

Plannational de gestion des matières et des déchets radioactifs

2022 – 2026

Etude sur la faisabilité de solutions de stockage
décentralisées de déchets TFA
(Action TFA.3 - Article 16 de l'arrêté « PNGMDR »)

PNGMDR 2022-2026	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023
Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Noms et visas :	
Approbateur pour l'ANDRA		
Approbateur pour le CEA		
Approbateur pour EDF		
Approbateur pour FRAMATOME		
Approbateur pour ORANO		



framatomé



Plannational de gestion des matières et des déchets radioactifs

2022 – 2026

Etude sur la faisabilité de solutions de stockage
décentralisées de déchets TFA
(Action TFA.3 - Article 16 de l'arrêté « PNGMDR »)

Sommaire

1	Contexte - Objet.....	4
1.1	La demande du PNGMDR 2022-2026.....	4
1.2	Historique de la demande	5
2	Cadre réglementaire de référence	6
2.1	Exigences relatives au stockage de déchets radioactifs TFA	6
2.1.1	Contexte particulier lié au stockage de déchets radioactifs.....	6
2.1.2	Principales exigences réglementaires du Cires.....	6
2.2	Exigences relatives au stockage de déchets conventionnels	9
3	Etude de faisabilité d'un stockage décentralisé Orano	13
3.1	Introduction.....	13
3.2	Sélection du site d'accueil Orano	13
3.3	Caractéristiques des déchets retenus	14
3.4	Gisement et flux des déchets	15
3.5	Concept de stockage envisagé et conditions générales associées.....	17
3.6	Conditions d'implantation du stockage.....	19
3.6.1	Lieu d'implantation du stockage décentralisé.....	19
3.6.2	Propriétés géologiques et hydrogéologiques.....	19
3.6.3	Risques particuliers.....	21
3.7	Vérification de la compatibilité d'implantation sur le site retenu	21
3.8	Analyse technico-économique	23
3.9	Synthèse à date de l'étude Orano	24
4	Etude de faisabilité d'un stockage décentralisé EDF	26
4.1	Description du choix du gisement	26
4.2	Choix du lieu d'implantation du stockage étudié et caractéristiques géologiques et hydrodynamiques	27
4.2.1	Lieu d'implantation.....	27
4.2.2	Caractéristiques géologiques et hydrodynamiques du site de Creys-Malville.....	27
4.3	Esquisse de conception de l'installation de stockage.....	28
4.3.1	Préambule.....	28
4.3.2	Statut réglementaire retenu pour le stockage in situ des BS	28
4.3.3	Fonctions et description du concept de stockage	29
4.4	Éléments de comparaison des scénarios de gestion des blocs sodés entre un stockage au Cires et un stockage dans une installation décentralisée sur le site de Creys-Malville	32
4.4.1	Indicateurs du critère environnemental.....	32
4.4.2	Indicateurs du critère hygiène et sécurité.....	35
4.4.3	Indicateurs du critère juridique et réglementaire.....	35
4.4.4	Indicateurs du critère économique	35
4.4.5	Indicateurs du critère technique et normatif.....	37
4.5	Synthèse à date de l'étude de faisabilité EDF	38
5	Etude sur la faisabilité d'un stockage décentralisé CEA	39
6	Possibilité de stocker des déchets TFA dans des installations de stockage de déchets dangereux conventionnelles « ISDD »	40
6.1	Déchets actuellement concernés par le stockage en installation de stockage de déchets (ISD).....	40
6.1.1	Principe d'interdiction de stockage des déchets radioactifs en ISD (Installation de stockage de déchets)	40
6.1.2	Déchets à radioactivité naturelle acceptés en ISD	40
6.2	Principes d'acceptation des déchets SRON en ISDD.....	42
6.2.1	Schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire (SRADDET) et gestion des déchets	42
6.2.2	Principes de l'accueil de SRON en ISDD.....	42
6.3	Etat des lieux des ISDD accueillant des SRON	43

6.4	Perspectives.....	44
7	Synthèse - Conclusion.....	46
8	Références.....	48
9	Annexes.....	49

1 CONTEXTE - OBJET

1.1 La demande du PNGMDR 2022-2026

Le Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (PNGMDR) établit des actions dans l'objectif d'orienter la gouvernance des différentes filières de gestion des déchets radioactifs. Les actions du PNGMDR couvrant la période 2022-2026 sont déclinées par le décret n°2022-1547 du 9 décembre 2022 et son arrêté d'application du 9 décembre 2022 (dit arrêté « PNGMDR »).

Parmi les actions relatives à la gestion des déchets TFA, l'action TFA.03 du PNGMDR demande au CEA, à EDF, à Framatome et à Orano, en lien avec l'Andra, de poursuivre les études de faisabilité de solutions de stockage décentralisées des déchets TFA. Elle est détaillée ainsi :

« Le stockage de certains déchets radioactifs sur site ou à proximité des sites, notamment ceux en démantèlement qui produisent des quantités importantes de déchets TFA, pourrait être envisagé afin notamment de limiter les transports de déchets radioactifs en distance et en volume.

En application du précédent PNGMDR, le CEA, EDF, Framatome et Orano, en lien avec l'Andra, transmettront d'ici mi-2023 une étude sur la faisabilité de créer de telles installations décentralisées, intégrant une analyse comparée de l'impact sur l'environnement de cette modalité de gestion par rapport à un scénario d'envoi au Cires.

Cette étude sera complétée par l'analyse de la possibilité de stocker des déchets TFA dans des installations de déchets dangereux conventionnels. Pour cette étude, les acteurs de la gestion des déchets dangereux conventionnels seront approchés par l'Andra, en lien avec les producteurs de déchets, afin de définir les conditions techniques, économiques et sociétales d'acceptation de ces déchets dans de tels centres. [...]* »

Cette action s'inscrit dans le cadre de l'élaboration d'une stratégie industrielle globale des déchets TFA demandée à l'article D.542-86 du décret n°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. Cet article dispose ainsi :

« La gestion des déchets radioactifs de très faible activité fait l'objet d'une stratégie industrielle globale mise à jour régulièrement par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, en lien avec les producteurs de déchets, dans les conditions fixées par le plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs et par l'arrêté mentionné à l'article D. 542-74. Cette stratégie intègre une analyse des avantages et inconvénients des options possibles de gestion telle que prévue par l'article D. 542-76 et précise les coûts associés à chaque option envisagée. Elle tient compte du calendrier prévisionnel de déploiement des différentes options envisageables et préserve les capacités de stockage en prenant en considération les possibilités de densification des déchets stockés et de valorisation de certains types de déchets radioactifs de très faible activité.

Cette stratégie intègre, le cas échéant :

- l'extension des capacités de stockage existantes ;
- la création d'installations de stockage centralisées ;
- **le développement d'installations de stockage décentralisées ; [...]** »

Enfin, cette action est déclinée plus spécifiquement à l'article 16 de l'arrêté pris en application du décret n°2022-1547 du 9 décembre 2022 pris pour application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs :

*« Pour l'application de l'article D. 542-86 du code de l'environnement et de l'action nommée TFA.3 du PNGMDR, le CEA, EDF SA, Framatome et Orano, en lien avec l'Andra, transmettent d'ici le 30 juin 2023 une **étude sur la faisabilité de créer des installations de stockage décentralisées**, intégrant une **analyse comparée de l'impact sur l'environnement** de cette modalité de gestion **par rapport à un scénario d'envoi au Cires**, ainsi qu'une analyse relative à la **possibilité de stocker des déchets de très faible activité dans des installations de stockage de déchets dangereux.** »*

Le présent document constitue les éléments de réponse du CEA, d'EDF, de Framatome, d'Orano et de l'Andra, à la demande de l'article 16 de l'arrêté « PNGMDR ». Il comporte plusieurs parties permettant d'appréhender (i) le cadre réglementaire associé, les états d'avancement des démarches menées par (ii) Orano (démarche globale de recherche de sites appropriés puis de gisements permettant d'envisager un stockage décentralisé par (iii) EDF (étude d'un cas concret à partir d'un gisement existant) et par (iv) le CEA (analyse préliminaire), (v) l'état d'avancement de l'analyse quant à la possibilité de stocker des déchets TFA dans des installations de déchets dangereux conventionnels, et enfin (vi) la mise en perspective des prochaines étapes pour la poursuite de la démarche.

A noter que le nombre restreint de sites Framatome et les faibles gisements de déchets TFA associés, éligibles à un stockage décentralisé, n'ont pas justifié une étude spécifique de la part de l'exploitant.

Avant ces parties, il paraît opportun de présenter une synthèse du livrable du précédent PNGMDR en lien avec la demande pour en assurer la continuité avec les travaux d'étude du présent rapport.

1.2 Historique de la demande

La demande *supra* s'inscrit dans la continuité du premier rapport qui a été transmise en 2021 par le CEA, EDF, Framatome, Orano et l'Andra en réponse à l'article 26 de l'arrêté du 23 février 2017 pris en application du décret n°2017-231 du 23 février 2017 établissant les prescriptions du PNGMDR pour son édition 2016 – 2018.

Ce rapport d'étape de 2017 était constitué par la présentation de deux thèmes de travail :

- L'état d'avancement des études sur les principes de conception d'un stockage décentralisé. Une première approche générique, permettant de se rapprocher de concepts reconnus et éprouvés dans le domaine de la gestion des déchets conventionnels, a été menée par l'Andra. Ce travail a permis de tester la méthode en prenant des hypothèses sur les typologies et la radioactivité associée des déchets ou sur les caractéristiques du site d'implantation. Le rapport indiquait par ailleurs que la seconde étape consistait à décliner cette approche sur des cas concrets identifiés par les producteurs. Le présent document s'inscrit pleinement dans la présentation de cette seconde étape dans ses chapitres 3 et 4 pour des cas étudiés par EDF et Orano.
- La méthodologie de comparaison entre une solution de stockage décentralisé et la solution de stockage au Cires. En ce sens, le rapport présente le principe d'une analyse multicritères retenue pour comparer différents concepts de stockage voire différents lieux d'implantation de ces concepts, sur la base de critères couvrant les aspects économiques, hygiène et sécurité, environnementaux, juridiques, réglementaires, sociaux, politiques, techniques et normatifs. Afin de faciliter l'analyse et permettre une différenciation entre les différents concepts voire lieux d'implantation à comparer, les critères sont détaillés en 43 indicateurs dont la définition précise est donnée. Un système de pondération des critères et indicateurs, et de notation des critères et indicateurs est proposée pour l'évaluation des différents concepts voire lieux d'implantation les uns par rapport aux autres.

Enfin, le rapport ouvrait sur la possibilité de stocker des déchets TFA dans des installations de déchets dangereux conventionnels, ces travaux nécessitant des temps d'échanges et une analyse concertée avec les acteurs de la gestion des déchets dangereux conventionnels afin de définir les conditions techniques, économiques et sociétales d'acceptation de ces déchets dans de tels centres.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 5/48
--	---------------------------	----------------	-------------

2 CADRE REGLEMENTAIRE DE REFERENCE

Afin d'étudier les possibilités de la mise en œuvre d'une solution de stockage décentralisé de déchets radioactifs, il est nécessaire de recenser les exigences réglementaires existantes associées à la réflexion d'une telle démarche.

En conséquence, ce chapitre synthétise le cadre réglementaire actuel applicable à l'installation de stockage de déchets radioactifs TFA en exploitation, le Cires (ICPE), et aux installations de stockage de déchets conventionnels, en particulier les déchets dangereux et non dangereux (complété au §5).

Il est à noter que le corpus réglementaire présenté recense les principales exigences applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), qui ont vocation à structurer la démarche d'étude de faisabilité, notamment les principes de conception qui ont été étudiés.

En effet, l'étude de faisabilité de solutions de stockage décentralisées a eu pour champ d'investigation, les possibilités d'opérer un stockage de déchets radioactifs dont les valeurs d'activité radiologique massique seraient limitées, en première approche, à une plage d'acceptabilité sur la base par exemple de l'Indice Radiologique d'Acceptation en Stockage (IRAS).

Afin de définir des exigences adaptées et proportionnées aux enjeux des cas concrets identifiés, les principes du concept d'une solution de stockage décentralisée pour des déchets radioactifs tels que définis ci-dessus sont étudiés au regard des dispositions constructives du Cires de l'ANDRA pour les déchets radioactifs de catégorie TFA, et de ces mêmes dispositions pour les installations de stockage de déchets conventionnels (au sens non radioactifs).

2.1 Exigences relatives au stockage de déchets radioactifs TFA

2.1.1 Contexte particulier lié au stockage de déchets radioactifs

Conformément à l'article L.542-12 du code de l'environnement, « *L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, établissement public industriel et commercial, est chargée des opérations de gestion à long terme des déchets radioactifs, et notamment [...] : 5° De concevoir, d'implanter, de réaliser et d'assurer la gestion de centres d'entreposage ou des centres de stockage de déchets radioactifs compte tenu des perspectives à long terme de production et de gestion de ces déchets ainsi que d'effectuer à ces fins toutes les études nécessaires* ».

Les déchets sont catégorisés selon leur niveau de radioactivité et la période radioactive des radionucléides contenus. Les installations de stockage sont conçues, implantées et réalisées par rapport aux caractéristiques des déchets qui leur sont destinées. En ce sens, les deux installations de stockage actuellement en service sont destinées à recevoir des déchets de très faible activité (TFA-) au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires), et des déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) au centre de stockage de l'Aube (CSA). Le Cires répond à la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et le CSA est régi par la réglementation des installations nucléaires de base (INB).

2.1.2 Principales exigences réglementaires du Cires

Le Cires est une ICPE, soumise à autorisation, qui relève de la rubrique 2797 « *gestion des déchets radioactifs mise en œuvre dans un établissement industriel ou commercial* ». Les prescriptions générales applicables aux installations relevant de la rubrique 2797 sont fixées dans l'arrêté du 23 juin 2015 *relatif aux installations mettant en œuvre des substances radioactives, déchets radioactifs ou résidus solides de minerai d'uranium, de thorium ou de radium soumises à autorisation au titre de la rubrique 1716, de la rubrique 1735 et de la rubrique 2797 de la nomenclature des installations classées*.

Le Cires est actuellement autorisé à exploiter ses installations au titre de l'arrêté préfectoral n°2016-020-0003 du 20 janvier 2016.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 6/48
--	---------------------------	----------------	-------------

Les exigences rappelées ci-dessous concernent celles associées aux principes de conception des alvéoles de stockage des déchets TFA au Cires, dénommées « alvéoles de stockage », telles que précisées dans l'arrêté préfectoral du Cires du 20 janvier 2016 précité :

- Présence d'une barrière de sécurité passive qui assure à long terme la prévention de la pollution des sols, des eaux souterraines et de surface par les déchets et les lixiviats, par creusement des alvéoles dans la formation géologique argileuse de l'Aptien présentant une continuité de faciès et d'épaisseur et une faible perméabilité,
- Présence d'une barrière de sécurité active qui assure l'indépendance hydraulique des alvéoles, le drainage et la collecte des lixiviats. Elle est constituée :
 - D'une géomembrane,
 - D'un dispositif de drainage en fond d'alvéole, sur les flancs et à l'intérieur des alvéoles,
 - D'un réseau de collecte et de contrôle des lixiviats.
- Protection des alvéoles contre les intempéries pour leur creusement, exploitation et jusqu'à la mise en place d'une couverture,
- Mise en place d'une structure de couverture finale après fin d'exploitation d'un groupe d'alvéoles,
- Mise en place d'une surveillance environnementale post-exploitation d'au moins 30 ans après le dernier apport de colis de déchets.

D'autres exigences relatives à d'autres bâtiments ou d'autres activités hors stockage existent mais ne sont pas de premier ordre à ce stade pour déterminer la faisabilité ou non d'une solution de stockage décentralisée.

Les caractéristiques des dispositions de conception précitées sont indiquées dans le tableau suivant.

