif de gestion des TFA

Entre 2018 et 2021, des avis et recommandations ont été rendus par la DGEC, l'ASN et les différentes parties prenantes étatiques concernées, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPESCT), le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sûreté nucléaire (HCTISN), la Commission nationale d'évaluation (CNE), sur la nécessité d'ajuster et de compléter le dispositif de gestion des déchets TFA en prônant le développement de filières de valorisation pour certaines catégories de déchets.

De manière concomitante, la DGEC a engagé en 2020 un processus d'évolution de la réglementation. Plus largement, les choix de société actuels accompagnent cette tendance puisque la valorisation de déchets est reconnue de manière généralisée comme utile et souhaitable.

2.3 Une ouverture vers la valorisation depuis 2022

La doctrine nationale de gestion des déchets radioactifs a initialement défini un mode de gestion basé sur le fait qu'un déchet produit dans une installation nucléaire est qualifié de radioactif en fonction de son lieu de production et non de sa radioactivité (principe du zonage déchets). Ainsi, qu'il soit radioactif ou non, un déchet provenant d'une Zone à production possible de déchets nucléaires (ZppDN) devait systématiquement jusqu'à récemment être considéré comme un déchet radioactif et géré en tant que tel (stocké en centre de stockage de déchets radioactifs, éventuellement après incinération).

A l'issue du débat public de 2019 réalisé en amont de l'élaboration du Ve PNGMDR, le gouvernement **a fait évoluer en février 2022 le cadre réglementaire français**, en y introduisant une possibilité de **dérogation au Code de la santé publique permettant et encadrant les opérations de valorisation de métaux faiblement radioactifs**. Ces dispositions ont été établies par deux décrets en février 2022 [4] [5].

Il est ainsi désormais possible, suite à la présentation, l'instruction et la validation d'une demande de dérogation, de procéder à des opérations de valorisation de substances radioactives métalliques faiblement actives dans des installations spécifiques dûment autorisées ; les produits résultant de l'opération de valorisation et ayant fait la preuve d'un niveau de radioactivité suffisamment faible pour être conforme aux dispositions définies dans le décret précité [4] ne sont plus considérés comme des substances radioactives.

Cette évolution réglementaire permet aujourd'hui de proposer en France des filières de valorisation comme elles existent déjà dans d'autres pays européens.

La valorisation présente par ailleurs l'intérêt de préserver des ressources naturelles et de réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ par rapport à la production de métal à partir de minerai naturel, ce qui est cohérent avec les objectifs plus généraux de développement de l'économie circulaire.

En parallèle de cette possibilité de valorisation, il a été instauré à partir de 2024 [11] une taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) applicable aux déchets radioactifs métalliques mis en stockage au Cires. Le montant de cette taxe [12] est fortement évolutif de 2024 à 2027, de 200 €/t à plus de 400 €/t pour constituer un facteur incitatif à la valorisation de ces métaux. Ces montants sont à mettre en regard du coût moyen de mise en stockage des déchets TFA qui est de l'ordre de 500 €/t.

Cette ouverture et cette incitation vers la valorisation constituent une évolution majeure dans les options envisageables de gestion des déchets métalliques de très faible activité.

3. Les enjeux de la filière TFA

3.1 Filière TFA – les enjeux

Les enjeux de la filière de gestion des déchets TFA portent notamment sur les actions suivantes :

- Diminuer le volume de déchets à produire à la source puis à stocker ;
- Améliorer la connaissance de ces déchets en vue d'affiner les options de gestion ;
- Favoriser l'économie circulaire et le développement durable : ouvrir des filières techniquement et économiquement adaptées à certains déchets particuliers, qu'il s'agisse de filières de traitement ou de valorisation ;
- Dimensionner et anticiper les futures capacités du ou des stockages de déchets radioactifs.

Ces enjeux ont fait l'objet de différentes études dans le cadre de la Vème édition du PNGMDR ; le rapport de « Définition des options de gestion » en réponse à l'article 17 de l'arrêté du Ve PNGMDR [8] présente des options de gestion proposées par grande nature de déchets.

Elles sont rappelées en Figure 1.

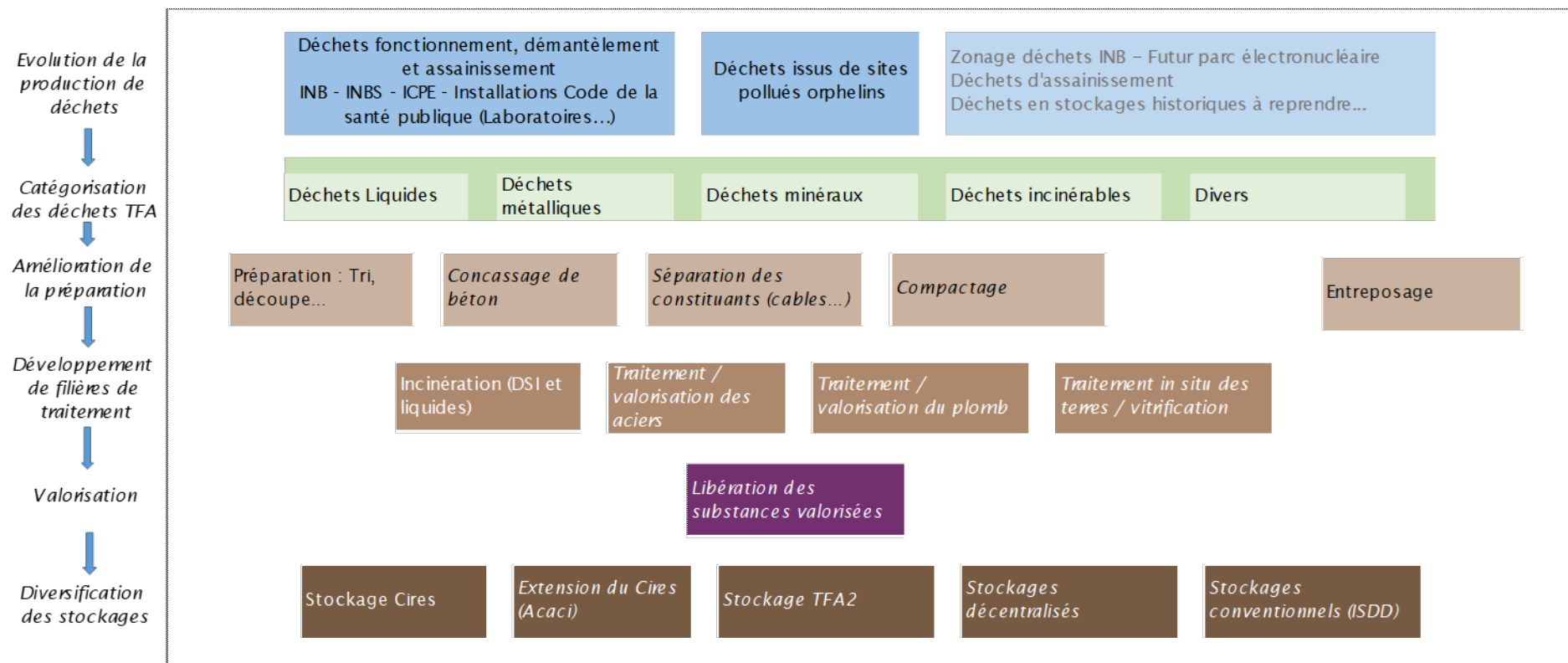


Figure 1 : Schéma des options de gestion des déchets TFA envisagées

3.2 La démarche d'analyse des options de gestion

Le PNGMDR 2022-2026 prévoit que soient menées des analyses multiacteurs et multicritères (AMAMC) afin d'explorer les avantages et les inconvénients de différentes options de gestion des différents types de déchets. Dans cet objectif, l'action CHAP.1 visait le développement d'une méthode d'analyse multicritère des options de gestion possibles, permettant d'explorer les avantages et les inconvénients de différentes stratégies de gestion des matières et des déchets radioactifs tout en mettant en perspective les points de vue des acteurs interrogés ; les travaux du groupe de travail pluraliste mis en place à cet effet ont abouti en 2022 à la définition d'un outil d'appui méthodologique de mise en œuvre d'une AMAMC dans le contexte du PNGMDR.