CIRES	
Dispositions	Caractéristiques
Barrière de sécurité passive (BSP)	<p>La BSP est située en fond et en flanc d'alvéole.</p> <p>Son épaisseur sous le fond des alvéoles est au minimum de 7 mètres. Elle doit être effective sur la totalité de l'encaissement après la prise en compte de tous les travaux d'aménagement pour la création des alvéoles.</p> <p>Sa perméabilité doit être inférieure ou égale à 1.10^{-9} m/s</p> <p>Hauteur maximale d'excavation dans la couche d'argile : 10 mètres.</p>
Barrière de sécurité active	<p>Géomembrane</p> <p>Présence d'une géomembrane manufacturée en PEHD ou équivalent compatible chimiquement avec les déchets stockés et mécaniquement acceptables au regard de la géotechnique du projet. Les lés de géomembranes contiguës sont raccordés entre eux de façon étanche par thermosoudage.</p> <p>Installation sur le fond et flanc de chaque alvéole.</p>
	<p>Dispositif de drainage en fond d'alvéole, sur les flancs et à l'intérieur des alvéoles</p> <p>Mise en place d'un dispositif de drainage en fond d'alvéole permettant de limiter la charge hydraulique sur la membrane à 30 cm et d'acheminer les lixiviats infiltrés au travers des déchets vers un ou deux points bas et permettant une reprise ultérieure.</p> <p>Il est composé de :</p>

CIREs	
Dispositions	Caractéristiques
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ D'un drain rectiligne permettant l'écoulement gravitaire vers un puits de contrôle et de collecte ➤ D'une couche drainante constitué de matériaux roulés non gélifs d'une perméabilité $< 1.10^{-4}$ m/s et d'une épaisseur de 0,30 m. ➤ D'une couche filtrante conçue de manière à éviter la migration de fines venant des déchets et ainsi le colmatage, surmontée d'une couche de grave de 0,15 m. <p>Ce dispositif doit fonctionner pendant la phase d'exploitation et pendant la phase de surveillance.</p>
Réseau de collecte et de contrôle des lixiviats	Un puits de contrôle et de collecte pour les alvéoles simples et deux pour les alvéoles doubles sont installés dans chaque alvéole de stockage dans lesquels doivent déboucher tous les tuyaux de drainage réalisés en fond d'alvéole.
Mise en place d'une couverture provisoire	La couverture provisoire est installée sur chaque alvéole de stockage avant enlèvement du bâtiment abri. Elle est constituée au moins d'une géomembrane supérieure étanche et d'un dispositif de protection de cette géomembrane contre les agressions liées à la météo (soleil, vent, ...).
Mise en place d'une couverture finale	La couverture finale est une structure multicouche composé de : <ul style="list-style-type: none"> - Une couche de forme permettant la pose d'une géomembrane - Une géomembrane de couverture étanche en PEHD d'épaisseur 2 mm - Un niveau drainant permettant la collecte des eaux infiltrées au travers des couches supérieures et leur orientation vers les réseaux de collecte connectés au bassin d'orage. - Une couche d'argile d'épaisseur de 1 m a minima avec une perméabilité de 1.10^{-9} m/s - Une couche de remblais argileux de protection contre l'érosion et les intrusions végétales et animales. - Une couche de terres végétales d'au moins 30 cm d'épaisseur.
Surveillance environnementale post-exploitation	Un programme de suivi post-exploitation d'une durée au moins égale à 30 ans après le dernier apport de colis de déchets destiné au stockage concerne notamment le suivi des eaux souterraines, les lixiviats, les eaux de rejets en sortie du bassin d'orage, etc..

Caractéristiques des dispositions de conception du CIREs

2.2 Exigences relatives au stockage de déchets conventionnels

Les déchets conventionnels sont des déchets qui peuvent appartenir à différentes catégories : déchets dangereux, déchets non dangereux dont les déchets inertes.

Aussi, les principes de conception et les exigences réglementaires associées varient en fonction de la catégorie de déchets, dans l'objectif de mettre en place des dispositions techniques et organisationnelles proportionnées aux risques et inconvénients induits par la nature du déchet. Les installations de stockage de ce type de déchets sont visées par les rubriques 2760 ou 3560 de la nomenclature des installations classées au sens du code de l'environnement. Ces rubriques visent les déchets non issus de l'industrie extractive, pour lesquels d'autres rubriques s'appliquent. Il est à noter également que les déchets radioactifs ne sont aujourd'hui pas acceptés dans ce type d'installation, exceptés ceux constitués par des matériaux à radioactivité naturelle renforcée et respectant des critères d'acceptabilité.

En fonction de la catégorie de déchets, les rubriques applicables sont :

Type de stockage	Intitulé de la rubrique principale
Stockage de déchets dangereux (ISDD)	2760-1 : installation de stockage de déchets dangereux autre que celle mentionnée au 2760-4 3540 : installation de stockage de déchet autre que celle mentionnée à la rubrique 2720 et 2760-3
Stockage de déchets non dangereux (ISDND)	2760-2 : Installation de stockage de déchets non dangereux autre que celle mentionnée au 2760-3 3540 : Installation de stockage de déchets autre que celle mentionnée à la rubrique 2720 et 2760-3
Stockage de déchets inertes (ISDI)	2760-3 : Installation de stockage de déchets inertes

Rubriques ICPE selon le type de stockage de déchets

En fonction des rubriques visées par la nature des déchets à mettre en installation de stockage, des exigences réglementaires sont définies par des arrêtés de prescriptions générales indiquées dans le tableau ci-après.

Rubrique	Prescription associées
2760-1	Arrêté du 30/12/02 modifié relatif au stockage de déchets dangereux Arrêté du 15/02/16 modifié relatif aux installations de stockage de déchets de sédiments (rubriques 2760-1 et 2760-2)
2760-2	Arrêté du 15/02/16 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux Arrêté du 15/02/16 modifié relatif aux installations de stockage de déchets de sédiments (rubriques 2760-1 et 2760-2) Arrêté du 27/11/18 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations de stockage de déchets non dangereux dans une implantation isolée telle que définie dans la directive 1999/31/CE relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2760-2a de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

Rubrique	Prescription associées
2760-3	<p>Arrêté du 12/12/14 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations du régime de l'enregistrement relevant de la rubrique n° 2760 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement</p> <p>Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées</p>

Prescriptions générales associées aux rubriques de stockage de déchets

Les principales exigences réglementaires qui sont présentées dans ce document sont celles relatives aux stockages de déchets dangereux et non dangereux en cohérence avec les caractéristiques des gisements de déchets identifiés :

Concernant les déchets non dangereux :

ISDND		
Disposition	Caractéristiques	
Barrière de sécurité passive (BSP)	Le fond d'un casier présente, de haut en bas, une couche géologique de perméabilité inférieure ou égale à 1.10^{-9} m/s sur au moins 1 mètre d'épaisseur et une couche de perméabilité inférieure ou égale à 1.10^{-6} m/s sur au moins 5 mètres d'épaisseur. Les flancs d'un casier présentent une perméabilité inférieure ou égale à 1.10^{-6} m/s sur au moins 1 mètre d'épaisseur	
Barrière de sécurité active	Géomembrane	Présence d'une géomembrane résistante aux sollicitations mécaniques, thermiques et chimiques pendant toute la durée d'exploitation et de suivi long terme.
	Dispositif de drainage en fond, sur les flancs des casiers de stockage	<p>En fond de casier, le dispositif d'étanchéité est recouvert d'une couche de drainage d'une épaisseur minimale de 50 centimètres, constituée d'un réseau de drains permettant l'évacuation des lixiviats vers un collecteur principal complété d'une structure granulaire artificielle ou naturelle dont la perméabilité est supérieure ou égale à 1.10^{-4} m/s. Cette couche de drainage résiste aux sollicitations mécaniques, thermiques et chimiques pendant toute la durée d'exploitation et de suivi long terme.</p> <p>Un géotextile anti-poinçonnant est intercalé entre la géomembrane et le matériau constitutif de la couche de drainage si celle-ci présente un risque d'endommagement de la géomembrane. Sur les flancs du casier, le dispositif d'étanchéité est recouvert de géotextile de protection ou de tout dispositif équivalent sur toute sa hauteur. Ce dispositif est résistant aux sollicitations mécaniques, thermiques et chimiques pendant toute la durée d'exploitation et de suivi long terme.</p>
	Réseau de collecte et de contrôle des lixiviats	L'installation est équipée d'un dispositif de collecte et de traitement des lixiviats de manière à prévenir la pollution des eaux superficielles et souterraines. Le fond de chaque casier est équipé d'un réseau de collecte gravitaire des lixiviats vers un puisard disposé en point bas. En cas d'impossibilité technique d'évacuation gravitaire, les lixiviats sont pompés puis rejetés dans le bassin de stockage de lixiviats. Dans ce cas, chaque système de collecte des lixiviats est équipé des dispositifs nécessaires au contrôle du bon fonctionnement des équipements de collecte et de

ISDND	
Disposition	Caractéristiques
	pompage et de leur efficacité pendant la période d'exploitation et de suivi long terme.
Mise en place d'une couverture finale	<p>La couverture finale est une structure multicouche composée de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Une couverture intermédiaire dont l'objectif est la limitation des infiltrations d'eaux pluviales et la limitation des émissions gazeuses. Cette couverture est constituée d'une couverture minérale d'épaisseur de 0,5 mètre constituée de matériaux inertes d'une perméabilité inférieure à 1.10^{-7} m/s ; ➤ Une couche d'étanchéité ; ➤ Une couche de drainage des eaux de ruissellement composée de matériaux naturels d'une épaisseur minimale de 0,5 mètre ou de géosynthétiques ; ➤ Une couche de terre de revêtement d'une épaisseur minimale d'un mètre.
Surveillance environnementale post-exploitation + surveillance des milieux	<p>Dès la fin de l'exploitation d'un casier, un programme de suivi post-exploitation est mis en place d'une durée de 20 ans, prolongeable de 5 ans sur décision de l'autorité après analyse des résultats de surveillance.</p> <p>A la fin la période post-exploitation, une période de surveillance des milieux est opérée pendant 5 ans afin de vérifier l'absence de dégradation des milieux.</p>

Principales dispositions et caractéristiques pour les ISDND

Concernant les déchets dangereux :

ISDD		
Disposition	Caractéristiques	
Barrière de sécurité passive (BSP)	<p>La BSP est constituée soit du terrain naturel en l'état, soit du terrain naturel remanié d'épaisseur minimum 5 mètres sur le fond et les flancs. La perméabilité de cette formation géologique est inférieure ou égale à 1.10^{-9} m/s.</p> <p>Lorsque la BSP est reconstituée à partir de matériaux fabriqués, une étude doit démontrer la tenue des exigences de perméabilité et d'épaisseur équivalentes aux performances énoncées ci-avant.</p>	
Barrière de sécurité active	Géomembrane	Présence d'une géomembrane résistante aux sollicitations mécaniques, thermiques et chimiques des déchets stockés.
	Dispositif de drainage en fond, sur les flancs des casiers de stockage	<p>Le réseau de drainage de fond comprend un ou plusieurs drains par casier.</p> <p>Le système drainant de fond est conçu de sorte que la charge hydraulique s'exerçant sur la géomembrane ne puisse dépasser 30 centimètres. Il se compose, à partir du fond de l'installation de stockage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ D'un réseau de drains permettant l'évacuation des lixiviats vers un collecteur principal ; ➤ D'une couche drainante composée de matériaux de nature non évolutive dans les conditions d'emploi et d'une perméabilité supérieure à 1.10^{-4} m/s, préalablement lavés, d'une épaisseur minimale de 50 centimètres par rapport à la perpendiculaire de la pente ;

ISDD	
Disposition	Caractéristiques
	<p>➤ D'une couche filtrante. Cette couche est dimensionnée de manière à filtrer le passage vers la couche drainante des éléments fins de déchets ou de tout autre matériau qui peuvent pénétrer la couche drainante et de ce fait gêner le passage et l'écoulement des lixiviats.</p> <p>Une protection particulière est intégrée entre la géomembrane et les éléments du système drainant. La stabilité à long terme de l'ensemble mis en place doit être assurée. Les flancs de l'installation de stockage doivent aussi être équipés d'un dispositif drainant adapté facilitant le cheminement des lixiviats vers le drainage de fond.</p> <p>Dans le cas d'alvéoles superposées, des dispositifs permettant de rabattre les lixiviats vers le fond du site doivent être mis en place. Des structures drainantes intermédiaires sont installées au sein de la masse des déchets pour diriger tout lixiviat vers le fond du site.</p>
Réseau de collecte et de contrôle des lixiviats	<p>Le ou les collecteurs principaux de l'installation de stockage dirigent en permanence et si possible de façon gravitaire les lixiviats vers le bassin de stockage.</p> <p>En cas d'impossibilité technique d'évacuation gravitaire, les lixiviats arrivent dans un ou plusieurs puisards largement dimensionnés et étanches d'où ils sont pompés automatiquement pour être rejetés ensuite vers le bassin de stockage. Les dimensions des puisards sont calculées en tenant compte d'une charge hydraulique maximale de 30 centimètres en fond de site et d'un pompage automatisé des lixiviats.</p>
Mise en place d'une couverture finale	<p>Une couverture finale est mise en place pour empêcher l'infiltration d'eau de pluie ou de ruissellement vers l'intérieur de l'installation.</p> <p>La couverture finale présente une pente d'au moins 5 % et doit être conçue de manière à prévenir les risques d'érosion et à favoriser l'évacuation de toutes les eaux de ruissellement vers le fossé extérieur de collecte. La couverture a une structure multicouche et comprend au minimum (du haut vers le bas) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Une couche d'au moins 30 centimètres d'épaisseur de terre arable végétalisée, permettant le développement d'une végétation favorisant une évapo-transpiration maximale ; ➤ Un niveau drainant d'une épaisseur minimale de 0,5 m et d'un coefficient de perméabilité supérieur à 1.10^{-4} m/s dans lequel sont incorporés des drains collecteurs. Ces prescriptions pourront être adaptées en fonction de la spécificité du site ; ➤ Un écran imperméable composé d'une géomembrane et d'une couche de matériaux d'au moins 1 mètre d'épaisseur, caractérisé par un coefficient de perméabilité au maximum de 1.10^{-9} m/s; ➤ Une couche drainante permettant la mise en dépression du stockage
Surveillance environnementale post-exploitation + surveillance des milieux	<p>Un programme de suivi post-exploitation d'une durée au moins égale à 30 ans après le dernier apport de déchets destinés au stockage concerne notamment le suivi des eaux souterraines, les lixiviats, les eaux de rejets en sortie du bassin d'orage, etc..</p>

Principales dispositions et caractéristiques pour les ISDD

3 ETUDE DE FAISABILITE D'UN STOCKAGE DECENTRALISE ORANO

3.1 Introduction

Orano a poursuivi la réflexion initiée au cours du précédent PNGMDR, pour se prononcer sur les besoins et la faisabilité d'implantation d'un concept de stockage de certaines catégories de ses déchets sur un site Orano.

L'étude de faisabilité menée a ainsi pour objectif d'apporter les éléments de réponse aux premières conditions techniques et environnementales à satisfaire en vue de la poursuite d'un tel projet, et d'en évaluer le coût de revient :

- Se positionner sur les possibilités d'accueil d'un stockage de déchets sur un site Orano (ou à proximité immédiate d'un site Orano) au regard de son environnement,
- Définir les principales caractéristiques physiques, chimiques et radiologiques des déchets qui seraient destinés à un stockage sur site,
- Estimer le gisement des déchets qui répondent à ces caractéristiques, préciser les flux de production et les éventuelles contraintes d'exploitation qui en résultent,
- Déterminer les principales caractéristiques techniques et fonctionnelles d'un concept de stockage adapté au gisement et aux caractéristiques des déchets retenus,
- Définir les possibilités d'implantation d'un tel concept de stockage sur le site retenu ou à proximité immédiate de celui-ci,
- Évaluer le coût prévisionnel du concept de stockage sur site retenu.

Les aspects techniques et environnementaux analysés par la présente étude de faisabilité constituent le premier palier de conditions à satisfaire avant d'évaluer d'autres paramètres décisionnels en lien avec les critères établis et présentés dans la méthodologie de comparaison des options de stockage dans le précédent PNGMDR : le volet juridique et réglementaire de création et d'exploitation d'une installation de stockage décentralisée, l'acceptation sociétale et politique d'implantation d'un tel stockage, le critère de santé publique – sécurité – sûreté, les données stratégiques d'une telle solution de gestion de déchets.

L'évaluation du coût prévisionnel d'investissement et de fonctionnement du concept de stockage retenu dans le cadre de cette réflexion permet d'apprécier sa compétitivité économique, au regard des montants connus du stockage au CIREs pour ce type de déchets (conditionnement, transport et redevance de stockage).