Sur ces bases, la DGEC, pour le compte du ministère chargé de l'énergie, a mis en place en 2023 un groupe de travail (GT) afin de mener l'analyse multiacteurs et multicritères [9] appelée par l'action TFA.4 du PNGMDR qui stipulait, concernant les déchets TFA et à l'issue de la définition des options de gestion, que « *les scénarios [options] de gestion ainsi définis feront l'objet d'une analyse multicritère et multiacteurs [devant] permettre d'éclairer les enjeux de santé, de sûreté, environnementaux et territoriaux associés aux différentes options envisageables* ».

Le GT, ouvert aux membres de la commission de gouvernance du PNGMDR, a identifié dans un premier temps les parties prenantes à impliquer de façon complémentaire aux membres de la commission. La liste des participants est présentée au Tableau 1.

Présidence	Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC)
Représentants des exploitants et producteurs de matières et de déchets radioactifs	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)
	Electricité de France (EDF)
	Orano
	Framatome
	Solvay
	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra)
Représentants des organisations désignées en raison de leur compétence	Association nationale des comités et commissions locales d'information (ANCCLI)
Représentants des associations	France Nature Environnement (FNE)
	Global Chance
	Sauvons le Climat
Représentants des administrations	Direction générale de la prévention des risques (DGPR)
Représentants des organismes de contrôle de la sûreté et de la sécurité nucléaires	Autorité de sûreté nucléaire (ASN)
Représentants des autres institutions	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
	Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs (CNE2)
Représentant de CLI	CLIS de Fessenhiem CLI du centre de stockage de la Manche
Industriel	ArcelorMittal en substitution d'Eramet Séché Environnement

Tableau 1 : liste des membres du GT TFA.4

Le GT a travaillé dans un premier temps sur la définition de critères regroupés en cinq catégories (ou « méta-critères »), chacun de ces critères ayant fait l'objet d'une fiche qui en présente les caractéristiques. Ces critères sont les suivants :

- Catégorie « **Technique** »
 - **T1** « *Volume de déchets traités par l'option* »
 - **T2** « *Performance de l'option* » : Ratio entre une quantité de déchets (radioactifs et conventionnels lorsque disponible) restant à stocker après mise en œuvre de l'option et la quantité de déchets initiale produite
 - **T3** « *Maturité/faisabilité de l'option* » : Niveau de l'« échelle TRL¹ » pour les projets : 1 à 9 / installations existantes notées forfaitairement 10
 - **T4** « *Délai de mise en œuvre de l'option* » : - Existe / CT : 1 à 5 prochaines années / MT : 5 à 10 ans / LT : Plus de 10 ans
- Catégorie « **Santé-Environnement** »
 - **SE1** « *Emission de GES* » : Mesure des émissions de GES liées aux consommations de ressources en phase de construction et d'exploitation (extraction et production de matériaux, engins, utilités, transports)
 - **SE2** « *Consommation d'eau* » : Mesure de consommation d'eau douce
 - **SE3** « *Economie / Consommation de matières premières (hors eau)* » : Quantité de matières premières économisées ou utilisées pour l'option (ex : Argile, aciers...) ou ressources rares, rapporté à un m³ de déchet traité par l'option
 - **SE4** « *Artificialisation des sols* » : Surface utilisée après déduction des mesures compensatoires
 - **SE5** « *Nuisances liées à l'intensité de l'activité (hors rejets)* » : Nuisances sonores, visuelles, liées au trafic routier
 - **SE6** « *Rejets, émissions (hors GES)* » : Comptabilisation des rejets liquides et gazeux hors GES
- Catégorie « **Economique** »
 - **E1** « *Coût de l'option de gestion en fonction du volume de déchets* » : Coût de gestion d'un m³ de déchets traités comprenant l'ensemble des coûts éventuels liés aux études, à l'acquisition d'un foncier, à la construction d'installations/stockages, à l'exploitation, au traitement (comprenant contrôles à réaliser).
 - **E2** « *Nombre d'emplois directs générés par la mise en œuvre de l'option de gestion* » : Nombre d'emplois directs générés par l'option de gestion (les emplois indirects ne sont pas comptabilisés). Intégrer les sous-traitants directs (exploitation)
 - **E3** « *Impact qualitatif de l'option de gestion sur le territoire* » : Evaluation qualitative du bénéfice économique apporté par l'option de gestion pour le territoire (impact sur le développement économique du territoire, sur le développement des infrastructures, sur le développement des compétences, sur l'attractivité du territoire et des métiers de l'industrie...).
- Catégorie « **Réglementaire** »
 - **R1** « *Adaptation réglementaire nécessaire* » : Adaptation réglementaire nécessaire avec une échelle qualitative basée sur la hiérarchie des normes à faire évoluer pour rendre possible la solution d'un point de vue juridique.
- Catégorie « **Sociétal** »
 - **S1** « *Acceptabilité sociétale* » : Evaluation de l'acceptabilité locale et nationale du public de l'option de gestion considérée.
 - **S2** « *Valorisation / Economie circulaire* » : Evaluation de la quantité de matière première économisée par l'option de gestion.

Le GT a ensuite recueilli les données correspondantes pour les différentes options considérées en vue de nourrir la discussion. Les principaux points d'échanges ont porté sur la variété et la maturité très variable des projets industriels à l'étude pour gérer les déchets TFA.

Si le GT n'a pas souhaité effectuer les étapes de pondération des critères ni d'agrégation qui sont optionnellement proposées dans la méthodologie, il est ressorti des échanges des recommandations concernant les méthodes d'évaluation de la maturité des solutions envisagées, et sur la vigilance des porteurs de projets sur le maintien de la possibilité d'intégrer les évolutions technologiques dans la mise en œuvre de leurs projets en développement.

¹ Le TRL (Technology Readiness Level ou niveau de maturité technologique) est un outil employé pour évaluer le niveau de maturité d'une technologie ou par extension d'un projet. L'échelle comporte 9 niveaux de maturité, de 1- faible (idée et principe de base)- à 9 – fort (projet qualifié, robuste, prêt pour sa mise en industrialisation ou en construction)

La DGEC et le groupe de travail ont surtout réaffirmé l'importance de favoriser toute action qui conduirait à un maximum de recyclage et à réduire le volume de déchets à gérer. Le groupe de travail a recommandé de poursuivre les réflexions concernant la mise en place de seuils de libération et les possibilités de gestion de certains déchets inertes de façon conventionnelle.