Dans les paragraphes suivants sont présentées la réflexion menée et les conclusions tirées de cette étude de faisabilité technique et environnementale d'un stockage décentralisé de déchets Orano.

3.2 Sélection du site d'accueil Orano

Les critères retenus pour sélectionner le lieu d'étude pour la faisabilité d'implantation d'une installation de stockage de certaines catégories de déchets sont :

- Un site industriel Orano sur lequel des installations nucléaires sont exploitées, ou la proximité immédiate avec un tel site,
- Un site implanté sur des sols qui présentent les meilleures propriétés sur le plan géologique et hydrogéologique avec un concept de stockage semi-enterré,
- Un site qui dispose à terme d'un gisement potentiel de déchets dont les caractéristiques chimiques et radiologiques seraient compatibles avec un concept de stockage sur site.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 13/48
--	---------------------------	----------------	--------------

Ainsi parmi les sites Orano avec des installations nucléaires exploitées (La Hague, Tricastin, Triade, Marcoule-Mélox, Malvési, Bessines), le site Orano La Hague est celui qui présente les meilleurs éléments de réponse à ces critères :

- Les propriétés de ses sols sont parmi les plus favorables, avec celles du site Orano Malvési.
- L'opportunité à terme d'un gisement potentiel de déchets compatibles est la plus importante, devant le site Orano Tricastin dont les caractéristiques hydrogéologiques sont moins favorables.

Concernant le site Orano Malvési, il faut noter que d'autres études et investigations sont en cours afin d'évaluer la faisabilité des options de stockage envisagées pour permettre la mise en œuvre de solutions de gestion définitive pour les déchets radioactifs à l'issue de leur entreposage dans l'INB ECRIN. Ces études sont décorréliées de la présente étude de faisabilité, car répondant à des caractéristiques de déchets différentes, et donc à un concept de stockage éloigné de celui envisagé avec l'ANDRA dans le cas présent.

Les sites de Melox (à proximité du site CEA de Marcoule) et Triade (ICPE à proximité du site Orano Tricastin) ne sont pas retenus car ils ne possèdent pas de surfaces suffisantes pour l'implantation d'un concept de stockage, n'ont pas de gisement potentiel intéressant de déchets aux caractéristiques requises, et présentent des propriétés hydrogéologiques de leurs sols peu favorables.

Le site Orano La Hague est retenu pour poursuivre la réflexion d'implantation d'un concept de stockage de certains déchets dont les caractéristiques sont précisées dans le paragraphe suivant.

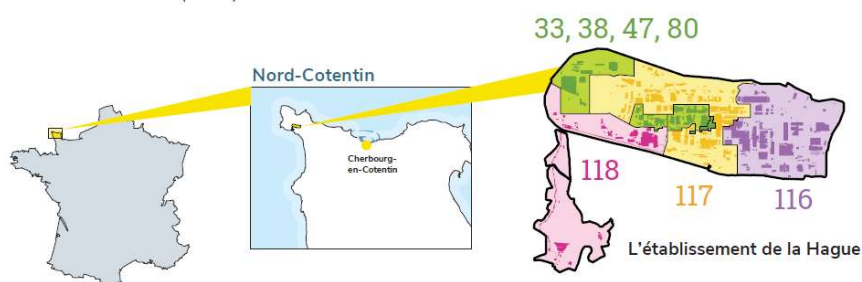


Figure 9 : Localisation du site Orano la Hague



© Jean-Marie Taillat / Orano

Vue aérienne de l'établissement de la Hague depuis l'Est

3.3 Caractéristiques des déchets retenus

Les caractéristiques des déchets retenus pour étudier la faisabilité d'un concept de stockage qui pourrait être implanté sur le site retenu d'Orano La Hague, ont été définies en cohérence avec les hypothèses prises par l'ANDRA dans l'étude pour la définition d'un concept de stockage générique décentralisé, présentée et partagée en réunion du groupe de travail PNGMDR ANDRA-CEA-EDF-Framatome-Orano en novembre 2020.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 14/48
--	---------------------------	----------------	--------------

Sur le plan physico-chimique, les caractéristiques initiales retenues sont :

- Des déchets qualifiés d'inertes au sens de l'article R541-8 du Code de l'environnement, tels que le béton, les gravats, la tuile, le verre, ou la brique,
- Des éléments métalliques accompagnant des déchets béton, qui entrent dans la catégorie des « déchets non dangereux » au sens du même article du Code de l'environnement.

Les caractéristiques radiologiques retenues initialement pour ces déchets sont :

- Des déchets avec un spectre radiologique « aval du cycle du combustible », correspondant aux déchets du site Orano de La Hague,
- Une valeur d'Indice Radiologique d'Acceptation au Stockage (IRAS) inférieure ou égale à 0,01.

Sur la base de ces premières spécifications physico-chimiques et radiologiques, une première estimation de la quantité de déchets a été réalisée.

Au regard d'un gisement de déchets correspondants relativement limité (quelques milliers de tonnes) et qui serait produits sur une durée relativement longue (plusieurs dizaines d'années), Orano a proposé dans le cadre de cette étude réalisée avec l'ANDRA, d'étendre les spécifications de déchets aux natures et caractéristiques suivantes :

- Des terres, lorsqu'elles s'inscrivent dans un scénario de gestion par excavation dans un projet d'assainissement des sols,
- Une valeur d'IRAS inférieure ou égale à 0,1.

Ce second jeu de critères a permis de franchir un seuil en dessous duquel il ne semblait pas opportun de poursuivre la réflexion de création d'un concept de stockage décentralisé.

Les quantités et flux de déchets correspondants à chaque jeu de critères sont détaillés dans le paragraphe suivant.

Les déchets retenus pour poursuivre la réflexion d'implantation d'un concept de stockage en évaluant le gisement et le flux correspondants, sont majoritairement des déchets inertes au sens du Code de l'environnement, avec quelques déchets métalliques non dangereux pouvant accompagner des bétons, et un spectre radiologique « aval du cycle du combustible » avec un IRAS inférieur ou égal à 0,1.

3.4 Gisement et flux des déchets

Cette étape de la réflexion consiste à évaluer la quantité de déchets en réponse aux natures et caractéristiques retenues, de façon à dimensionner le concept de stockage et préciser le flux sur la période considérée de façon à définir les principales conditions et contraintes d'exploitation.

Sur la base du premier jeu de critères physico-chimiques et radiologiques, en est ressortie une quantité de déchets de l'ordre de 7 000 tonnes qui serait produite jusqu'en 2050.

Au regard de cette quantité relativement modeste, du flux de ce gisement dont une partie serait disponible avant que le stockage sur site ne puisse être opérationnel, le complément étant produit sur une trentaine d'année, il en résulte deux principales contraintes de conception et d'exploitation :

- Disposer d'une capacité d'entreposage de déchets en attente de la mise en service de l'installation de stockage sur site,
- Prévoir une conception modulaire du stockage pour s'adapter aux deux principaux flux du gisement, ou une phase de fonctionnement du stockage de capacité totale interrompue par une période de mise en veille dans l'attente d'une quantité de déchets suffisante pour un fonctionnement opérationnel.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 15/48
--	---------------------------	----------------	--------------

Périodes	En 2022	2023 2025	2026 2030	2031 2035	2036 2040	2041 2045	2046 2050	2051
Tonnage par période	1 500	1 000	1 400	1 000	500	200	1 200	-
Total cumulé	1 500	2 500	3 900	4 900	5 400	5 600	6 800	-
Phasage 1	Création partielle			Fonctionnement		Extension de capacité	Fonctionnement	Arrêt
Phasage 2	Création complète			Fonctionnement	Interruption			

Flux de déchets répondant au premier jeu de caractéristiques et phases de l'installation

Ces contraintes, associées à une quantité de déchets relativement modeste et en dessous d'un seuil à partir duquel il ne semblait pas opportun de poursuivre la réflexion, ont justifié de prendre en considération des natures et propriétés de déchets moins restrictives, correspondant au second jeu de caractéristiques physico-chimiques et radiologiques (intégration du gisement de terres excavées et augmentation de l'IRAS à 0,1).

Le second gisement établi sur ces caractéristiques de déchets donne une quantité de déchets de l'ordre de 40 000 tonnes qui serait produite jusqu'en 2070.

Cette quantité apporte plus d'intérêt et de robustesse à l'implantation d'un stockage sur site, sans toutefois garantir un fonctionnement continu de cette installation pendant toute la période, compte tenu du flux de déchets relativement modeste sur la période 2031-2065 avec seulement 7 000 tonnes de déchets. Cela entraînerait soit une conception à capacité totale avec une interruption de fonctionnement (Phasage 1) en vue d'une reprise à un horizon 2065-2070, soit un arrêt définitif (Phasage 2) avec un gisement qui serait limité à environ 34 000 tonnes, soit une conception modulaire avec une première capacité à environ 34 000 tonnes, puis une extension pour 7 000 tonnes de déchets supplémentaires avec une période complémentaire de fonctionnement à horizon 2065-2070 (Phasage 3).

Périodes	En 2022	2022 2025	2026 2030	2031 2035	2036 2040	2041 2045	2046 2050	2051 2055	2056 2060	2061 2065	2066 2070	2071
Tonnage par période	5 000	21 200	6 000	900	500	100	1 200	700	1 900	1 700	900	-
Total cumulé	5 000	26 200	32 600	33 500	34 000	34 100	35 300	36 000	37 900	39 600	40 500	-
Phasage 1	Création à capacité nominale			Fonc	Interruption						Fonc.	Arrêt
Phasage 2					Arrêt							
Phasage 3	Création pour une première capacité			Fonc	Arrêt					Extension de capacité	Fonc.	Arrêt

Flux de déchets répondant au second jeu de caractéristiques et phases de l'installation

Le gisement et le flux de déchets retenus pour poursuivre la réflexion d'implantation d'un concept de stockage sur site correspondent à une quantité de l'ordre de 34 000 tonnes qui serait disponible à l'horizon 2030, ou 40 000 tonnes à l'horizon 2070, avec une majorité (environ 33 000 tonnes) constituée avant la mise en service de cette installation, entraînant soit un arrêt anticipé fin 2035, soit une période fonctionnement de 2030 à 2070 interrompue entre 2036 et 2065.

A ce stade de la réflexion, il est considéré que le scénario d'une conception modulaire du stockage avec une première capacité de l'ordre de 34 000 tonnes, suivie d'une extension de 7000 tonnes, partage les principales caractéristiques de conception et conditions générales associées à ces deux capacités.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 16/48
--	---------------------------	----------------	--------------

3.5 Concept de stockage envisagé et conditions générales associées

Le concept de stockage envisagé est un stockage semi-enterré et en tumulus, avec une hauteur de 6 à 10 m de déchets (respectivement pour le stockage à 7000 t et 40 000 t), avec une hypothèse de densité de déchets stockés en vrac de 1 t/m³.

Une barrière passive de 1 m est reconstituée par de l'argile, sur laquelle est apportée une barrière de sécurité active (complexe géosynthétique / géomembrane avec couche de drainage en fond de casier).

Une couverture en multicouche d'une hauteur de 2 m est mise en place pour le réaménagement.

Des fonctions annexes sont mobilisées (réseau de collecte des eaux pluviales, voies d'accès...) et une plateforme pour la gestion des eaux et lixiviats mise en place.

Les principales caractéristiques techniques du concept de stockage sont indiquées dans le tableau suivant.

Capacités de stockage	7 000 m ³	40 000 m ³
Principales caractéristiques		
Alvéole de stockage		
Hauteur de déchets	6 m	10 m
Profondeur de déchets / Terrain Naturel	3 m	5 m
Hauteur de couverture	2 m	2 m
Hauteur de Talus / Terrain Naturel	5 m	7 m
Longueur de Talus	6 m	10 m
Emprise de stockage (hors équipements connexes)	3 000 m ²	8 000 m ²
Equipements connexes		
Emprise au sol des bassins de collecte et de traitement des lixiviats	316 m ²	814 m ²
Emprise au sol du bassin Eaux Pluviales et Eaux Souterraines	424 m ²	868 m ²
Emprise au sol des pistes	607 m ²	987 m ²
Emprise totale de l'installation de stockage	4 400 m ²	11 500 m ²
Autres paramètres		
Volume à terrasser	5 873 m ³	27 423 m ³
Surface de couverture	3 434 m ²	8 652 m ²

Principales caractéristiques techniques du concept de stockage

Le schéma de principe du concept de stockage est présenté ci-dessous.

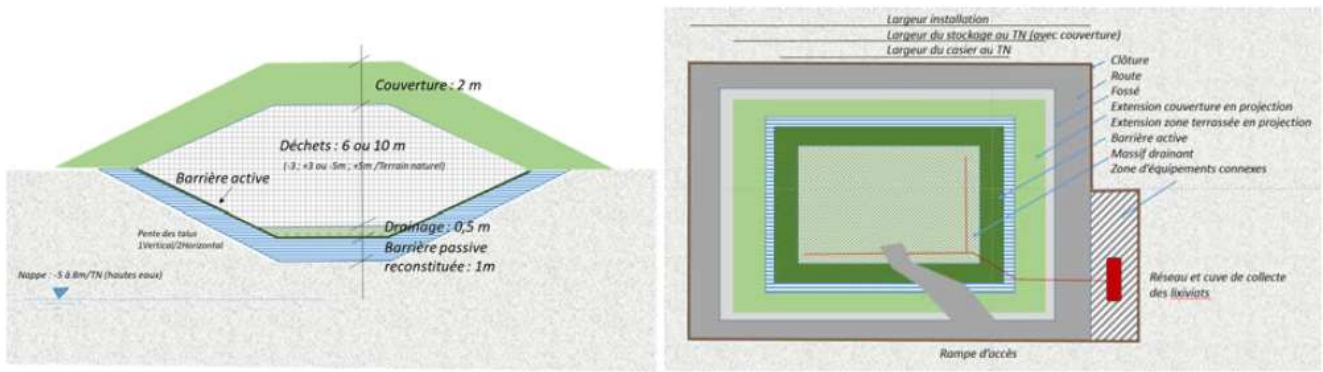


Schéma de principe du concept de stockage – Vue en coupe et en plan

Compte tenu de la nature et de l'activité radiologique des déchets admis, le stockage de déchets envisagé relèverait de la réglementation des Installations Classées pour le Protection de l'Environnement soumis à un régime d'autorisation. Les principes retenus pour la gestion des déchets sont :

- Les déchets sont stockés en vrac sans conditionnement, sans utilisation de dameuse entre les couches de déchets.
- Le fonctionnement est à ciel ouvert.
- Les déchets sont acheminés directement vers le stockage, depuis leur(s) zone(s) d'entreposage pour les déchets produits avant la mise en service, puis depuis leurs lieux de production.
- Pendant l'éventuelle interruption de fonctionnement du stockage, une couverture est mise en place.

Pour évaluer la temporalité de ce projet, les principales échéances ont été estimées avec une durée raisonnable, assortie d'une incertitude, présentée ci-après.

Phases	Durée	Incertitude	Echéances	
			Hors incertitude	Toutes incertitudes
Acceptabilité du principe de stockage décentralisé dans le PNGMDR	-	Prochain PNGMDR	T0 = 2024	T0 = 2027
Décision de lancement	-	1 an	2024	2028
Etudes techniques	3 ans	2 ans	2026	2032
Processus administratif d'autorisation	2 ans	1 an	2028	2035
Construction	1 an	-	2029	2036
Mise en service	-	-	2030	2037
Arrêt définitif et fermeture	2050 ou 2070 selon la capacité retenue			
Surveillance	30 ans de surveillance après fermeture			

Temporalité du projet de stockage décentralisé

L'échéance prévisionnelle d'une mise en service au plus tôt en 2030 confirme la nécessité d'entreposage pour environ 33 000 tonnes de déchets qui seront produites avant ce jalon. Avec les incertitudes, une mise en service à horizon 2037 augmenterait sensiblement cette capacité d'entreposage (+1 000 tonnes), mais pourrait permettre d'envisager une phase de fonctionnement non interrompue jusqu'en 2050 ou 2070 selon la capacité retenue (7 000 ou 40 000 m³).