Le collège de l'ASNR a par ailleurs confirmé dans son avis du 4 mars 2025 [13] que la gestion prévisionnelle de la capacité de stockage des déchets TFA demeure un point de vigilance et la valorisation potentielle des bétons et gravats issus du démantèlement pour les futurs projets nucléaires constitue un axe d'étude qui devra faire l'objet d'une attention particulière lors de l'élaboration du VIe PNGMDR.

4. La connaissance des déchets TFA et les perspectives de besoin de gestion

4.1 Des perspectives de volume et flux de production de déchets TFA en constante réévaluation

Les perspectives de production de déchets radioactifs sont réévaluées régulièrement par les producteurs, et notamment depuis 2004 au travers de l'exercice de l'Inventaire National (IN) des matières et déchets radioactifs [14]. Selon les données de la dernière édition de l'inventaire publiée en 2023, le volume des déchets TFA qui résulterait de l'exploitation passée, actuelle et future ainsi que du démantèlement des installations nucléaires, représente un volume **de l'ordre de 2 400 000 m³** à horizon des années 2100.

Ces estimations dites « à terminaison » restent néanmoins à prendre avec prudence, et sont susceptibles d'être réévaluées à la hausse ou à la baisse dans les années à venir, compte tenu du fait que :

- Les volumes de l'IN sont régulièrement réévalués :

Si le parc actuel d'installations et industries générant des déchets TFA a très peu évolué depuis la mise en place de l'IN, les réévaluations successives de ces volumes par les producteurs réalisées jusqu'à aujourd'hui montrent un accroissement du volume prévisionnel de déchets TFA produit à terminaison à chaque publication de l'IN.

Depuis 2018, cette tendance est moins marquée mais représente toujours l'équivalent de quelques dizaines de milliers de mètres cubes supplémentaires à chaque réévaluation. Les producteurs indiquent que le volume devrait tendre à se stabiliser dans les prochaines années, avec l'amélioration des connaissances et des modalités d'évaluation des volumes prévisionnels. Toutefois, il subsistera une incertitude sur ce volume à terminaison qui pourrait encore le faire évoluer dans les années futures.

- De nouvelles installations produisant des déchets radioactifs sont susceptibles d'être autorisées dans les années à venir : les scénarios prospectifs de l'inventaire national (IN) sont établis sur la base de l'ensemble des installations nucléaires disposant d'une autorisation de création. A ce titre, les déchets induits par les projets en cours de demande d'autorisation (exemple : le projet de stockage Cigéo) ou les perspectives de nouveaux réacteurs identifiés dans le projet de programmation pluriannuelle de l'énergie (exemple : les futurs réacteurs EPR2) sont estimés, mais non comptabilisés dans les inventaires prospectifs de l'IN ; pour autant, des déchets TFA seront produits par l'ensemble des activités futures impliquant l'usage de substances radioactives ; à titre d'exemple, les évaluations de production de déchets TFA sont évaluées pour le projet Cigéo à plus de 19 000 m³ sur 120 ans d'exploitation [15], et les six futurs réacteurs EPR2 sont susceptibles d'en produire 120 000 m³ sur 60 ans [16].
- De fortes incertitudes existent sur les volumes de déchets d'assainissement à venir et perdureront jusqu'à l'issue du démantèlement des installations actuelles : EDF, CEA et Orano ont présenté courant 2024 l'avancement de leurs études sur les méthodologies d'évaluation de ces quantitatifs de déchets [17] : il en ressort que le processus d'évaluation est progressif et itératif par consolidation et ajustement des données (état radiologique, réglementation, objectifs...) tout au long de la vie de l'installation (fonctionnement et démantèlement) jusqu'aux travaux d'assainissement proprement dit.

- Les producteurs ont anticipé que certains matériaux de démantèlement seraient valorisés, et ne les ont à ce titre pas déclarés dans les volumes prospectifs de déchets de l'IN ; dans le cas où leur valorisation serait impossible, pour des raisons techniques ou réglementaires, ces matériaux pourraient être à terme réintégrés à l'IN. A titre d'exemple, l'hypothèse d'envoi au stockage des générateurs de vapeur EDF (GV) ajouterait environ 115 000 m³ de volume à stocker à terminaison, seuls les résidus de traitement de ces GV (part des aciers non valorisables séparés en pré-traitement puis les résidus de fonderie proprement dit, ce qui est estimé à environ 12% du gisement initial) étant actuellement pris en compte dans les perspectives de l'IN
- A contrario, les exploitants d'installations nucléaires travaillent à identifier les bonnes pratiques pouvant être mises en œuvre sur leurs installations afin d'optimiser le zonage déchets (ZppDN)² et la production des déchets radioactifs issus des opérations. Un rapport de retour d'expérience a été remis à ce titre en décembre 2020 par EDF, CEA, Orano et Framatome au titre du PNGMDR 2016-2018 [18] . Ces travaux sur le zonage constituent un premier axe d'optimisation et de réduction de la production de déchets TFA à la source, même si, conformément à la conclusion de ce rapport, les axes d'optimisation liés au zonage sont actuellement limités.

Les volumes de déchets TFA à produire sur le long terme doivent ainsi être à la fois affinés et régulièrement réévalués.

A titre complémentaire, plusieurs études ont été menées dans le cadre des IVe et Ve PNGMDR sur la possibilité de réduire les volumes de déchets par densification [19] . Les principaux procédés de densification restent le compactage mécanique (broyage, compactage) et l'incinération, ces procédés étant déjà utilisés pour certains déchets TFA. Les gains en matière de compacité s'avèrent significatifs à l'échelle du colis de déchet, mais ils ne concernent qu'une fraction des déchets.

Au-delà des inventaires volumiques à terminaison, les chroniques de production des déchets, à court, moyen ou long terme sont également des indicateurs importants pour la définition de la stratégie de gestion des déchets TFA. Pour rappel, depuis les années 2000, le **volume moyen annuel de déchets TFA produits est de l'ordre de 35 000 m³/an, ce qui conduit, en moyenne, à un flux moyen de 24 000 m³/an** de déchets TFA qui sont mis en stockage (après compactage, incinération ou mise en entreposage). Ce flux a subi d'importantes variations dans le temps avec une tendance à la baisse ; ainsi, ces dernières années, le flux mis en stockage oscille entre 16 000 et 20 000 m³/an.

Pour cet exercice du schéma industriel des hypothèses basses ou hautes de flux de mise en stockage entre 18 000 et 24 000 m³/an peuvent être considérées en référence sur les prochaines années. Les perspectives de flux à moyen terme (au-delà de 2050) sont en tout état de cause à prendre avec prudence. En effet, les phases de démantèlement d'INB sont susceptibles de générer des pics de production de déchets.

4.2 L'entreposage d'une partie des déchets

L'entreposage ne constitue pas une option de gestion en tant que telle mais une étape dans la chaîne de gestion. Les déchets radioactifs sont entreposés principalement lorsqu'ils sont en attente d'une solution de gestion future (traitement, (re)conditionnement ...), soit car ils sont hors spécifications d'acceptation du Cires, soit parce que les producteurs souhaitent optimiser la chaîne de gestion ; ils sont également entreposés pour réguler les flux destinés au stockage (transit) ou plus rarement pour permettre une décroissance radioactive.

De manière générale pour la majorité de ces déchets, les producteurs ont un objectif de désentreposage de ces déchets sous environ 5 à 8 ans, mais il existe ainsi en permanence un stock de déchets TFA entreposés sur les sites des producteurs, dont le volume s'établit depuis une quinzaine d'années entre 150 000 et 200 000 m³ (moyenne 180 000 m³).

Plus précisément, trois entreposages principaux de déchets TFA, représentent 100 000 m³ de déchets TFA, soit plus de la moitié de ces volumes entreposés : les blocs sodés d'EDF sur le site de Creys Malville, des déchets

² la réglementation française a établi depuis 1999 pour les INB, étendu en 2009 et 2015 pour les INBS et ICPE, le principe du zonage déchets. Le plan de zonage déchets est établi dans le but de délimiter les zones à production possible de déchets nucléaires (ZppDN) où les déchets produits sont contaminés, activés ou susceptibles de l'être ; les déchets issus de ces ZppDN doivent alors être gérés en filière nucléaire quel que soit leur niveau d'activité, et, en particulier, même si aucune trace d'activité radioactive n'est détectable

divers et terres d'ORANO sur le site de Malvesi et des stériles, boues, terres et gravats du CEA sur le site du Bouchet – Itteville. Orano indique que les déchets de Malvesi ne seraient pas destinés à un stockage au Cires.

Les autres entreposages, dont le cumul des volumes entreposés représente de l'ordre de 80 000 m³, sont répartis sur divers sites, en petits volumes de quelques mètres cubes à 7 000 m³ au maximum.

Une partie significative de ces déchets déjà produits pourrait à terme destinée à être stockée, avec un décalage dans le temps par rapport à leur date de production.

Dans les évaluations prospectives, il a été considéré une stabilité des volumes entreposés sur les sites des producteurs autour de 180 000 m³ dans les années futures (horizon 2050).

5. Les principaux scénarios de gestion des déchets TFA

Les scénarios de gestion des déchets TFA tels que proposés dans la suite de ce rapport ont pour vocation à refléter les réflexions en cours sur les possibles évolutions de gestion plus ou moins probables

Ainsi, l'établissement de ces scénarios s'appuie sur des informations et des hypothèses, sur les chroniques de production de déchets et sur l'état d'avancement des projets à l'étude décrits dans le rapport sur les options de gestion des déchets TFA établi en 2023 au titre du PNGMDR 2022-2026 [8] .

5.1 Un scénario dit « stockage (+Centraco) »

Ce premier scénario de continuité envisage la poursuite du mode de gestion actuel privilégiant la poursuite du stockage des déchets TFA ainsi que l'exploitation de Centraco. **L'étude d'un tel scénario, non volontariste sur la valorisation des déchets, servira ensuite de point de repère pour la comparaison avec les autres scénarii.**

Il constitue par ailleurs, au moins à une courte échelle de temps, le scénario de continuité par rapport au schéma actuel ; en effet, les installations industrielles des différents projets alternatifs, actuellement à l'étude, s'ils sont autorisés, ne seront pas mises en service ou pleinement opérationnelles avant une dizaine d'années.

▪ Construction du scénario

Ce scénario prévoit la poursuite de la mise en stockage des déchets radioactifs comme restant la filière de gestion privilégiée, que ce soit au Cires ou dans un futur centre de stockage (TFA2), exploité par l'Andra.

Les autres filières de gestion actuellement opérationnelles à Centraco - Cyclife, sont également considérées comme pérennes (incinération de déchets solides incinérables et de certains déchets liquides, ainsi que la fusion de certains déchets métalliques). Il est rappelé que la pérennisation de l'incinération des déchets constitue un élément fort de la structure du schéma de gestion puisque la filière permet le traitement de déchets non admissibles au stockage (déchets liquides, déchets solides organiques), et que l'incinération participe à la réduction en volume des déchets à stocker.

Actuellement, les évaluations des flux de déchets TFA gérés annuellement sont les suivants :

- Traitement de certains déchets organiques, liquides et métalliques à Centraco (Incinération, fusion) : environ 1 100 t (2 700 m³/ an) de déchets solides TFA sont incinérés ou fondus, les résidus étant acheminés au Cires (350 à 400 m³) et au CSA (environ 600 m³);
- Entreposage d'un volume en stock courant de l'ordre de 180 000 m³, comme mentionné au §4.2;
- Stockage : environ 24 000 m³/an de déchets TFA de toute nature, incluant les résidus d'incinération / fusion, sont stockés annuellement depuis l'ouverture du Cires.

▪ Image future du schéma industriel avec le scénario « stockage (+ Centraco) »

L'hypothèse future de ce scénario est la poursuite d'un flux moyen de l'ordre de 24 000 m³/an de déchets à stocker, ce qui conduirait à **une fin d'exploitation du Cires à horizon 2040/2045 et le besoin d'ouverture d'un futur centre de stockage TFA2 à cet horizon.**

Cette hypothèse conservatrice au regard des flux stockés ces dernières années permet de prendre en compte de futures phases de démantèlement d'installations actuelles, pour lesquels les prévisions de flux pourraient croître à nouveau.

L'ensemble des déchets à stocker, sans considérer de valorisation, représenterait à terminaison un volume évalué à 2 500 000 m³.

Sur cette base, en fonction de la capacité d'accueil d'un futur centre de stockage TFA2, un troisième centre TFA3 pourrait être nécessaire pour stocker l'ensemble des déchets restant à produire. A titre d'exemple, avec une hypothèse d'un TFA2 comparable au Cires, le besoin d'un TFA3 existerait à horizon 2070/80.

Le schéma industriel peut être représenté comme suit avec l'hypothèse du scénario de continuité :

Scénario de continuité

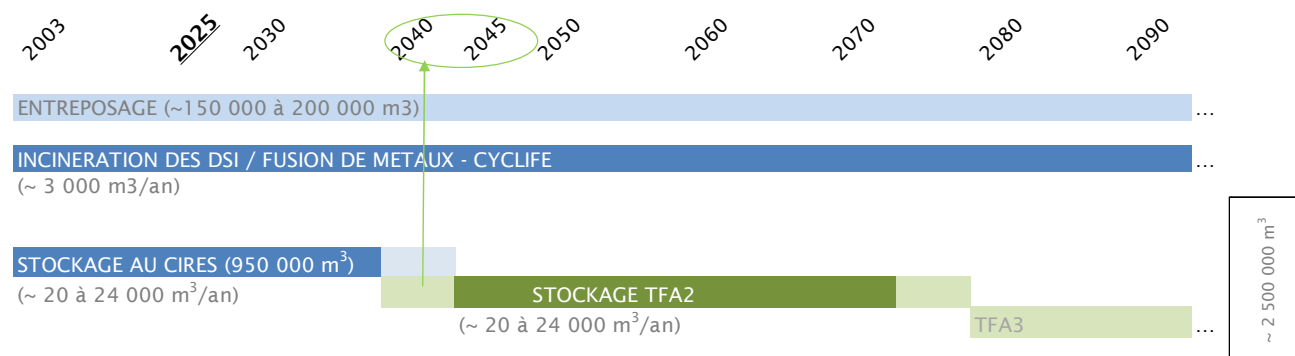


Figure 2 : Schéma industriel basé sur le scénario de continuité de la gestion actuelle des TFA

- Prise en compte des incertitudes sur les volumes et flux

Il a été mentionné que des incertitudes existaient sur les volumes à terminaison, mais également sur les flux annuels de déchets produits, y compris à court terme. Ainsi, la poursuite d'un flux réduit mis en stockage, tel que constaté ces dernières années, et jusqu'à la fin d'exploitation du Cires, pourrait décaler la fin d'exploitation du Cires de près de 4 à 5 ans.