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 18/48
--	---------------------------	----------------	--------------

3.6 Conditions d'implantation du stockage

3.6.1 Lieu d'implantation du stockage décentralisé

Le site de stockage sera implanté préférentiellement à l'intérieur de l'emprise du Site Orano La Hague, de façon à pouvoir bénéficier de mutualisation de fonctions accessibles au sein du périmètre des INB du site (énergie, eau, réseaux EP, etc.). Ceci permet également de simplifier les démarches réglementaires, tout en réduisant les coûts vis-à-vis d'infrastructures propres. De plus, cette implantation présente l'avantage de lui faire bénéficier des fonctions régaliennes du site qui resteront actives durant toute la durée de vie de l'exploitation et de la surveillance du stockage décentralisé (soit un horizon 2080 ou 2100), que sont les accès, la surveillance et la protection physique.

Outre l'absence de mutualisation de fonctions, les implantations potentielles en dehors du site Orano La Hague se heurtent à plusieurs difficultés :

- Conflit d'usage puisque qu'un grand nombre de parcelles du foncier Orano sont exploitées pour des activités agricoles ou d'élevage ;
- Accessibilité et aménagement rendus complexes par un relief accidenté ;
- Présence de zones humides au nord du site ou de zones de compensation écologiques vis-à-vis de projets implantés ou projetés sur le site (cf. parcelles au nord du site dans le contexte du projet d'entreposage centralisé des combustibles usés d'EDF).

Une implantation à l'intérieur du site est donc à rechercher en priorité.

3.6.2 Propriétés géologiques et hydrogéologiques

La conception d'un stockage repose généralement sur la capacité naturelle de confinement du milieu : il s'agit de s'assurer que le contexte géologique et hydrogéologique du site peut naturellement garantir ce confinement, ou si des dispositions constructives doivent venir compenser les faiblesses de certaines caractéristiques.

Les variables d'importance à analyser sont :

- Stratigraphie,
- Perméabilité,
- Sismicité,
- Composition du milieu (contexte chimique et géochimique, minéralogie, teneurs en matière organique, granulométrie...),
- Description de la zone non-saturée et de la zone saturée (profondeur et localisation, perméabilité intrinsèque...),
- Variables d'écoulement (débit, flux, volumétrie),
- Propriété de transport (dispersion, coefficient de diffusion),
- Composition de la phase liquide (radionucléides existants à l'état initial, Potentiel redox, pH, force ionique et concentration des espèces solubilisées).

Tous ces paramètres n'ont pas été consolidés à ce stade, mais les principaux sont aujourd'hui connus pour le site d'étude : la stratigraphie, la perméabilité, la composition du milieu et la description des zones non saturée et saturée, sont rassemblées ci-après dans la description des contextes géologiques et hydrogéologiques.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 19/48
--	---------------------------	----------------	--------------

Géologie

Les principales formations rencontrées au droit de l'Établissement d'Orano sont les suivantes (du bas vers le haut) :

- Le substratum : pour la zone étudiée le substratum est composé de schistes à calymènes tristani qui occupent la majeure partie de la zone. Ils sont remplacés vers le Nord par des formations plus gréseuses (grès armoricains et grès feldspathiques). Globalement, le substratum est constitué de formations plissées et fracturées, et l'orientation actuelle des strates sédimentaires est subverticale dans les premières dizaines de mètres du sous-sol.
- Les formations d'altérations du substratum rocheux sous-jacent :
 - Des argiles à blocs lorsque le substratum est un schiste,
 - Des sables plus ou moins argileux, après altération d'un substratum de grès ou grès schisteux.
- Les formations superficielles quaternaires : pour le secteur d'étude, on retrouve (du haut vers le bas) :
 - Des limons des plateaux éoliens LP (formations d'origine lœssiques meubles), dont l'épaisseur est indiquée comme variant de l'ordre du mètre à plusieurs mètres.
 - Des formations de type Head : dépôt de solifluxion constitué d'une matrice d'argile silteuse contenant des blocs de quartzites et des structures de décoloration.

Les essais de perméabilité disponibles dans les schistes du secteur d'étude indiquent des terrains peu perméables (10^{-9} à 10^{-7} m/s). Les valeurs de perméabilité de ces formations peuvent être hétérogènes car dépendantes du niveau de fracturation, du degré d'altération des fractures (présence d'argile) et des interconnexions éventuelles des réseaux de fissures.

Cette donnée conduit à un concept intégrant un apport externe de matériaux argileux sur 1 m pour renforcer la barrière passive, à adapter suivant le lieu d'implantation précis envisagé à la suite des fortes variations spatiales de perméabilité des matériaux altérés en surface, et des mouvements tectoniques potentiels liés à la présence de failles au droit du site Orano.

Hydrogéologie

Les formations géologiques présentes au droit du site sont peu perméables, cependant des écoulements souterrains y ont été relevés depuis le début d'aménagement du site. Les eaux souterraines circulent à la faveur des fissures et autres discontinuités se développant dans le substratum.

L'absence de formation peu perméable continue au-dessus du substratum de roches saines fait que la nappe est considérée comme libre. Des indices de semi-captivité peuvent être rencontrés en fonction du contexte local.

La nappe est alimentée par l'infiltration des précipitations efficaces. Le site Orano bénéficie en effet d'une pluviométrie abondante, de plus de 920 mm/an en moyenne.

Sur la base d'une cote plateforme estimée en moyenne à 178 NGF au droit du PAA, les profondeurs de la nappe sont de :

- Entre 5 et 15 m environ en période de nappe « haute » ;
- Entre 12 à 17 m environ en période de nappe « basse ».

Les données de suivi du niveau de la nappe effectué par Orano, permettent de constater un cycle saisonnier très marqué.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 20/48
--	---------------------------	----------------	--------------

3.6.3 Risques particuliers

Eaux superficielles : risque d'inondation

Les données météorologiques ont été collectées sur le site de Météo France, à la station la plus proche du site (station de Gonneville située à environ 15 km à l'Est du site de La Hague) :

- Précipitations : Les hauteurs de précipitations cumulées moyennes annuelles sont de l'ordre de 920 mm. Ces précipitations sont homogènes sur l'année avec un maximum en décembre (114 mm) et un minimum en juillet (46 mm) ;
- Température : La moyenne annuelle des températures calculée sur la période de 1981 à 2010 est de 10,7 °C ;
- Direction des vents : la direction préférentielle des vents est dirigée vers le Sud-sud-ouest. Ces vents favorisent la dispersion atmosphérique. Les vents soufflent en moyenne à 5 m/s, avec des vitesses de vents majoritairement comprises entre 1,5 et 8m/s (90% des valeurs observées).

Au regard de ces données, une forte quantité d'eau est susceptible de pénétrer dans les sols pouvant ainsi favoriser la lixiviation de composés chimiques et radiologiques présents dans les tranches superficielles et plus profondes des sols.

Biodiversité : présence d'espèces protégées

Plusieurs études de biodiversité réalisées sur l'ensemble du site et sur certaines zones en particulier ont mis en évidence des enjeux réglementaires concernant les espèces végétales, les oiseaux, les mammifères et les amphibiens, avec la mise en évidence d'un certain nombre d'espèces protégées. La mise en œuvre de tout projet industriel sur le site nécessitera la mise en place de mesures ERC (éviter, réduire, compenser) adaptées et de suivis d'efficacité immédiats et réguliers de ces mesures.

En synthèse, les caractéristiques intrinsèques du milieu induisent plusieurs contraintes de conception / construction pour l'implantation d'un stockage de déchets TFA sur le site Orano de La Hague :

- **Un apport de matériaux argileux (épaisseur de 1 m),**
- **Une conception devant intégrer les caractéristiques de la nappe, qui présente une forte variabilité saisonnière pouvant remonter jusqu'à 5 m de profondeur, et les conditions météorologiques locales (notamment vis-à-vis du risque inondation),**
- **La présence d'espèces protégées nécessitant des mesures ERC avant toute implantation.**

3.7 Vérification de la compatibilité d'implantation sur le site retenu

Cette étape de l'étude de faisabilité a pour objectif d'identifier sur le site Orano La Hague, les potentielles zones d'accueil du concept de stockage proposé qui répondent aux conditions prescrites, en vue de réaliser une campagne d'investigations de ces sols pour affiner localement leurs caractéristiques, et vérifier leur compatibilité avec les exigences prescrites dans l'étude ANDRA.

Un programme de caractérisation des sols a ainsi été établi pour consolider les paramètres géologiques, hydrogéologiques, et de perméabilité des terrains de ces zones potentielles d'accueil :

- Côte(s) du terrain NGF,
- Types et épaisseurs des formations rencontrées (surface, sous-sol, substratum),
- Côte(s) NGF du toit du substratum,
- Profondeurs de nappe haute et basse,
- Perméabilité des terrains : substratum, et en option tous les 1m des couches supérieures au substratum,

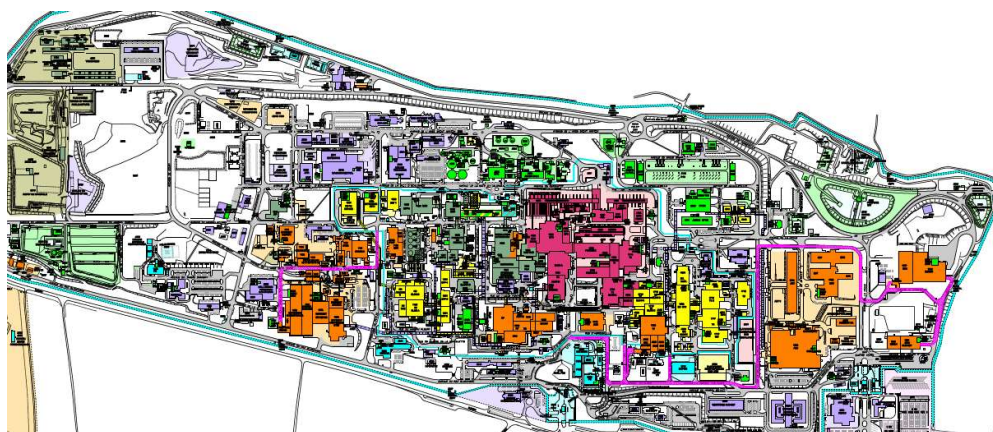
PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 21/48
--	---------------------------	----------------	--------------

- Caractéristiques physico-chimiques des couches supérieures pour vérification des critères d'acceptation en ISDI (pack ISDI des terres qui seraient excavées)

La recherche de zones potentielles d'accueil à l'intérieur de la clôture du site Orano La Hague a été réalisée avec les deux paramètres suivants :

- Une emprise au sol minimale de 11 500 m²,
- Une hauteur finale de talus de +7m par rapport au terrain naturel.

L'ensemble des zones à l'intérieur du site Orano La Hague a été scruté pour identifier les parcelles qui répondent à ces critères, en tenant compte des activités existantes (installations en fonctionnement ou en démantèlement) et des différents projets d'implantation de nouvelles activités industrielles sur le site, dont l'entreposage de combustibles usés.



Implantation générale des installations sur le site Orano La Hague

De cette recherche exhaustive, il en ressort qu'il n'y a pas de parcelle aux dimensions requises qui soit actuellement disponibles à court terme pour l'implantation du concept de stockage sur le site Orano La Hague.

Les zones qui deviendront disponibles à moyen terme sont celles sur lesquelles des opérations de RCD ou d'assainissement sont en cours :

- Zone Nord-Ouest - Silo 130 : avec une fin des opérations de RCD à horizon 2045, cette échéance est incompatible avec le gisement des déchets concernés par un stockage sur site dont la chronique est principalement avant 2030 ;
- Zone du Bâtiment AT1 : ce bâtiment est en cours de déclassement, avec une partie qui est actuellement réutilisée pour des activités non nucléaires en lien avec le démantèlement. Ce bâtiment occupe par ailleurs une situation stratégique centrale sur le site, à réserver pour des activités industrielles futures en lien avec le recyclage de combustibles.

Face à ce constat, il a été décidé d'étendre la recherche de zones potentielles d'implantation à la proximité immédiate de ce site.

Cette recherche étendue a mis en exergue :

- La présence des zones réservées au titre de la compensation écologique en vue des futurs projets sur site (étude menée en 2022 pour le projet de construction de piscine de combustibles usés EDF),
- La nature marécageuse des terrains situés au Nord, qui rend difficile l'implantation d'un concept de stockage,
- Les potentielles difficultés d'acceptabilité sociétale d'une installation de stockage en dehors du site,
- Les contraintes supplémentaires apportées par les transports, la gestion et la surveillance d'une installation implantée hors site.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 22/48
--	---------------------------	----------------	--------------

Ces fortes contraintes n'ont pas permis de retenir une zone d'implantation potentielle à proximité immédiate du site Orano La Hague.

Compte tenu de l'indisponibilité de parcelles aux dimensions requises à l'intérieur du site Orano La Hague, et des incompatibilités avec une éventuelle implantation à proximité immédiate de ce site, la campagne d'investigation des sols d'une zone d'accueil potentielle pour confirmer des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques compatibles avec les exigences d'un concept de stockage d'une certaine catégorie de déchets, n'a pas été pas engagée.

3.8 Analyse technico-économique

En complément de la réflexion menée sur les besoins et la faisabilité d'implantation d'un concept de stockage de certaines catégories de ses déchets sur un de ses sites, Orano en collaboration avec l'ANDRA, a réalisé l'analyse technico-économique d'une telle solution, dans le but de préciser les principaux paramètres et conditions qui régissent sa compétitivité économique au regard de la solution de référence du stockage centralisé.

Cette analyse s'appuie sur le modèle d'estimation des coûts d'un stockage décentralisé développé par l'ANDRA, qui intègre les coûts de construction (CAPEX), les charges de fonctionnement (OPEX) et les frais de surveillance post-exploitation (SURV).

A ces postes doivent être ajoutés les coûts d'environnement du projet par la Maîtrise d'Ouvrage Orano (MOA).

L'estimation du coût prévisionnel a été réalisée sur les différentes configurations envisagées de stockage sur site :

- Une première capacité de 7 000 tonnes, avec deux périodes de fonctionnement d'environ 5 années, séparées par une interruption d'une dizaine d'années,
- Une capacité intermédiaire de 34 000 tonnes, avec une seule période de fonctionnement d'environ 5 années,
- Une capacité poussée à 40 000 tonnes, avec deux périodes de fonctionnement d'environ 5 années, séparées par une interruption d'une trentaine d'années.

A noter que les coûts unitaires dans le modèle ANDRA pour cette analyse technico-économique sont exprimés en Conditions Economiques 2018, et n'intègrent donc pas la forte inflation intervenue sur certains postes depuis 2021.

Les premières conclusions apportées par cette analyse technico-économique sont :

- Compte tenu de la part importante des charges fixes dans les coûts de MOA, d'OPEX et de SURV, la compétitivité économique de la première configuration avec une capacité limitée à 7 000 tonnes est fortement dégradée.
- L'amortissement de ces frais fixes dans les deux autres configurations étudiées pour une capacité portée à 34 000 tonnes puis à 40 000 tonnes, permet de définir un seuil en dessous duquel le concept de stockage sur site ne semble pas économiquement intéressant.
- Les coûts d'OPEX supportés pendant l'interruption de la phase de fonctionnement nuisent fortement à la compétitivité économique du concept de stockage.
- Pour une conception modulaire, de potentiels surcoûts de CAPEX sont envisageables (non évalués à ce stade de la réflexion).

Compte tenu de ces éléments, les configurations de stockage sur site avec une capacité limitée à 7 000 tonnes, ou portée à 40 000 tonnes avec deux périodes de fonctionnement séparées par une interruption ou dans le cadre

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 23/48
--	---------------------------	----------------	--------------

d'une conception modulaire, ne semblent pas économiquement intéressantes par rapport à une solution de stockage centralisée.

Ainsi, la configuration de stockage sur site d'une capacité de 34 000 tonnes avec une seule période fonctionnement d'environ 5 années, est celle qui serait la plus compétitive sur le plan économique.