De plus, une hypothèse d'arrêt et/ou de non-remplacement de l'installation d'incinération de Centraco a été étudiée dans une étude menée au titre du PNGMDR 2022-2026 de comparaison des impacts de l'incinération et du stockage [20]. Cette hypothèse permet de prendre en compte un niveau d'incertitudes :

Il ressort de l'étude que les enjeux volumiques directs restent faibles pour les déchets solides : la réaffectation des déchets solides incinérés vers le stockage représente un accroissement de 5 à 10% des volumes de déchets stockés, ce qui est compatible avec les dispositions de gestion du stockage et la variabilité actuelles des flux.

Les conséquences seraient différentes pour la gestion des déchets liquides actuellement gérés en incinération, pour lesquels des solutions alternatives seraient à rechercher, avec potentiellement, après traitement et solidification, des volumes significatifs supplémentaires à stocker, non quantifiables à date.

Cette hypothèse d'arrêt de l'installation Cyclife n'est cependant pas envisagée à ce jour par l'exploitant ; aucune incidence sur la perspective de fin d'exploitation du Cires n'est ainsi prise en compte pour l'ouverture d'un TFA2.

- Synthèse - Cohérence de ce scénario

Comme indiqué en introduction de ce paragraphe, ce scénario est le scénario de continuité par rapport à l'état opérationnel à date ; par ailleurs, il maximise le besoin de stockage. Il s'agit donc du scénario considéré pour définir la date de besoin au plus tôt de la mise en service d'un futur centre de stockage, dit « TFA2 », assurant la continuité de service pour le stockage des déchets TFA.

A cet égard, l'Andra a d'ores et déjà engagé des études de faisabilité d'ouverture d'un TFA2 sur cette base prudente, la date de planning objectif retenue pour l'ouverture d'un TFA2 est entre 2040 et 2045 de façon conservative [21].

5.2 Un scénario intégrant la valorisation des aciers

Ce second scénario de gestion des déchets TFA tient compte des développements récents de la réglementation de 2022 permettant la valorisation des métaux : parmi les projets étudiés, le Technocentre constitue la perspective la plus avancée et potentiellement la plus impactante en termes de gains en volume, en constituant une opportunité vers des perspectives de gestion plus durables.

Le Technocentre est le projet de valorisation des aciers très faiblement actifs, porté par EDF. Implantée à proximité du site occupé par les deux réacteurs de Fessenheim actuellement en préparation au démantèlement, concernant le gisement français, cette fonderie permettrait de traiter environ 500 000 tonnes d'acier à terminaison. Le débat public préalable au dépôt de la demande d'autorisation administrative s'est tenu d'octobre 2024 à février 2025. EDF envisage une mise en service du Technocentre vers 2031 pour une durée de fonctionnement d'au minima 40 ans.

Les autres filières existantes, en particulier le stockage et l'incinération, sont également maintenues dans ce scénario.

Ce scénario est considéré comme « le plus probable » à moyen terme.

▪ Construction du scénario

Ce scénario prévoit la poursuite de l'exploitation des installations existantes (stockage au Cires, incinération et fusion à Centraco - Cyclife), et intègre la mise en service du Technocentre selon le planning défini par EDF, c'est-à-dire vers 2031.

Ce scénario implique que des déchets métalliques en acier, actuellement dirigés vers le Cires, en attente en entreposage ou restant à produire dans le cadre de phases de démantèlement futurs, seront traités au Technocentre pour être valorisés et ne seront pas stockés. Ces métaux susceptibles d'être traités au Technocentre sont des « gros composants » tels que les générateurs de vapeur d'EDF et les diffuseurs de l'usine Georges Besse d'Orano et divers déchets métalliques vrac d'EDF, Orano et du CEA.

Au total, sur le gisement de près de 500 000 tonnes de métaux qui sont susceptibles d'être valorisés au Technocentre, il est évalué que l'économie de stockage associée représente un volume global de l'ordre de 450 000 m³ à terminaison (horizon 2070), en tenant compte des déchets induits qui resteront à stocker (environ 75 000 m³).

Pour la construction de ce scénario, il a été considéré en hypothèse que les métaux des gisements EDF, Orano et CEA seraient valorisés au Technocentre. Cette hypothèse correspond au dimensionnement retenu par EDF pour le Technocentre. Pour autant, la réalisation de ce scénario reste soumise à l'obtention des autorisations associées. Par ailleurs, Orano s'est déclaré intéressé par l'envoi de ses métaux au Technocentre mais a précisé qu'il ne confirmerait cet intérêt que si cette solution est intéressante économiquement.

Il est à noter qu'une partie de cette économie de stockage (cf. §4.1) a déjà été comptabilisé dans l'IN dans la mesure où les GV sont d'ores et déjà considérés comme devant être valorisés en fonderie, seuls les résidus de traitement (part des aciers non valorisables et séparés en pré-traitement puis résidus de fonderie) étant considérés dans les perspectives de volumes à stocker ; pour le segment des GV, aucun impact sur les volumes à terminaison de l'IN actuel ou sur les flux à stocker n'est donc attendu. A contrario, la non-réalisation du scénario générerait un accroissement du volume de déchets à considérer au stockage par rapport à la référence IN actuelle (environ 110 000 m³).

Les chroniques de production des aciers dits « aciers vrac » d'EDF seront liées aux phases de démantèlement des INB. A titre indicatif, leur valorisation pourrait induire une économie de stockage de l'ordre de 72 000 m³, soit avec une hypothèse d'un flux lissé sur une quarantaine d'années d'exploitation, de l'ordre 1 500 à 2 000 m³/an. Cette baisse de flux vers le Cires devrait être perceptible à partir de 2035, en considérant une montée en puissance progressive des flux traités au Technocentre.

Concernant les déchets métalliques d'Orano, incluant le principal gisement homogène de métaux de Georges Besse 1, ainsi que des déchets vrac ; les chroniques envisagées dans les précédentes études PNGMDR [22] ont été recalées temporellement et ajustées ; les flux à valoriser seraient traités dès 2031, induisant en bilan final une économie en matière de déchets métalliques d'Orano à stocker à terminaison de l'ordre de 170 000 m³ par rapport aux prévisions de l'inventaire national. Les chroniques de production envisagées ne sont pas linéaires puisque des pics de production de métaux de démantèlement sont à envisager en lien avec le démantèlement de Georges Besse 1 sur 10 à 15 ans ; il est considéré qu'il s'agit de flux qui n'impacteraient pas significativement à court terme les envois actuels au Cires, même si en moyenne lissée jusqu'à terminaison de l'inventaire ces volumes pourraient représenter près de 3 000 m³/an d'économie de stockage. Les flux de métaux vrac régulièrement envoyés au stockage par Orano seraient également réduits et représenteraient une économie de stockage de l'ordre de 1 300 m³/an.

Les chroniques de production d'aciers vrac du CEA ne sont pas définies avec précision à ce stade, et dépendront des chroniques de démantèlement et de la valorisation retenue ; leur valorisation pourrait induire, à l'instar des aciers vrac des autres producteurs, une économie de stockage de l'ordre de 70 000 m³, soit en cas de flux lissé, 1 500 à 2 000 m³/an, essentiellement à partir de 2035.

En définitive, la valorisation de l'ensemble du gisement (gros composants et vrac) pourrait représenter une économie de volume stocké à terminaison, mais dont l'impact sur les baisses de flux à stocker serait progressif, et essentiellement perceptible après la phase de montée en puissance de l'installation du Technocentre, c'est-à-dire après 2035. Les enjeux de réduction de flux à stocker seraient de quelques milliers de mètres cubes dès premières années, puis en moyenne lissée, de l'ordre de 8 000 à 10 000 m³/an.

▪ Image future du schéma industriel et du TFA2

Outre les baisses de flux stockés liées à la valorisation des métaux, l'hypothèse de ce scénario est une poursuite d'un flux moyen de l'ordre de 18 000 à 20 000 m³/an de déchets à stocker, ce qui conduirait à une fin d'exploitation du Cires et **le besoin d'ouverture d'un futur centre de stockage TFA2 à horizon 2050/2055.**

Cette estimation pourrait être ajustée en fonction des chroniques effectives de valorisation dans les premières années d'exploitation du Technocentre, l'enjeu sur la durée d'exploitation du Cires pouvant être de 1 à 2 ans supplémentaires, ce qui reste dans les incertitudes actuelles.

A l'instar du premier scénario, en fonction de la capacité d'accueil un futur centre de stockage TFA2, un troisième centre TFA3 pourrait être nécessaire pour stocker l'ensemble des déchets restant à produire pour stocker le reliquat des déchets des installations actuelles (et probablement les déchets des futures INB) mais serait en principe repoussé dans le temps.

Le schéma industriel peut être représenté comme suit avec l'hypothèse du scénario intégrant la valorisation des aciers au Technocentre :

Valorisation des aciers

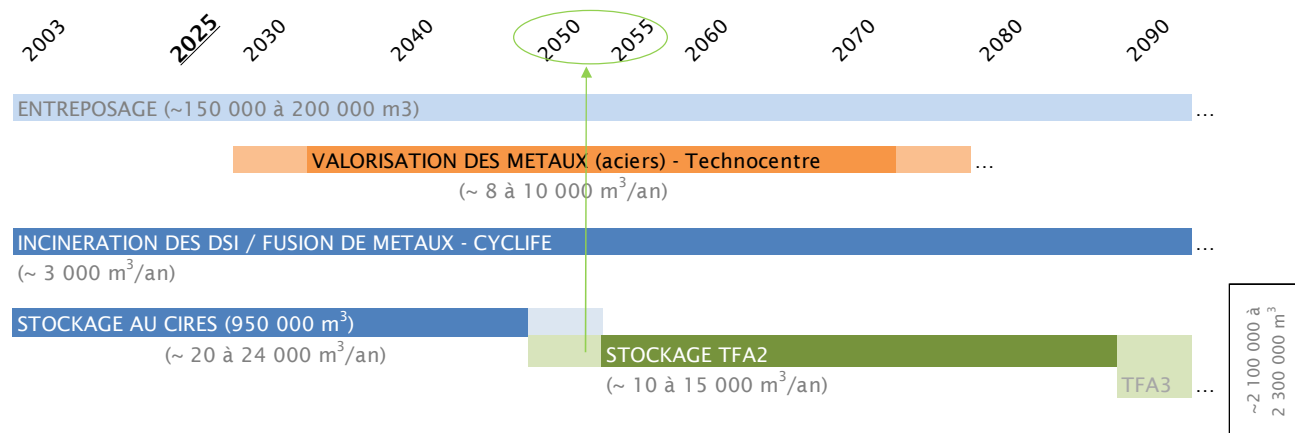


Figure 3 : Schéma industriel basé sur le scénario de valorisation des aciers au Technocentre

5.3 Un scénario intégrant les projets de valorisation actuellement à l'étude

Ce scénario constitue le scénario « volontariste » envisageable à ce jour puisqu'il intègre l'ensemble des projets techniques de valorisation actuellement à l'étude, quel que soit le niveau d'avancement des recherches sur ces sujets.

- Construction du scénario

Les projets et études concernés par ce scénario sont ceux listés dans le rapport des options de gestion de 2023. [8] La plupart de ces projets poursuivent leur avancement, même si les premiers résultats sont, à date, prudents quant à la faisabilité et /ou quant à la planification de leur mise en service.

- Le projet RPN2, actuellement porté par un consortium de trois entreprises : la fonderie Lemer, Orano et Curium, est un projet de procédé de décontamination par fusion et de valorisation du plomb en fonderie ; les premières phases d'études de faisabilité technique ont été menées et les perspectives de mise en service ne sont pas encore définies.

La valorisation du plomb TFA pourrait concerner quelques centaines de tonnes annuelles mais générerait une économie de stockage négligeable compte tenu de la densité du plomb. Au-delà des enjeux de volume, le plomb est une matière première reconnue comme stratégique. En outre, la toxicité du plomb induit une vigilance particulière dans les stockages.

- Le projet Orcade, initialement porté par la société A3I, est un développement d'outil industriel ayant pour objet de séparer les différents constituants des gaines de câbles électriques par dénudage des gaines, tout en évitant la contamination des fils de cuivre. L'âme métallique des câbles (cuivre, aluminium), non contaminée puisque préalablement protégée par les gaines, peut alors être séparée et valorisée ; les gaines restent des déchets TFA. Les perspectives sont un passage en phase d'industrialisation de l'installation.

Dans ce cas également, le cuivre est un matériau stratégique et considéré comme critique, et les perspectives de production de tonnages de cuivre dans le cadre des démantèlements d'INB à venir sont très importantes de câble : le retour d'expérience du CEA Marcoule a montré que les câbles électriques composaient environ 10% du volume et 3% de la masse de déchets TFA de démantèlement.

D'autres projets de recherche sont à des stades de développement plus amont, tels le projet Orano de traitement des liquides contenant de l'uranium, ou le projet SOLVERIS, porté par SAFE TECHNOLOGIES (Veolia Nuclear Solutions) et le CEA pour la stabilisation radiologique et chimique de sols par vitrification in situ.

- Image future du schéma industriel et du besoin du TFA2

Dans les grandes lignes, il convient de retenir que les projets actuellement en phase d'études seraient mis en service, pour l'essentiel, au mieux sous 10 à 15 ans, et qu'ils n'impacteraient donc globalement pas le fonctionnement actuel du Cires.

Les impacts sur la préservation volumique du futur centre de stockage TFA2 ne constituent pas, avec ces différents projets, des perspectives significatives en matière de préservation du vide de fouille (espace encore disponible pour le stockage des déchets), qui seraient limités à quelques centaines de mètres cube par an par rapport au scénario précédent.

Ces réflexions et projets industriels présentent néanmoins un intérêt environnemental certain, à la fois pour la préservation des ressources pour certains métaux stratégiques valorisables, la diversification et l'optimisation des dispositifs de gestion des déchets, mais également pour la limitation d'apports d'éléments chimiques dans le stockage (complexants, métaux toxiques ...).