Par rapport à la solution actuelle de stockage centralisé, la compétitivité de cette configuration de stockage sur site est assujettie au respect de plusieurs conditions dont l'impact n'a pas été évalué dans le cadre de la présente analyse technico-économique :

- Gisement de 34 000 tonnes, sous condition que le critère radiologique de déchets admissibles soit porté à $1/10^{\text{ième}}$ de l'IRAS pour un spectre « Aval du combustible », et que des terres excavées soient acceptables en nature de déchets,
- Hypothèse que les propriétés géologiques et hydrogéologiques des sols soient suffisantes sans apport de matériaux (argile),
- Hypothèse que les conditions minimales de surveillance post-fonctionnement prévues dans le cadre de cette étude soient suffisantes,
- Coûts de surveillance plafonnés sur une durée de 30 ans,
- Absence de coût pour l'évacuation des terres excavées lors de la constitution du stockage (excédent d'environ 20 000m³),
- Absence de coûts de préparation du terrain, d'aménagement de zones pour les matériaux de construction, et des infrastructures d'exploitation,
- Non prise en compte de surcoûts de CAPEX, OPEX et SURV en cas d'implantation hors site (absence de mutualisation des fonctions supports),
- Non prise en compte de surcoûts pour le tri et la ségrégation des déchets admissibles / non admissibles,
- Non prise en compte des coûts d'entreposage, de surveillance, puis de reprise des déchets admissibles avant la mise en exploitation du stockage sur site,
- Non prise en compte de l'effet d'actualisation des dépenses qui seront anticipées pour couvrir les coûts de CAPEX-MOA avant le stockage des déchets admissibles.

La configuration d'un stockage sur site avec une capacité de 34 000 tonnes et une durée de fonctionnement continue sur environ 5 années présente les meilleurs arguments économiques.

Toutefois, au regard des nombreuses conditions à satisfaire dont l'impact économique n'a pas été évalué, et de la nécessaire actualisation des coûts unitaires en conditions économiques 2023 dans le modèle d'estimation initial, il n'a pas été possible de se prononcer formellement sur sa compétitivité économique par rapport à la solution existante de stockage centralisé.

3.9 Synthèse à date de l'étude Orano

Dans le cadre du PNGMDR, la poursuite de la réflexion d'implantation d'un concept de stockage de certaines catégories de déchets sur un site Orano a permis :

- de retenir le site Orano La Hague comme site d'accueil,
- de spécifier les principales caractéristiques physiques, chimiques et radiologiques des déchets qui sont retenus pour un tel stockage,
- d'estimer le gisement de déchets répondant à ces caractéristiques,
- de préciser les flux de production et les éventuelles contraintes d'exploitation qui en résultent,

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 24/48
--	---------------------------	----------------	--------------

- de déterminer les principales caractéristiques techniques et fonctionnelles du concept de stockage adapté au gisement et aux caractéristiques de déchets retenus.

La recherche de zones d'implantation sur le site Orano La Hague, ou à proximité immédiate de celui-ci, n'a cependant pas permis d'aboutir à une issue favorable, soit faute de disponibilité de parcelles aux dimensions requises sur ce site, soit par incompatibilité ou en raison de difficultés majeures sur les zones à proximité immédiate de ce site, notamment vis-à-vis de l'insertion dans le schéma directeur industriel à court ou moyen terme, ou de mesures indispensables de compensation écologique.

L'analyse technico-économique qui a été menée en parallèle a permis d'écarter les configurations non optimales en termes de capacité de stockage, d'interruption de la phase de fonctionnement ou de modularité du concept, de préciser les nombreuses conditions à satisfaire avec un impact économique substantiel à évaluer, et de mesurer la prudence à apporter aux évaluations financières dans un contexte de fortes inflations économiques.

Il apparaît donc que les éléments apportés sur le plan technique, environnemental et économique par cette étude de faisabilité d'implantation d'un stockage sur un site Orano, ne permettent pas d'envisager une issue favorable à son développement à ce stade, et donc d'analyser les autres paramètres décisionnels en lien avec les critères établis et présentés dans la méthodologie de comparaison des options de stockage dans le précédent PNGMDR.

4 ETUDE DE FAISABILITE D'UN STOCKAGE DECENTRALISE EDF

Tel que stipulé dans le chapitre § 1.1 du présent document, le PNGMDR a demandé aux exploitants d'analyser la faisabilité d'un stockage décentralisé pour des déchets TFA. Il a par ailleurs précisé que ces installations de stockage sont envisagées sur site ou à proximité des sites.

Pour répondre à la demande du PNGMDR, contrairement à l'approche générique qui consiste à débiter l'étude d'un site de stockage par une analyse géologique et hydrogéologique approfondie permettant de cibler des lieux d'implantation, EDF a souhaité commencer par identifier un gisement de volume conséquent en lien avec la problématique de saturation du CIRES. Les blocs sodés se sont révélés être un gisement de déchets présentant des caractéristiques intéressantes pour l'étude d'un stockage décentralisé (gisement TFA d'un volume important). Ce gisement est actuellement entreposé sur le site de Creys-Malville. Il a donc été fait le choix d'étudier l'implantation d'un site de stockage décentralisé des blocs sodés sur le site de Creys-Malville.

4.1 Description du choix du gisement

Les blocs de béton sodé sont des déchets issus du chantier de traitement du sodium utilisé comme fluide caloporteur de la centrale SUPERPHENIX de Creys-Malville. Ces déchets proviennent du traitement du sodium du circuit primaire et du circuit secondaire.

Environ 38 000 blocs de 1 m³ ont été produits entre 2009 et 2014 lors de 2 campagnes de blocage distinctes (équivalent en masse de 65 000 tonnes). Il s'agit de déchets TFA qui présentaient une activité en tritium de l'ordre de 1470 GBq (soit une activité massique de l'ordre de 20 Bq/g), en 2014 (à la fin de la campagne de production). A date, les analyses radiologiques réalisées récemment ont conforté le caractère TFA du gisement. Les analyses chimiques actualisées des blocs sodés sont en cours de finalisation et seront intégrées à l'étude ultérieurement.

Le choix du gisement des blocs sodés de Creys-Malville pour l'étude de faisabilité d'un stockage décentralisé se justifie par le volume important des déchets considérés et par leurs caractéristiques radiologiques compatibles avec une telle étude.



Vues du site de Creys-Malville et de la mise en entreposage des blocs sodés pendant la phase de fabrication

4.2 Choix du lieu d'implantation du stockage étudié et caractéristiques géologiques et hydrodynamiques

4.2.1 Lieu d'implantation

Une zone située sur le foncier du site de Creys-Malville a été sélectionnée. La zone délimitée en bleu sur la photo ci-dessous représente l'emplacement sélectionné pour mener l'étude de faisabilité d'un stockage in-situ.

La surface de la parcelle envisagée est d'une superficie d'environ 6 hectares suffisante pour accueillir le concept de stockage détaillé ci-après (cf. § 4.3.2.2).



Vue aérienne de la zone d'implantation

4.2.2 Caractéristiques géologiques et hydrodynamiques du site de Creys-Malville

La centrale de Creys-Malville se situe en rive gauche du Rhône, sur le territoire de la commune de Creys-Pusignieu dans le département de l'Isère.

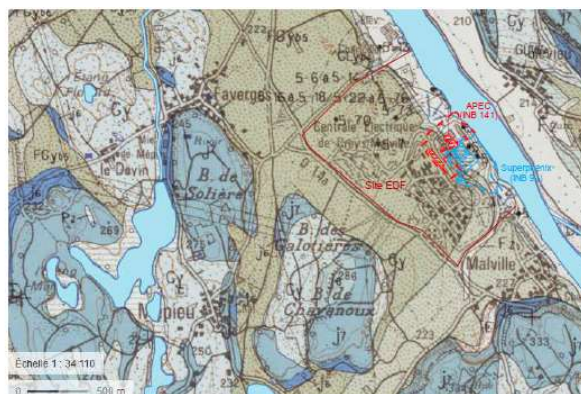
Le site se trouve dans la plaine alluviale du Rhône, large d'environ 250 m entre le défilé de Malville-Dormieu et Montalieu. La centrale, implantée essentiellement sur la basse plaine alluviale du Rhône, s'étend également à l'Ouest sur la terrasse d'alluvions fluvio-glaciaires (retrait Würmien).

Le bassin de Malville est situé dans la gouttière comprise entre la bordure Nord-Est de l'île Crémieu et la bordure Sud-Ouest du Jura plissé

Les terrains affleurants sont constitués d'alluvions fluvio-glaciaires du Rhône, surplombant un important remplissage glacio-lacustre, très hétérogène. D'après les études géophysiques, le socle calcaire du Jurassique supérieur se trouverait à plus de 200 m de profondeur au droit de la centrale.

Les caractéristiques géologiques figurent dans le tableau ci-dessous :

Formation	Description des terrains	Épaisseur depuis la plateforme	
Remblais de plateforme	Matériaux sablo-graveleux issus d'une carrière réalisée sur site	0 – 6 m	40 – 50 m
Limons	Limons de crue	0 – 4 m	
Alluvions sablo-graveleuses	Alluvions grossières du Rhône, à fuseau granulométrique étendu	3 – 30 m	
Horizon intermédiaire	Couche de transition entre les alluvions sablo-graveleuses et les sables jaunes plus fins	0 – 15 m	
Sables jaunes	Sables fins à moyen, propres ou légèrement siteux, jaunâtres, présentant des passages centimétriques grésifiés	15 – 30 m	
Sables gris	Sables fins plus ou moins siteux, micacés présentant quelques lits argileux centimétriques	0 – 20 m	20 – 150 m
Argile siteuse	Niveaux argileux présentant quelques passées sablo-graveleuses (dites « de fond »), en particulier à la base	20 – 150 m	
Substratum	Calcaire jurassique	-	



Stratigraphie et extrait de la carte géologique au droit du site de Creys-Malville

Les caractéristiques hydrodynamiques du site de Creys-Malville sont décrites dans le tableau ci-dessous :

	Cote NGFO moyenne des horizons traversés (toit – mur)	Perméabilité mesurée (m/s)		Perméabilité retenue(m/s)
		Lefranc	Hazen (estimée non mesurée)	
Sablo-graveleux de surface	224 - 208	$7,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Horizon intermédiaire	208 - 200	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$
Sables jaunes	200 - 180	$8 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$
Sables gris	180 - 170		10^{-6}	10^{-6}

Caractéristiques hydrodynamiques du site de Creys-Malville

En synthèse, les couches géologiques du site de Creys-Malville sont composées principalement d’alluvions sablo-graveleuses et de sable dont le niveau de perméabilité est mesuré entre 10^{-6} et 10^{-3} m/s.

L’étude géologique et hydrogéologique n’a pas été plus approfondie à ce stade étant donné les caractéristiques géologiques dimensionnantes du site.

4.3 Esquisse de conception de l’installation de stockage

4.3.1 Préambule

Les spécifications réglementaires qui définissent les exigences à respecter pour le stockage des déchets sont définies par différents textes de loi selon le type de déchets à stocker (cf. chapitre 2 – Cadre réglementaire de référence).

Etant donné qu’il n’existe pas, à date, de cadre réglementaire directement applicable pour une installation de stockage de déchets TFA, l’étude de faisabilité du stockage décentralisé des blocs sodés doit s’appuyer sur des hypothèses.

Par mesure conservatoire, EDF a décidé de se fonder sur les prescriptions de l’arrêté du 30/12/02 relatif au stockage des déchets dangereux (cf. chapitre 2.2 – Exigences relatives au stockage de déchets conventionnels) dont le niveau d’exigence est enveloppe en comparaison des exigences relatives aux autres types de stockages de déchets conventionnels. En parallèle, une évaluation de l’impact dosimétrique à l’humain du stockage sur site des blocs de béton sodé de Creys-Malville a été instruite pour s’assurer que le concept retenu était performant en matière d’impact sanitaire.

4.3.2 Statut réglementaire retenu pour le stockage in situ des BS

Les analyses réglementaires pour identifier le statut d’une installation de stockage sur le site de Creys-Malville ont identifié que le régime des ICPE s’appliquerait à l’installation, le coefficient Q étant inférieur à 10^9 . Cette installation serait alors soumise aux dispositions du titre Ier du livre V du code de l’environnement. Le régime ICPE impose que le préfet autorise la création d’une telle installation.

Les ICPE sont classées en plusieurs rubriques. Chaque rubrique correspond à une activité de l’installation. La détermination de la rubrique ICPE applicable permet de définir le régime et la réglementation applicable. L’installation de stockage des blocs sodées sera une Installation de Stockage de Déchets Radioactifs. Ce critère est justifié par la nature radioactive des blocs et leur statut de déchet. De ce fait, la rubrique ICPE 2797 est applicable.

Le régime associé à la rubrique ICPE 2797 est celui de l’autorisation. Les textes applicables sont :

- L’arrêté du 23 juin 2015 relatif aux installations mettant en œuvre des substances radioactives, déchets radioactifs ou résidus solides de minerai d’uranium, de thorium ou de radium soumises à autorisation au titre de la rubrique 1716, de la rubrique 1735 et de la rubrique 2797 de la nomenclature des installations classées,

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 28/48
--	---------------------------	----------------	--------------

- L'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation,
- L'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

Pour toute installation nouvelle sous le régime ICPE, un dossier administratif et technique est à rédiger par l'exploitant. Ce dossier de demande d'Autorisation Environnementale (DDAE) présente les dangers ou inconvénients de la future installation.

En plus du DDAE, l'article 37 d'Euratom demande que les membres d'Etats donnent les données générales sur tout projet avec rejet radioactif sous n'importe quelle forme. Ceci ne fait pas partie de la procédure DDAE. Toutefois, il peut être demandé d'attendre l'avis de la Commission Européenne (CE) avant d'autoriser la construction d'une telle installation.

Enfin, une demande de permis de construire doit être lancée auprès de la mairie en même temps que le dépôt du DDAE. Il est délivré dans un délai de 1 mois. Il peut être délivré avant l'autorisation environnementale mais ne peut être exécuté qu'après la réception de cette dernière.

4.3.3 Fonctions et description du concept de stockage

4.3.3.1 Fonctions

L'arrêté du 30/12/02 relatif au stockage de déchets dangereux définit un certain nombre d'exigences. EDF en a déduit des hypothèses de conception et a défini des fonctions qui devraient être assurées par l'installation de stockage de déchets sur le site de Creys-Malville :

- Recevoir les convois de transport des blocs sodés ;
- Manutentionner les blocs sodés ;
- Stocker les blocs sodés ;
- Drainer, collecter et traiter les lixiviats issus de la masse de l'enfouissement ;
- Drainer et collecter les eaux de ruissellement ;
- Assurer la surveillance et l'entretien du réseau de drainage pendant 30 ans après le dernier apport de déchets.

Pour assurer ces fonctions, l'installation de stockage décentralisée doit intégrer un certain nombre d'équipements ou de dispositifs, qui sont listés dans le tableau ci-après.