Le schéma industriel peut être représenté comme suit avec l'hypothèse du scénario volontariste intégrant tous les projets de valorisation à l'étude :

Tous projets de valorisation

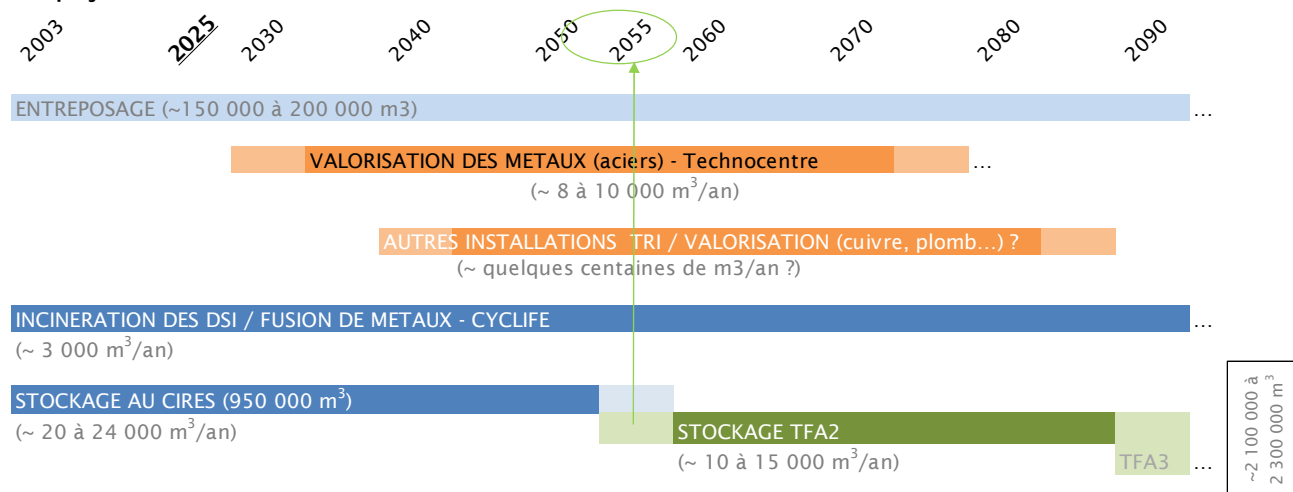


Figure 4 : Schéma industriel basé sur le scénario volontariste intégrant tous les projets de valorisation à l'étude

6. Quelles autres pistes ?

D'autres pistes de réflexion sont régulièrement débattues. Deux sujets sont présentés ici :

- Les perspectives de gestion alternatives de déchets, essentiellement minéraux, et plus particulièrement des bétons et gravats ;
- La dérogation au principe de gestion par zonage par définition de seuils de libération.

6.1 Perspectives de gestion alternatives des déchets minéraux

Les déchets minéraux (terres, bétons, gravats...) constituent, après les déchets métalliques, le volume de déchets stockés le plus important, avec environ un tiers de la capacité de stockage du Cires occupée par ces déchets minéraux. La part des gravats de béton représente régulièrement 2 500 m³/an et pourrait atteindre des pics de l'ordre de 9 000 m³/an pendant des phases de démantèlement ; 38 à 40% de ces gravats présentent une activité massique radiologique de moins de 1 Bq/g³. Leurs caractéristiques physico-chimiques les classent principalement en déchets « inertes » selon les définitions du Code de l'environnement (Art. R541-8).

D'ores et déjà, plusieurs études ont été menées au titre des IV^e et V^e PNGMDR depuis une dizaine d'années sur les possibilités de gestion alternative des déchets minéraux :

- La création de stockages dits « décentralisés », implantés sur ou à proximité des sites des producteurs (par opposition au stockage centralisé national que constitue le Cires), destinés à stocker des déchets de démantèlement ;
- Le stockage de certains déchets en installations de stockage de déchets dangereux conventionnels (ISDD) ;
- La valorisation de gravats de bétons en matériau de substitution à la grave naturelle pour le comblement des vides dans les alvéoles du Cires.

Ces différentes études ont apporté des réponses mitigées quant aux perspectives de gestion alternative des déchets minéraux :

- Les producteurs de déchets ont étudié les contraintes technico-économiques (nature et activité des déchets, gisement minimal, emprise foncière, caractéristiques géologiques / hydrogéologiques de sites...)

³ Etude de gisement dans le rapport sur la valorisation de gravats TFA comme matériaux de comblement des vides dans les alvéoles du Cires [24]

permettant de définir les conditions d'implantation d'un stockage décentralisé ; cependant, ils n'ont pas pu identifier de site favorable et/ou de projet qui pourrait être développé sur leurs sites respectifs [23] ;

- Les seules catégories de déchets présentant de la radioactivité et actuellement acceptables en ISDD sont les déchets à radioactivité naturelle (SRON), issus de procédés n'utilisant pas la radioactivité, et d'activité massique inférieure à 20 Bq/g ; seul un élargissement des critères d'acceptation dans les installations de stockage de déchets dangereux permettrait d'envisager cette voie de gestion [23] ;
- Le recyclage des gravats TFA en comblement des vides en alvéole de stockage n'apparaît pas être une solution adaptable au concept et au mode d'exploitation du Cires, notamment du fait d'enjeux réglementaires d'exposition des opérateurs [24] : les principales contraintes associées au concassage des gravats viennent de leur classement en déchets radioactifs et des dispositions conséquentes à mettre en œuvre par application de la réglementation et ce même si le caractère radioactif des gravats n'est pas avéré pour une partie du gisement ;

Pour toutes ces études, il est en définitive apparu que les critères de classement actuels des déchets radioactifs et la réglementation associée induisent des contraintes de gestion et d'exploitation qui ne permettent actuellement pas de faire évoluer les modalités de gestion : le stockage au Cires reste le seul mode de gestion considéré comme économiquement viable et réglementairement possible pour des déchets minéraux, même très faiblement actifs.

Les freins aux développements de solutions alternatives sont juridiques/réglementaires, mais également techniques, environnementaux, organisationnels ou sociétaux. Économiquement, les déblais de terres et gravats de béton sont des matériaux à valeur intrinsèque faible, dont la valorisation est ainsi économiquement peu attractive ; ces gravats de béton sont par ailleurs abondants dans le secteur conventionnel.

Pourtant, des réflexions autour des modalités d'application de certaines prescriptions pourraient permettre d'élargir les possibilités de gestion de ces déchets minéraux, en s'appuyant sur les améliorations des processus de définition des zonages déchets, des techniques de mesure, et de tri amont des déchets ; à titre d'exemple, les réflexions pourraient porter sur :

- Les possibilités de stockage en ISDD d'autres déchets à radioactivité naturelle que les SRON ;
- Des politiques incitatives accompagnées d'évolutions réglementaires réduisant les contraintes applicables et permettant une approche proportionnée aux enjeux pour la part des déchets classés TFA ne présentant pas d'enjeu significatif de radioprotection, d'enjeu pour la sûreté ou l'environnement.

Enfin, comme mentionné précédemment, le collège de l'ASNR a confirmé dans son avis de mars 2025 [13] « *Eu égard aux besoins importants en matériaux de construction que vont générer les nouveaux projets d'installations nucléaires dans les prochaines années, la valorisation potentielle des bétons et gravats issus du démantèlement des installations nucléaires dans le cadre de la réalisation de ces projets constitue un axe d'étude devant faire l'objet d'une attention particulière dans le cadre du 6ème PNGMDR. Sous réserve de leur adéquation aux besoins des chantiers, l'utilisation de matériaux issus de la valorisation de ces bétons et gravats permettrait de diminuer les volumes de déchets TFA à stocker.* »

6.2 Dérogation au principe du zonage déchets et définition de seuils de libération

Dans le reste de l'Europe, à l'exception de la France, la qualification d'un déchet radioactif se fait sur la base de son niveau de radioactivité : en-dessous d'un certain seuil de radioactivité, dit « seuil de libération », un déchet n'est pas considéré comme radioactif et il peut alors être valorisé ou recyclé dans l'industrie conventionnelle, ou mis en stockage dans des installations de stockage de déchets conventionnels.