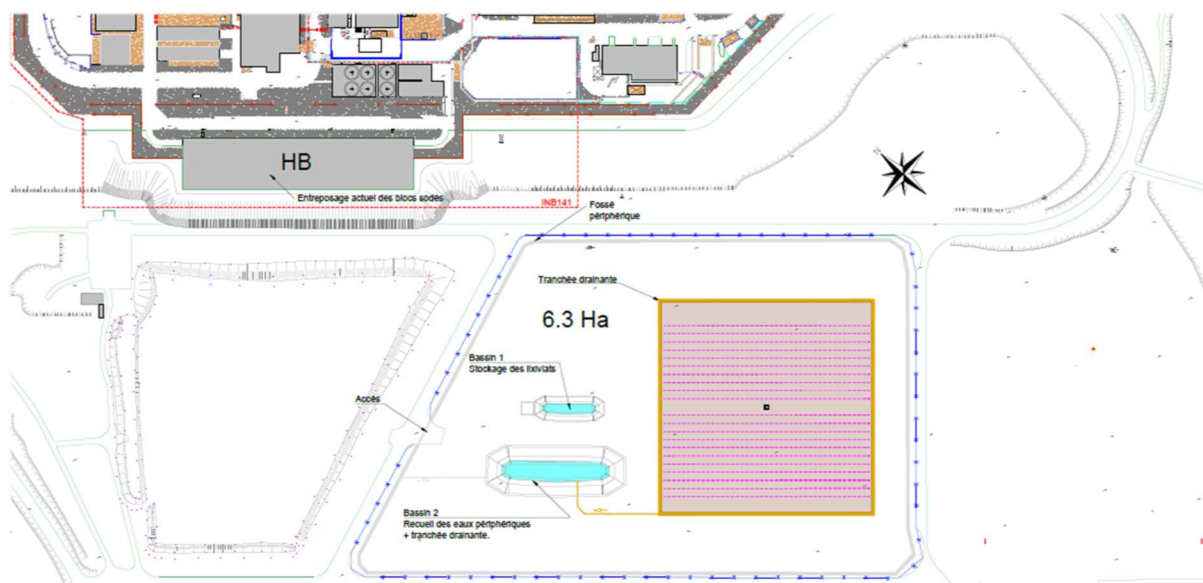
PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 29/48
--	---------------------------	----------------	--------------

Fonctions	Dispositifs / Equipements
Recevoir les convois de transport des blocs sodés	Une aire d'attente pour les convois de transport des blocs sodés
Stocker les blocs sodés	<p>Un encaissement comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • une barrière de sécurité passive et délimitée par une digue périmétrique constituée soit du terrain naturel en l'état, soit du terrain naturel remanié d'épaisseur minimum 5 mètres sur le fond et les flancs. La perméabilité de cette formation géologique est inférieure ou égale à 1.10^{-9} m/s. • Une barrière de sécurité active avec la mise en place d'une géomembrane, un dispositif de drainage en fond d'alvéole, sur les flancs et à l'intérieur des alvéoles (tel que décrit ci-dessous) • un réseau de collecte et de contrôle des lixiviats • un empilement de blocs sodés • une structure de couverture finale après la fin d'exploitation de l'alvéole
Configuration du casier de stockage	Semi enterré
Gestion des lixiviats	<ul style="list-style-type: none"> • une station de relevage des lixiviats • un bassin de collecte des lixiviats issus du casier • une unité de traitement des lixiviats avant rejet
Drainer et collecter les eaux de ruissellement	<ul style="list-style-type: none"> • un dispositif de drainage des eaux de ruissellements • un bassin de collecte des eaux de ruissellement
Assurer la surveillance et l'entretien du réseau de drainage pendant 30 ans après le dernier apport de déchet	<ul style="list-style-type: none"> • des galeries d'inspection et d'entretien du réseau de drainage des fonds de casier • un fossé étanche périphérique • une tranchée drainante périphérique • un ouvrage de rejet des eaux si besoin après traitement

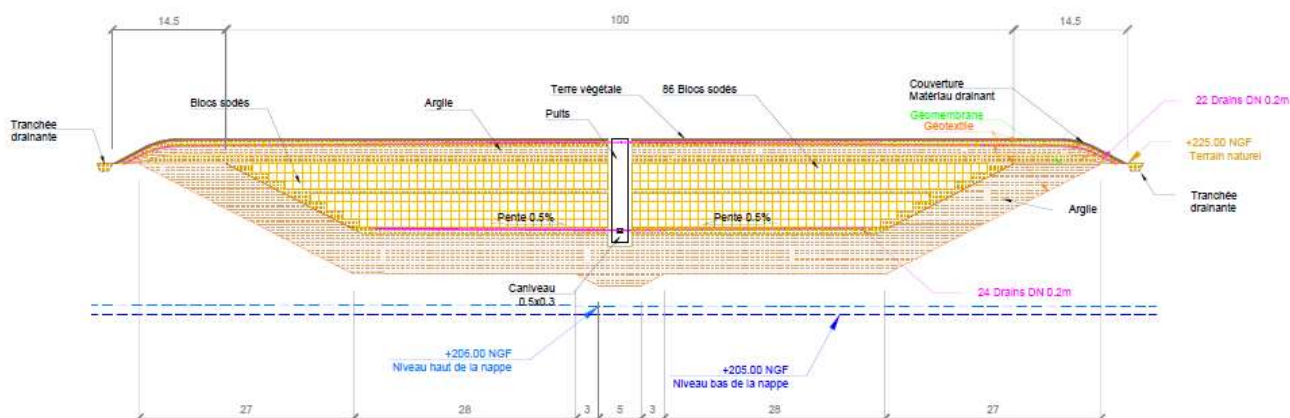
Equipements et dispositifs assurant les fonctions requises

4.3.3.2 Description du casier de stockage

Compte tenu de la géologie du terrain en place (cf. § 4.2.2), un remaniement important est nécessaire afin de constituer une barrière passive composée d'une couche de 5 m d'épaisseur de matériau ayant une perméabilité au plus égale à $1.10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ en fond et sur les flancs de l'encaissement (cf. § 2.2).



Vue en plan de l'installation de stockage décentralisée



Coupe transversale d'un casier

L'encaissement est réalisé sur une profondeur d'environ 8 m. La superficie de l'encaissement en haut du talus est de $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ soit $10\,000 \text{ m}^2$ (épaisseur argile en sus).

Une barrière de sécurité active est mise en place dans l'encaissement. Elle est constituée :

- D'une géomembrane PEHD,
- D'un géotextile de protection,
- D'un réseau de drainage en fond de casier,
- D'une couche drainante et une couche filtrante

Les blocs sodés sont stockés dans l'encaissement, sur 7 couches. La superficie à la surface du casier est de $10\,000 \text{ m}^2$.

Une couverture est ensuite placée au-dessus de l'empilement des blocs.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 31/48
--	---------------------------	----------------	--------------

4.3.3.3 Estimations des quantités de matériaux et matériels à mettre en œuvre

Matériaux / Matériels significatifs	Ordre de grandeur des quantités (m ³)
Excavation (casiers, bassins, fossé)	125 000 m ³
Argile compacté (casiers, digue) – perméabilité < 10 ⁻⁹ m/s	75 000 m ³
Matériau drainant (casiers, tranchée) – perméabilité > 10 ⁻⁴ m/s (sable grossier et / ou gravillons ou alluvions du site)	25 000 m ³
Géotextile (casiers, bassins, fossé)	70 000 m ²
Géomembrane PEHD 2 mm (casiers, bassins, fossé)	30 000 m ²

Ordre de grandeur des quantités de matériaux/matériels à mettre en œuvre pour la construction d'un stockage décentralisé sur Creys-Malville

En raison des caractéristiques géologiques du site de Creys-Malville, le volume d'argile à amener sur le site pour pouvoir respecter les exigences de conception d'un stockage de déchets dangereux est très significatif (~ 75 000 m³).

Le volume de terres excavées serait de l'ordre de 125 000 m³.

4.4 Eléments de comparaison des scénarios de gestion des blocs sodés entre un stockage au Cires et un stockage dans une installation décentralisée sur le site de Creys-Malville

Le PNGMDR 2022-2026 demande que l'étude de faisabilité de stockage décentralisé comporte une analyse comparée de l'impact sur l'environnement de cette modalité de gestion par rapport à un scénario d'envoi au CIREs. (cf § 1.1)

Pour comparer les 2 options de stockage, EDF a repris les indicateurs des critères développés dans le livrable PNGMDR relatif à la méthodologie de comparaison des options de stockage, version du 30/06/2021 (1^{er} livrable sur l'étude de faisabilité de créer des installations de stockage décentralisées pour certaines typologies de déchets TFA). Etant donné l'état d'avancement des études à réaliser pour statuer sur la faisabilité d'un stockage des blocs sodés sur le site de Creys-Malville, ce livrable présente la description des indicateurs principaux notamment environnementaux ainsi que quelques éléments d'évaluation. Les indicateurs non retenus ci-après sont soit non discriminants pour la comparaison des 2 scénarios soit non quantifiables à ce stade.

4.4.1 Indicateurs du critère environnemental

Déchets / économie de ressources

➤ Limitation des déchets induits par l'installation (y compris lors de la phase de construction)

Stockage décentralisé

Cet indicateur est dépendant du concept de stockage. A noter qu'il ne prend pas en compte les lixiviats issus des alvéoles de stockage.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 32/48
--	---------------------------	----------------	--------------

Les principaux postes de production des déchets concernent les déblais de terrassement dans le cas de la construction d'une installation de stockage décentralisée. Ces déblais constituent des déchets conventionnels.

CIRES

Les terres extraites dans le cadre de la construction des alvéoles du Cires seront stockées dans les emprises de l'ICPE pour être réutilisées et ne sont donc pas considérées comme des déchets. Les quantités de déchets produites seront donc faibles.

➤ **Récupération, valorisation et recyclage. Économie en matières premières réalisée**

L'analyse de cet indicateur est directement liée au concept de stockage envisagé qui est lui-même dépendant notamment des résultats des barrières de sécurité requises et donc des matériaux à mettre en œuvre, etc.

Air

➤ **Émissions dans l'environnement en phase de construction (hors GES)**

A ce stade de l'étude, ce critère n'a pu être analysé. Les émissions dans l'environnement pour la phase construction seront liées principalement aux engins de chantier pour les terrassements, l'apport d'argile et la construction d'un nouveau stockage (stockage décentralisé) ou de nouvelles alvéoles (Cires).

➤ **Emissions dans l'air en phase d'exploitation et impacts associés (substances chimiques, aérosols, COV... hors GES)**

Une fois le stockage mis en place, en phase exploitation, les émissions dans l'air devraient être limitées à des opérations de maintenance ; vraisemblablement faibles et similaires entre les scénarios. Cet indicateur ne semble donc pas discriminant pour le choix d'une option.

➤ **Emissions dans l'air par les colis de déchets en phase d'exploitation et de surveillance**

Les émissions dans l'air par les colis de déchets seront similaires quel que soit le scénario de stockage des blocs sodés. Ce critère n'est donc pas discriminant.

Climat

➤ **Émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) liées aux consommations de ressources en phase de construction et d'exploitation**

A ce stade des études, l'estimation des émissions de gaz à effet de serre par les différents concepts doit d'abord être focalisée sur les postes susceptibles d'être les plus émetteurs de GES comme l'ampleur des terrassements, les quantités des matériaux à utiliser (matériaux des barrières de sécurité) ... Ces postes concernent principalement la phase de construction d'un stockage.

Ces émissions seront plus importantes dans le cas de la construction d'une nouvelle installation de stockage décentralisé que dans le cas du stockage existant du Cires.

➤ **Émissions de gaz à effet de serre (GES) liées au transport (réduction des émissions liées au transport)**

Pour ce critère, il s'agit de considérer le transport des colis de déchets vers leur destination de stockage et également le transport d'argile. Ces 2 postes ne comptabilisent pas l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre mais il s'agit des postes les plus discriminants en matière d'émissions liées au transport. Il est pris comme hypothèse que la phase de reconditionnement, si elle doit avoir lieu, sera réalisée sur le site de Creys-Malville.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 33/48
--	---------------------------	----------------	--------------

Les déchets sont généralement transportés en conteneur 20 pieds. Selon la référence https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Guide_Information_CO2-2.pdf, la consommation en CO2/t.km est de 91,6 g pour un porte conteneur. (Transport à vide non comptabilisé).

Le transport d'argile est généralement réalisé en camion benne. La consommation en CO2/t.km est de 105g pour ce type de transport selon cette même référence. (Transport à vide non comptabilisé).

Le transport découle des opérations suivantes :

Scénario stockage décentralisé : transport des déchets de la zone d'entreposage vers la zone de stockage sur le site de Creys-Malville. La distance parcourue est < 2 km et le tonnage à transporter est de 65 000t.

Le transport de l'ensemble des 65 000t de déchets du bâtiment d'entreposage à l'installation de stockage décentralisé représente 11t de CO2 (transport à vide non comptabilisé).

Il faudra également ajouter le transport des 75 000 m³ d'argile soit 195 000t sur une distance non déterminée actuellement. Pour hypothèse, nous prenons une distance moyenne de 200 km entre la carrière où serait extraite l'argile et le site de Creys-Malville où serait implantée l'installation de stockage décentralisé. Par conséquent, ces transports consommeraient 4095t de CO2. (Transport à vide non comptabilisé).

Dans le cas d'un scénario de stockage décentralisé, les transports représentent près de 10 250t de CO2.

Scénario stockage au CIREs : transport des déchets de la zone d'entreposage vers la zone de stockage du Cires. La distance parcourue sera d'environ 370 km et le tonnage à transporter est de 65 000t.

Le transport de l'ensemble des 65 000t de déchets du bâtiment d'entreposage au CIREs représente 2 300t de CO2 (transport à vide non comptabilisé).

➤ **Faune et flore - Occupation / artificialisation des sols**

Stockage décentralisé

La priorité est donnée à l'évitement des incidences sur la biodiversité. La zone d'implantation choisie sur le site de Creys-Malville ne fait pas partie d'une zone Natura 2000. La surface utilisée pour le stockage décentralisé est d'environ 6 hectares.

CIREs

Dans le cas d'un stockage au Cires, la surface utilisée pour le stockage des blocs sodés est équivalente à 1 alvéole et demi du Cires.

Cadre de vie

➤ **Nuisances (bruits, odeurs...) des phases de construction**

Les 2 scénarios de stockage, stockage décentralisé ou Cires, concernent des sites industriels, déjà à l'origine d'émissions sonores avec des travaux qui ont lieu régulièrement sur ces sites. De plus, les riverains ne sont pas à proximité directe des emprises des sites.

➤ **Nuisances (bruits, odeurs...) des phases de fonctionnement et surveillance**

Une fois le stockage mis en place, en phase d'exploitation, les nuisances sonores (pas de nuisances olfactives envisagées) seraient limitées à des opérations de transport et de maintenance ; vraisemblablement faibles et similaires pour les deux scénarios.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 34/48
--	---------------------------	----------------	--------------

4.4.2 Indicateurs du critère hygiène et sécurité

➤ **Santé et sécurité du groupe de référence et des groupes élargis**

Cet indicateur permet de prendre en considération la nécessité de prévenir et de réduire l'impact sur le public en phase d'exploitation, de surveillance et à long terme.

Une première évaluation de l'impact dosimétrique sur le public du stockage sur site des blocs de béton sodé de Creys-Malville a montré que, pour différents scénarios d'exposition, les doses représentent moins de 1/100^e de la limite annuelle d'exposition résultant des activités nucléaires fixée à 1 mSv par l'Article R1333-11 du code de la santé publique.

Compte-tenu de la faiblesse des impacts dans les deux scénarios, ce critère n'est pas discriminant.

4.4.3 Indicateurs du critère juridique et réglementaire

➤ **Délai d'obtention des autorisations et de mise en service des installations**

Stockage décentralisé

Cet indicateur permet de prendre en considération les délais d'autorisation réglementaires incompressibles selon la nature du projet, le classement de l'installation de stockage et son lieu d'implantation.

Pour une installation de stockage décentralisée, à ce stade des études, le délai estimé pour l'obtention de l'ensemble des autorisations réglementaires est de l'ordre de 6 ans et celui pour la construction de l'installation est d'environ 5 ans (durée comprenant la phase étude).

CIRES

A contrario, le Cires est une installation déjà en service.

➤ **Restriction d'usage - Usages futurs du site/Stratégie la mieux adaptée en fonction de l'usage futur du site et de son environnement**

Cet indicateur permet d'évaluer, pour le site d'implantation, les contraintes liées aux restrictions d'usage qui seront instaurées pour l'utilisation future du sol et du site. Ces restrictions, qui prendront effet à la fin d'exploitation de l'installation de stockage, s'étendront au-delà de la phase de surveillance.

L'usage futur du site de l'APEC abritant la parcelle envisagée pour le stockage des blocs sodés n'est actuellement pas défini.

4.4.4 Indicateurs du critère économique

➤ **Coût amont : Transport des colis**

Stockage décentralisé

Dans le cas d'un stockage sur le site de Creys-Malville, le trajet est inférieur à 2 km.

En revanche, la distance n'a pas été estimée entre le site producteur d'argile et Creys-Malville.

CIRES

Le trajet entre le site de Creys et le CIREs est de l'ordre de 370 km.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 35/48
--	---------------------------	----------------	--------------

➤ **Coût d'acquisition du foncier**

Cet indicateur concerne les coûts d'acquisition du foncier et/ou de forage et de location sur la durée de concession. Il intègre l'emprise du centre de stockage, ainsi que, s'il y a lieu, une éventuelle emprise de servitude, d'accès privatifs et les sites de compensation écologique.

Dans le cas du stockage décentralisé des blocs sodés sur le site de Creys-Malville, il n'y a pas de coût d'acquisition étant donné que ce foncier appartient à EDF.

Il en est de même pour le Cires qui est un foncier appartenant à l'Andra.

➤ **Coût des phases d'études et des démarches nécessaires à l'obtention des autorisations administratives**

Cet indicateur regroupe les frais de personnel et études sous-traitées, à partir d'un choix de site et jusqu'à l'obtention des autorisations de création et de construction.

Les études et les démarches réglementaires et administratives sont plus longues pour la création d'une installation de stockage que pour un envoi des déchets au Cires.

➤ **Coût global de construction - CAPEX**

Le coût global de construction ou dépenses d'investissement (CAPEX) regroupe toutes les dépenses de personnel, matériaux et matériel effectuées pour la construction et jusqu'à la mise en service du site de stockage pour l'ensemble des alvéoles de stockage (y compris en cas de tranches multiples).

Au stade d'étude de faisabilité, les coûts pour la construction de l'installation de stockage sur le site de Creys-Malville ont été structurés avec les données d'entrée qui étaient disponibles.

Les coûts de matériaux et travaux ont été estimés analytiquement. Pour les frais d'ingénierie, des ratios et la méthode analytique ont été appliqués.

L'estimation pour chacun des scénarios a considéré :

- **Pour l'installation de stockage décentralisée sur le site de Creys-Malville**
 - La construction de l'installation de stockage
 - La reprise des déchets
 - La mise en stockage des déchets
 - La fermeture du stockage
 - La surveillance du stockage

- **Pour le centre de stockage le CIREs**
 - La reprise des déchets
 - Le transport
 - La mise en stockage des déchets
 - La fermeture du stockage
 - La surveillance du stockage

L'étude d'estimation des coûts n'a pas pris en compte les coûts amont (avant expédition des déchets en stockage) tels que les études de faisabilité, les dossiers d'approbation.

Les coûts pour la construction de l'installation de stockage décentralisée ont intégré les coûts suivants :

- **Les coûts de matériels et travaux y compris les études d'exécution :**
 - Excavation déblais et terrassement,
 - Approvisionnement et mise en place d'argile,
 - Sable de comblement des vides,

- Matériaux drainants,
- Terre arable,
- Géotextile,
- Géomembrane,
- Drains,
- Regards,
- Caniveaux,
- Clôture,
- Installation et repli de chantier.
- **Les coûts d'ingénierie de conception et de réalisation**
 - Etudes de conception,
 - Equipe de pilotage,
 - Equipe support.
- **Les coûts pour la mise en place des blocs dans le casier de stockage et de la couche drainante ceinturant les blocs sodés :**
 - Etudes
 - Main d'œuvre
 - Equipements

A ce stade de l'étude, le niveau d'incertitude est élevé. Compte tenu de la précision des données d'entrée techniques, et des coûts unitaires, la méthode de calcul des incertitudes retenue est une méthode globale, et la fourchette d'incertitude est fixée à +/- 50 %. Ce niveau de maturité correspond à une étude d'esquisse.

A ce stade d'étude, en raison d'un apport d'argile conséquent sur le site de Creys-Malville pour le stockage décentralisé, la solution d'un stockage décentralisé est moins compétitive financièrement qu'un stockage au centre du CIRES. Toutefois, le niveau d'incertitude étant élevé, des études complémentaires seraient à mener pour instruire une comparaison robuste des 2 scénarios de stockage.

4.4.5 Indicateurs du critère technique et normatif

➤ **Accessibilité du site et flexibilité du processus de stockage**

Etant donné le volume des blocs sodés, un flux d'envoi sur 10 ans au stockage est envisagé. Ce flux d'envoi doit être compatible avec les flux d'acceptation de l'installation de stockage décentralisé et du Cires.

➤ **Délai de construction**

Cet indicateur vise à évaluer le délai technique de construction de chacun des concepts de stockage étudiés. Par exemple, un concept de type Installation de Stockage de Déchets Inertes nécessitera moins d'opérations qu'un concept de type installation de Stockage de Déchets Non Dangereux pour lequel l'apport de matériau serait requis.

Le délai envisagé pour la construction de l'installation de stockage décentralisée sur le site de Creys-Malville est de l'ordre de 12 mois (hors étude)

Dans le cas du Cires, l'installation est déjà existante.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 37/48
--	---------------------------	----------------	--------------

➤ **Traitement et rejet des lixiviats en exploitation**

Pour l'installation de stockage décentralisée, ce point n'a pas encore été instruit à ce stade des études. L'objectif visé est identique à celui du Cires, à savoir limiter la production de lixiviats.

Le Cires collecte et traite ses effluents (lixiviats) en exploitation sous batibulle, ce qui permet de limiter la production de lixiviats.

➤ **Contexte géologique, hydrologique et hydrogéologique creusement nécessaire, terrains excavés / homogénéité / argilosité**

La géologie du Cires très favorable (perméabilité $K \sim 1,10^{-10}$ m/s sur plus de 5 m d'épaisseur). Le contexte géologique du site de Creys-Malville est moins performant.

Les éléments de comparaison des scénarios de gestion des blocs sodés entre un stockage au Cires et un stockage dans une installation décentralisée sur le site de Creys-Malville restent à préciser et dépendent notamment de la capacité à faire venir de l'argile de qualité requise depuis une faible distance.

4.5 Synthèse à date de l'étude de faisabilité EDF

A date, l'étude de conception d'une installation de stockage décentralisée et les caractérisations complémentaires des blocs sodés n'ont pas totalement abouti. Il s'avère toutefois que, compte tenu des éléments à disposition et en prenant en considération les exigences de conception d'un stockage de déchets dangereux, la géologie du site de Creys-Malville ne présente pas les caractéristiques de perméabilité attendues. En effet, la réglementation actuelle impose la présence d'une couche de matériel naturel pour constituer la barrière passive. Or, le site de Creys-Malville se situe en bordure de fleuve, sur une couche sablo-graveleuse.

EDF a réalisé une étude d'esquisse sur la base des exigences associées au stockage conventionnel. Cette étude conduit aux conclusions suivantes :

- Environ 75 000 m³ de matériel naturel devrait être apporté à comparer aux 38 000 m³ de déchets à stocker.
- Le volume des excavations de terres serait de l'ordre de 125 000 m³.

La prise en compte des exigences relatives au stockage des déchets conventionnels conduit à ce qu'un stockage sur le site de Creys-Malville induit plus de transports que l'envoi des déchets au Cires, ce qui génère un impact environnemental et un coût significatif. **Toutefois, le niveau d'incertitude étant élevé, des études complémentaires pour l'estimation des coûts seraient à mener pour instruire une comparaison robuste des 2 scénarios de stockage. Par ailleurs, des études de recherche de sites alternatifs seraient à instruire pour vérifier si les caractéristiques géologiques d'un autre site nucléaire à proximité du site de Creys-Malville seraient plus adaptées.**

5 ETUDE SUR LA FAISABILITE D'UN STOCKAGE DECENTRALISE CEA

Afin de répondre à la demande du PNGMDR, le CEA a procédé à une étude préliminaire afin de se prononcer sur la faisabilité d'un stockage décentralisé sur un ou plusieurs sites du CEA. Elle prend également en compte les considérations présentées par ORANO et EDF dans leurs propres études présentées dans les parties précédentes.

L'étude menée par ORANO sur un stockage sur le site de La Hague, tout comme l'étude menée par EDF pour un site de stockage des blocs sodés sur Creys Malville, pointe le rôle majeur de la perméabilité des sols sur l'équation économique du stockage : une perméabilité supérieure à 10^{-7} m/s apparaît défavorable à un site de stockage décentralisé (pour les volumes de déchets considérés).

La stratégie du CEA est fondée sur un assainissement qui minimise le volume de déchets TFA produits (essentiellement des gravats de béton). Les sites du CEA civil de région parisienne (Saclay, Fontenay-aux-Roses) produiraient peu de gravats de béton TFA (en première estimation, d'un volume inférieur à 3 000 m³ à eux deux), celui de Marcoule en produirait 23 500 m³ et celui de Cadarache en produirait 5 500 m³.

Par ailleurs, en matière de disponibilité foncière, seul le site CEA de Cadarache comporte encore une emprise compatible avec la mise en œuvre d'un tel site de stockage. Cependant, son sol présente une perméabilité défavorable, estimée entre 10^{-7} et 10^{-5} m/s. Le volume des déchets de gravats de béton TFA, produits sur Cadarache et Marcoule, est d'environ 30 000 m³ (ordre de grandeur cohérent avec les volumes de déchets EDF et ORANO considérés dans leurs études). La nappe phréatique y est située à une profondeur de 5 à 15 m, comme sur le site de La Hague.

Au vu des caractéristiques précitées, il apparaît en première approche, que les conditions géologiques et hydrogéologiques ne sont pas favorables à l'implantation d'un site de stockage décentralisé sur le site de Cadarache.

De plus le site de Cadarache présente d'autres contraintes fortes (environnementales notamment) pour un éventuel site de stockage :

- a. l'existence de zones protégées (faune, flore) qu'il serait nécessaire de compenser en cas de destruction,
- b. l'entreposage/stockage des terres excavées pour créer la zone de stockage (en première approche, 75 000 m³, en supposant un apport nécessaire de 3 mètres d'argile pour imperméabiliser le site), ce qui nécessiterait de trouver un emplacement sur le site de Cadarache (problématique) ou à l'extérieur du Centre.
- c. la sismicité du site (niveau 4 du zonage sismique national - aléa moyen)

Au vu des conclusions de cette étude préliminaire, le CEA n'a pas souhaité instruire plus avant un cas concret d'implantation.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 39/48
--	---------------------------	----------------	--------------

6 POSSIBILITE DE STOCKER DES DECHETS TFA DANS DES INSTALLATIONS DE STOCKAGE DE DECHETS DANGEREUX CONVENTIONNELLES « ISDD »

L'objet de ce chapitre est de présenter une analyse sur la possibilité de stocker des déchets de très faible activité dans des installations de stockage de déchets dangereux.

Il répond à l'arrêté du 9/12/22 d'application du PNGMDR - Art. 16 qui mentionne : « Pour l'application de l'article D. 542-86 du code de l'environnement et de l'action nommée TFA.3 du PNGMDR, le CEA, EDF SA, Framatome et Orano, en lien avec l'Andra, transmettent d'ici le 30 juin 2023.../... une **analyse relative à la possibilité de stocker des déchets de très faible activité dans des installations de stockage de déchets dangereux.** »

Cette analyse a été menée en lien avec la société VEOLIA, qui est un des acteurs majeurs de la gestion des déchets conventionnels en France.

6.1 Déchets actuellement concernés par le stockage en installation de stockage de déchets (ISD)

6.1.1 Principe d'interdiction de stockage des déchets radioactifs en ISD (Installation de stockage de déchets)

La réglementation interdit l'élimination de déchets radioactifs dans les installations de stockage de déchets conventionnels dangereux (ISDD), non dangereux (ISDnD) et inertes (ISDI).

Les ISDD sont régies par les dispositions de l'arrêté ministériel du 30 décembre 2002 modifié [1]. Le chapitre II-article 7 de l'arrêté ministériel précité précise les déchets interdits en ISDD :

« Sont interdits : .../... tout déchet présentant l'une au moins des caractéristiques suivantes : .../... Radioactif, c'est-à-dire qui contient un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration ne peut être négligée du point de vue de la radioprotection ».

Cette interdiction s'applique également aux autres catégories d'installations de stockage de déchets : ISDnD (cf. article 3 de l'arrêté du 15 février 2016) et ISDI (cf. article 2 de l'arrêté du 12 décembre 2014).

6.1.2 Déchets à radioactivité naturelle acceptés en ISD

Certains déchets présentant une radioactivité naturelle sont néanmoins autorisés au stockage en installation conventionnelle : Les **déchets issus de SRON¹, substance radioactive d'origine naturelle**, sont des déchets générés par l'utilisation ou la transformation de matières premières contenant un ou plusieurs radionucléides naturels non utilisés pour leurs propriétés radioactives, fissiles ou fertiles dont la ou les concentrations d'activité massique sont supérieure(s) à une ou plusieurs « valeurs limites d'exemption » définies dans le tableau 1 de l'annexe 13-8 de la première partie du code de la santé publique [4].

À titre d'exemple, ces déchets industriels peuvent être issus d'activités diverses telles que les industries de production d'engrais phosphatés, de terres rares, les fonderies utilisant des sables de zircon, etc... On parle de **radioactivité naturelle renforcée ou élevée**.

Les « valeurs d'exemption » sont des concentrations en deçà desquelles il n'est pas nécessaire d'effectuer un contrôle de radioprotection ; les déchets présentant une radioactivité naturelle inférieure à ces valeurs d'exemption sont des déchets dits « conventionnels », gérés en fonction de leurs seules caractéristiques physico-chimiques (en ISDI, ISDND ou ISDD). Les valeurs d'exemption, présentées dans le tableau ci-après concernent le potassium (K40), l'uranium 238 (U238) et sa chaîne de filiation radioactive, et le thorium (Th232) et sa chaîne de filiation radioactive.

¹ Nota : différentes appellations des substances radioactives d'origine naturelle (SRON) sont parfois utilisées :

- NORM : Naturally Occuring Radioactive Material (terme retenu à l'international) ;
- TENORM : Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Material, pour les déchets technologiques ;
- RNR : radioactivité naturelle renforcée (ancienne appellation, antérieure à 2018) ; la notion de RNR couvre un scope plus large que celui des SRON.

Radionucléides naturels	Valeur limite d'exemption VE en concentration (kBq/ kg)
K 40	10
U 238 et sa filiation radioactive	1
Th 232 et sa filiation radioactive	1

Radioactivité naturelle dans les matières solides – valeurs d'exemption [4]

Lorsque les teneurs excèdent les valeurs d'exemption, des dispositions particulières pour la gestion de ces déchets sont définies par la circulaire du 25 juillet 2006, qui s'appliquait initialement aux déchets RNR (à radioactivité naturelle renforcée) [5]. Ces déchets peuvent être admis dans une installation de stockage de déchets conventionnels lorsque leur activité radiologique le permet, avec un contrôle radiologique adapté :

« Les déchets à radioactivité naturelle renforcée peuvent être admis dans une installation de stockage de déchets non dangereux lorsqu'ils respectent les conditions d'acceptation prescrites dans l'arrêté préfectoral de l'installation. »

Dans les faits, les déchets à radioactivité naturelle peuvent ainsi être stockés dans les Installations de stockage de déchets dangereux conventionnels (ISDD), dès lors que l'activité en radionucléides naturels des chaînes de l'uranium et du thorium est inférieure à 20 Bq/g, et si leur arrêté préfectoral les y autorise.

En pratique, actuellement, le seuil pris en compte par les exploitants d'ISDD est plutôt de 10 Bq/g au maximum. Les déchets ne sont pas non plus acceptés s'ils sont soumis à la réglementation de transport routier des marchandises radioactives (réglementation ADR – classe 7).

Au-delà de 20 Bq/g pour les chaînes de l'uranium et du thorium, et pour les déchets à radioactivité d'origine non naturelle (radioactivité d'origine industrielle, médicale, de la recherche...), la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement prévoit que l'installation de stockage de déchets relève de la rubrique 2797. Seul le Cires est actuellement autorisé sous cette rubrique.

Il est à noter que la réglementation prévoit également la possibilité de stocker les déchets à radioactivité naturelle renforcée dans des Installations de stockage de déchets non dangereux (ISDnD), des Installations de stockage de déchets inertes (ISDI), ce qui n'est pas effectif à ce jour. En effet, les conditions d'exploitation d'ISDnD ne sont généralement pas techniquement et financièrement adaptables aux exigences de radioprotection requises pour l'accueil de déchets à radioactivité naturelle. A titre d'exemples, ces centres ne sont pas équipés et organisés pour procéder à des contrôles qualitatifs par prélèvement et analyse sur chaque camion entrant, ce qui est effectif sur les ISDD, qui disposent d'un laboratoire de contrôle sur leur site. Par ailleurs, la conception des ISDnD, en particulier la nécessité de disposer de réseaux de collecte et de traitement du biogaz, nécessiterait également d'ajuster les conditions de radioprotection des équipes. Même si la réglementation le permet, aucune ISDnD n'a aujourd'hui demandé à accueillir des déchets à radioactivité naturelle.

Des dispositifs réglementaires (portique de détection de la radioactivité) équipent les ISDnD en entrée de sites et permettent le contrôle de chaque chargement et la détection de sources radioactives ponctuelles ; ces chargements font l'objet d'une procédure de gestion en cas de détection (tri des déchets isolement du déchet radioactif et élimination en filière adaptée).

De même, les ISDI doivent disposer de procédure de détection de la radioactivité à l'entrée du site dès lors que le site accueille des déchets d'origines diverses (stockage collectif).