Le sujet de l'extension de ce principe à la France a régulièrement fait l'objet de débats ; les derniers échanges ont eu lieu lors du débat public sur le Ve PNGMDR. La CNDP a synthétisé comme suit les conclusions des débats [25] : La dérogation au principe de zonage déchets pourrait correspondre à « *l'introduction de « seuils de libération » en dessous desquels le niveau d'émission radioactive permettrait un traitement dans les filières de gestion de déchets conventionnels, ou de dérogations plus ponctuelles au principe du zonage. Le public a manifesté une grande sensibilité à ce sujet : les réponses apportées aux questions relatives au processus de traçabilité, à l'effectivité des contrôles et à l'indépendance de ceux qui en ont la responsabilité, ainsi qu'aux modalités d'association de la société civile sont apparues dans le débat comme des préalables à d'éventuelles évolutions.* »

L'ASN et la DGECC, ainsi que le HCTISN dans leurs réponses au débat public [26] [27] [28] ont ensuite réaffirmé que la gestion des déchets TFA devait rester fondée sur le lieu d'origine des déchets pour garantir leur traçabilité, grâce à des filières spécifiques, depuis la production jusqu'au stockage, et **ont écarté l'application de seuils de libération « généralisés », à l'exception des déchets destinés à être valorisés.**

Seules sont réglementées depuis 2022 les dérogations ciblées au Code de la santé publique permettant une opération de valorisation au cas par cas de substances radioactives métalliques.

Les modalités d'extension de ce principe à d'autres typologies de déchets que les déchets métalliques pourraient faire l'objet de réflexions.

7. Les perspectives et besoins en matière de stockage futur : recherche de site TFA 2

Les précédentes études menées dans le cadre du PNGMDR (1^{ère} partie du schéma de gestion : définition des options de gestion [8] et le cadrage des démarches de création d'un nouveau centre pour les déchets TFA [21]) ont rappelé les enjeux associés à la recherche de site pour l'implantation d'un centre de stockage à l'issue du comblement du Cires.

L'enjeu principal est d'assurer la continuité de service du stockage des déchets TFA, en veillant à ce que la gestion de ces déchets se fasse dans des conditions techniques (sûreté, santé-sécurité, environnement), économiques, juridiques et sociétales satisfaisantes/optimales.

L'Andra a engagé les études de recherche de sites pour les options de référence définies au PNGMDR, qui sont des implantations au sein de la CCVS (Communauté de Communes de Vendœuvre Soulaines – Aube), à proximité soit du Cires soit du projet de stockage de déchets FAVL (distants de quelques kilomètres).

Ce choix de territoire est notamment guidé par la richesse de la connaissance de l'environnement et de la qualité du sous-sol déjà acquise sur ce secteur par l'Andra à la faveur de ses autres projets et sites, mais également par l'optimisation technique et financière de l'exploitation de centres peu éloignés géographiquement, ou encore par les relations favorables avec un territoire qui a pu intégrer depuis plusieurs décennies les sites industriels de l'Andra dans son environnement. L'Andra évalue que ces conditions réunies sont susceptibles de permettre un gain de l'ordre d'une dizaine d'années dans un planning d'ouverture d'un nouveau centre par rapport à une recherche de site « France entière », associé à un gain financier significatif du fait de la réduction des investigations restant à mener.

L'Andra a ainsi confirmé que les calendriers prévisionnels pour ces deux scénarios étaient **compatibles avec une ouverture en 2040/2045**, qui est la date de besoin d'ouverture d'un stockage « au plus tôt » détaillée dans les scénarios de gestion présentés précédemment.

Des études de qualification techniques de « zones restreintes d'implantation possible » d'un stockage TFA2 se déroulent sur 2025 et permettront de soumettre dans les prochains mois aux acteurs locaux du territoire de la CCVS, à l'administration et aux producteurs de déchets les choix d'implantation envisageables, associés à l'analyse des avantages de chaque zone retenue. Ces propositions seront soumises à une concertation.

8. Conclusion - Synthèse des propositions d'action

La stratégie de gestion des déchets TFA est **au début d'une profonde mutation pour la décennie à venir grâce à l'ouverture des possibilités de valorisation de certains déchets** ; l'ensemble de la filière de gestion des déchets TFA, de la production jusqu'au stockage des déchets, **s'organise progressivement pour assurer une continuité de service dans la gestion de ces déchets tout en optimisant la « ressource stockage »**.

Les études menées confirment cependant certains acquis :

- Le projet phare de valorisation des déchets métalliques (aciers) est aujourd'hui le Technocentre porté par EDF ;
- Il reste nécessaire de disposer de manière pérenne d'installations de stockage ;
- Il est pertinent de poursuivre la filière incinération qui permet de traiter en association des déchets (organiques, liquides) non admissibles au stockage et participe à la réduction des volumes stockés.

D'autres installations ou projet de recherche se développent également mais à des horizons temporels plus lointains. Les incidences et répercussions de ces projets sur le stockage des TFA ne seront pas perceptibles avant plusieurs années, et il existe encore d'importantes incertitudes sur les enjeux en matière de réduction de volumes et de nature physico-chimique des déchets futurs à stocker. Néanmoins la tendance paraît engagée et l'Andra intègre d'ores et déjà ces éléments et leur variabilité dans ses réflexions autour d'un futur stockage de déchets TFA, qui devrait voir le jour à l'horizon de 2040/2045.

Il existe par ailleurs d'autres axes de réflexion plus prospectifs sur les modalités de gestion alternatives du deuxième gisement en volume après les déchets métalliques que constituent les déchets minéraux (terres, bétons...). Les premières études sont actuellement plus mitigées sur les perspectives d'évolution de ces modes de gestion, et nécessiteraient d'être accompagnées de nouvelles réflexions notamment au regard des réglementations actuelles.

En définitive, le présent rapport présente une stratégie de gestion des déchets TFA à date susceptible d'évoluer, mais qui couvre les besoins actuels et à moyen terme.

Les recommandations associées seraient de refaire des points d'étape de la stratégie de gestion régulièrement, à la faveur des prochains PNGMDR dont la fréquence quinquennale paraît être adaptée à ce suivi. Les attendus associés porteraient sur :

- L'amélioration continue de la connaissance des gisements futurs de déchets à produire, valoriser, traiter et/ou stocker : une des pistes de réflexions serait de collecter les inventaires prospectifs des producteurs par grande catégorie de nature et qualité de déchet, avec les chroniques associées, par exemple en parallèle des informations collectées dans le cadre de l'Inventaire National ; les quantifications des déchets d'assainissement, dont l'évaluation est progressive et s'affine en fonction de la phase de vie de l'installation, seraient ainsi mieux appréhendées ;
- Le suivi d'avancement des projets de valorisation, ce qui permettrait de recalculer de manière itérative et régulière la vision globale de la filière ;
- Plus largement la poursuite des réflexions autour de la réglementation appliquée aux déchets TFA ne présentant pas d'enjeu radiologique.

Ces propositions s'inscrivent dans la continuité des actions initiées dans le cadre du Ve PNGMDR.



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

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