En définitive, 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, en théorie inférieure à 20 Bq/g, et en pratique inférieure à 10 Bq/g. Le tableau en annexe 1 récapitule les exutoires en fonction des origines et activité radiologiques des déchets.

Actuellement, la réglementation française ne permet pas l'accueil dans ces installations des autres déchets présentant de la radioactivité : déchets SRON d'activité massique > 20 Bq/g ou déchets issus d'installations nucléaires.

Une évolution de la réglementation nationale sur les déchets serait nécessaire dans le cas où il serait envisagé d'élargir la possibilité de stocker en ISDD d'autres déchets présentant de la radioactivité.

6.2 Principes d'acceptation des déchets SRON en ISDD

6.2.1 Schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire (SRADDET) et gestion des déchets

Le SRADDET fixe les objectifs de moyen et long-terme sur le territoire de la région dans de nombreux domaines notamment en matière de prévention et gestion des déchets. A ce titre, il se substitue au plan régional de prévention et gestion des déchets.

Les objectifs du SRADDET déclinent régionalement les objectifs nationaux de prévention et de gestion des déchets fixés à l'article L.541-1 du code de l'environnement ainsi que les priorités à retenir pour atteindre ces objectifs (article R.4251-7 du code général des collectivités territoriales - CGCT)

Les règles en matière de prévention et de gestion des déchets figurent dans le fascicule du SRADDET (article R.4251-12 du CGCT). Ces règles indiquent entre autres les installations de stockage de déchets qu'il apparaît nécessaire de fermer, d'adapter et de créer, sur la base de l'état des lieux de la prévention et de la gestion des déchets dans la région, ainsi que la prospective de l'évolution tendancielle des quantités de déchets produites sur le territoire. Le périmètre d'application des SRADDET ne couvre pas les déchets radioactifs.

Avant sa mise en service, toute installation de stockage doit s'assurer qu'elle est compatible avec le SRADDET de la région concernée, c'est-à-dire qu'elle n'est pas en contrariété avec ce dernier.

A terme, si les ISDD sont autorisés à recevoir des déchets radioactifs, ces éléments devront donc être intégrés dans les SRADDET et le PNGMDR.

6.2.2 Principes de l'accueil de SRON en ISDD

Aujourd'hui, la limitation de l'acceptation de ces déchets à radioactivité naturelle renforcée en ISDD résulte de deux principes fondamentaux :

- La **radioprotection** de la population la plus exposée, à savoir les opérateurs, lors de la mise en stockage (en exploitation normale) ; selon l'ASN, l'IRSN et la circulaire du 25 juillet 2006, l'exposition en ISD doit rester négligeable ;
- Le **caractère limité des quantités de déchets stockés** : selon l'IRSN, l'accueil de ces déchets est possible « *sous réserve que le centre de stockage ne soit pas amené à voir se multiplier les réceptions de déchets à radioactivité naturelle au point qu'ils finissent par constituer une part notable du volume total de déchets stockés* ».

Pour définir ses critères d'acceptation, chaque ISD souhaitant recevoir des déchets SRON fait réaliser par un organisme extérieur une **étude d'acceptabilité**, conformément à la circulaire du 25 juillet 2006. Elle se réfère pour cela au Guide méthodologique de l'IRSN pour l'acceptation de déchets présentant une radioactivité naturelle dans les installations d'élimination de déchets [6] .

L'étude d'acceptabilité (une étude spécifique par lot homogène ou une étude générique pour plusieurs lots) est réalisée sous la responsabilité de l'exploitant du centre de stockage ; elle vise à examiner si l'impact résultant de la prise en charge de ces déchets au sein du centre de stockage est négligeable du point de vue de la radioprotection. En pratique un seuil de 1 mSv/an est fixé (sur une année glissante) par les arrêtés préfectoraux des ISD acceptant des déchets SRON. Ce seuil ne couvre pas l'inhalation de radon, qui est gérée par limitation de l'activité volumique à 400 Bq.m⁻³ dans l'air sur les lieux de travail.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 42/48
--	---------------------------	----------------	--------------

Au regard de l'environnement, il n'est pas demandé aux ISD une évaluation de la capacité de rétention des radionucléides sur le long terme, mais l'exploitant doit justifier que les dispositions limitant toute possibilité de transfert de radioactivité dans l'environnement existent sur l'installation. Par ailleurs, les ISD doivent répondre à des exigences de moyens qui permettent d'assurer un certain confinement, à des vérifications sur site du chargement à l'arrivée sur site, et une surveillance radiologique de l'environnement peut être mise en place.

Les dispositions d'acceptation de ces déchets sont intégrées à l'arrêté préfectoral d'exploitation de l'ISDD concernée.

Les principes généraux applicables en ISDD pour l'accueil de déchets présentant de la radioactivité sont, en complément des exigences générales requises pour la gestion des déchets admis, des principes de radioprotection et de limitation des quantités stockées.

6.3 Etat des lieux des ISDD accueillant des SRON

Les installations de stockage de déchets dangereux (ISDD) sont des installations classées pour la protection de l'Environnement sous la rubrique 2760 – 1 : « Installation de stockage de déchets dangereux ».

Elles sont soumises à autorisation préfectorales, avec classement ou non sous statut SEVESO.

Selon le ministère de l'Environnement, la France dénombre actuellement 13 ISDD, dont 3 sont actuellement autorisées à accueillir des déchets SRON :

- ISDD d'Argences exploitée par SOLICENDRE (14), du groupe SARPI-VEOLIA : ce site dispose d'un arrêté préfectoral² l'autorisant à accepter des déchets SRON à hauteur de 8 000 t/an, pour une autorisation totale de déchets à 50 000 t/an, jusqu'en 2030 ;
- ISDD de Bellegarde exploitée par SARPI Minerals France - (30), du groupe SARPI-VEOLIA : ce site dispose d'un arrêté préfectoral³ l'autorisant à accepter des déchets à radioactivité naturelle renforcée (sans tonnage indiqué), pour une autorisation globale à 183 000 t/an, jusqu'en 2039 ; la zone de chalandise des déchets dangereux est la région Occitanie, la région Corse, les régions limitrophes (Nouvelle Aquitaine, Auvergne-Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte d'Azur) et des départements et territoires d'outre-mer ;
- ISDD de Villeparisis (93) exploitée par SUEZ RR IWS Minerals France, est autorisé⁴ à l'accueil de SRON à hauteur de 9 000 t/an pour une capacité maximale de 250 000 t/an, l'autorisation d'exploitation actuelle expirant en avril 2025, avec une zone de chalandise essentiellement en Ile de France ; Suez RR IWS Minerals France a un projet de nouvelle ISDD en Seine et Marne, d'une capacité de 200 000 t/an sur 18 ans⁵ ; aucune information n'est communiquée sur les perspectives d'accueil de SRON ;

Nota : Des déchets très faiblement radioactifs issus de démantèlements d'installations nucléaires de bases ont été stockés en faible quantité sur l'ISDD de Champeussé sur Baconne (49) entre 1987 et 1992 ; le site n'est plus autorisé à l'accueil de ces déchets.

VEOLIA a indiqué que les exploitants d'ISDD font état d'un tonnage d'environ **20 à 25 000 t de déchets présentant de la radioactivité naturelle accueillis annuellement sur ces trois ISDD autorisées pour leur accueil**. Ce tonnage représente en moyenne 5 % des tonnages de déchets dangereux autorisés dans ces ISDD (maximum 16% selon le site considéré).

A titre indicatif, ce tonnage peut être mis en regard de la production de déchets radioactifs de très faible activité (issus d'installations nucléaires, ou à radioactivité naturelle d'activité massique supérieure à 20 Bq/g), qui représentent actuellement 38 000 t/an⁶, dont 24 000 t/an sont stockés au Cires.

² Arrêté préfectoral du Calvados n°2019/B341 du 4 septembre 2019

³ Arrêté préfectoral du Gard n°19.0009N du 18 janvier 2019

⁴ Arrêté préfectoral de Seine-et-Marne n°2020/31 du 18 juin 2020

⁵ Source : PRPGD Ile de France – Novembre 2019 <https://www.iledefrance.fr/espace-media/divers/PRPGPD/CHAPITRE-III.pdf>

⁶ Densité moyenne de 1

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 43/48
--	---------------------------	----------------	--------------

Les perspectives actuelles font état de capacités de stockage existant pour les 10 à 15 prochaines années. Quelques projets de prolongation / extension de sites existants sont à l'étude, ainsi que deux projets d'ouverture, en Ile-de-France et dans les Hauts-de-France. Il est à souligner qu'aucune nouvelle ISDD collective n'a été ouverte ces 20 dernières années.

Les exploitants d'ISDD soulignent ainsi leur nécessaire prudence sur la préservation des capacités de stockage en ISDD.

Plusieurs exploitants d'ISDD disposent déjà d'une solide compétence dans la gestion de déchets présentant de la radioactivité, puisque 3 sites accueillent, contrôlent et stockent des déchets présentant de la radioactivité naturelle mais dont l'activité massique reste limitée (SRON).

D'autres déchets présentant des caractéristiques comparables aux SRON pourraient ainsi être accueillis en ISDD, sous réserve de l'évolution de la réglementation, des SRADDET, ainsi que des autorisations préfectorales des ISDD souhaitant accueillir ces autres déchets.

6.4 Perspectives

Ainsi qu'il a été mentionné précédemment, il n'est actuellement pas possible de stocker des « déchets radioactifs » dans des installations de stockage de déchets dangereux.

Un processus d'évolution réglementaire serait un prérequis pour permettre toute évolution future des conditions d'acceptation en ISDD de nouveaux déchets présentant de la radioactivité. Une analyse juridique complète devra être engagée pour définir l'ensemble des actions à mener et le calendrier prévisionnel associé.

La participation du public et des parties prenantes locales doit être intégrée à la démarche. Une des actions du PNGMDR 2022-2026 prévoit d'ores et déjà la tenue en 2023 d'une analyse multi-acteurs et multicritères (AMAMC) des options de gestion des déchets TFA (article 17 de l'arrêté PNGMDR 2022-2026) et l'envoi de certains déchets en ISDD est une option de gestion qui sera examinée dans ce cadre. Les procédures de participation du public associées feront également l'objet d'une planification.

La justification de faisabilité technique et économique, nécessairement itérative, doit débiter par la **définition de l'intérêt commun** des parties prenantes que sont les Producteurs de déchets, les exploitants d'ISDD et l'Andra :

- Définition de la **typologie des déchets** radioactifs susceptibles d'être concernés ; trois catégories de déchets pourraient être envisagé :
 - o Des déchets présentant des radionucléides d'origine naturelle, de faible activité massique (<20 Bq/g), mais issus de l'industrie électronucléaire ;
 - o Des déchets SRON présentant une activité massique supérieure à 20 Bq/g ;
 - o Certains déchets radioactifs issus d'installations nucléaires, contenant d'autres radionucléides que le potassium, l'uranium et le thorium.
- Définition des **origines, flux et chronique** de production de ces déchets ;
- **Principe des conditions d'acceptation** : modalités pratiques, enjeux économiques, enjeux locaux...

Cette première étape, initiée entre EDF, Orano, le CEA, Framatome et l'Andra d'une part, et VEOLIA d'autre part, nécessitera d'être étendue à d'autres exploitants d'ISDD, qu'ils accueillent ou non actuellement des déchets SRON.

En parallèle, des réflexions doivent être menées sur les **principes directeurs et de doctrine** applicables à la gestion des déchets présentés ci-dessus et sur les **principes de prise en compte des impacts à moyen et long terme** dans la conception et la surveillance des ISDD pour les déchets considérés. Les critères associés à la prise en charge de déchets radioactifs en ISDD sont actuellement définis vis-à-vis de la radioprotection des travailleurs, alors que ceux associés à la prise en charge de déchets au Cires sont établis en prenant également en compte des études d'impact à long terme.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 44/48
--	---------------------------	----------------	--------------

La feuille de route de la démarche pourrait ainsi être représentée par les macro-tâches suivantes :

Intérêt commun / typologie de déchets	Faisabilité technico-économique		<i>Ouverture vers le stockage d'autres déchets présentant de la radioactivité en ISDD</i>
Principes directeurs / doctrine			
AMAMC des déchets TFA			
Participation du public			
Analyse juridique	Evolution réglementaire, SRADDET	Autorisations préfectorales	

Feuille de route de l'étude de faisabilité de la gestion en ISDD des déchets radioactifs

7 SYNTHÈSE - CONCLUSION

Parmi les actions relatives à la gestion des déchets TFA, l'action TFA.3 du PNGMDR a demandé au CEA, à EDF, à Framatome et à Orano, en lien avec l'Andra, de poursuivre les études de faisabilité de solutions de stockage décentralisées des déchets sur site ou à proximité des sites de production de déchets. Une analyse relative à la possibilité de stocker des déchets de très faible activité dans des installations de stockage de déchets dangereux est également prescrite.

En réponse, ce livrable présente le cadre réglementaire actuel applicable aux installations de stockage de déchets, les états d'avancement des études menées par Orano, par EDF et par le CEA, ainsi que l'état d'avancement de l'analyse quant à la possibilité de stocker des déchets TFA dans des installations de déchets dangereux conventionnels.

La réglementation française actuelle définit les exigences de conception d'une installation de stockage de déchets uniquement pour les déchets à caractère « conventionnel » (au sens « non radioactifs »), qu'ils soient inertes (Installation de Stockage de Déchets Inertes – ISDI), non dangereux (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux – ISDND) ou dangereux (Installation de Stockage de Déchets Dangereux – ISDD).

Les exigences de conception du Cires sont définies dans l'arrêté préfectoral d'autorisation de son exploitation, et s'appuient sur celles d'un stockage de déchets dangereux (ISDD).

Orano a présenté sa démarche d'analyse de l'implantation d'un concept de stockage de certaines catégories de déchets sur un de ses sites. Cette démarche a consisté à identifier le site Orano La Hague dont les caractéristiques hydrogéologiques sont les plus appropriées et disposant à terme d'un gisement potentiel de déchets dont les caractéristiques chimiques et radiologiques seraient compatibles avec un concept de stockage sur site. De ces éléments ont été déterminées les principales caractéristiques techniques et fonctionnelles d'un concept de stockage adapté à différents gisements, en prenant en considération les flux de production pour déterminer les éventuelles contraintes d'exploitation qui en résultent.

La recherche de zones d'implantation sur le site Orano La Hague, ou à proximité immédiate de celui-ci, n'a cependant pas permis de donner une issue favorable à ce stade, soit faute de disponibilité de parcelles aux dimensions requises sur ce site, soit par incompatibilité ou à cause de difficultés majeures sur les zones à proximité immédiate de ce site.

L'analyse technico-économique qui a été menée en parallèle a permis d'écarter les configurations non optimales en termes de capacité de stockage ou d'interruption de la phase de fonctionnement, de préciser les conditions à satisfaire avec un potentiel impact économique substantiel tout en considérant la prudence à apporter aux évaluations financières dans un contexte de fortes inflations économiques.

EDF a présenté sa démarche qui a consisté à identifier, dans un premier temps, un gisement de volume conséquent et présentant des caractéristiques en lien avec les problématiques de saturation du CIRE : les blocs sodés de Creys-Malville. En raison de leur entreposage actuel sur le site, l'implantation étudiée, à savoir le site de Creys-Malville, pour un concept de stockage décentralisé s'est donc logiquement imposée.

A date, l'étude de conception d'une installation de stockage décentralisée et les caractérisations complémentaires des blocs sodés n'ont pas totalement abouti. Il s'avère toutefois que, compte tenu des éléments à disposition et en prenant en considération les exigences de conception d'un stockage de déchets dangereux, la géologie du site de Creys-Malville ne présente pas les caractéristiques de perméabilité attendues pour la nature des déchets étudiés, nécessitant un apport extérieur très important d'argile générant un fort impact environnemental et financier. Toutefois, des études complémentaires pour l'estimation des coûts et de recherche d'un autre site nucléaire à proximité du site de Creys-Malville présentant des caractéristiques géologiques plus favorables seraient à mener.

Enfin, le CEA a procédé à une étude préliminaire prenant en compte les volumes de déchets potentiellement concernés, l'emprise foncière disponible ainsi que les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de ses différents sites (Saclay, Fontenay-aux-Roses, Marcoule et Cadarache). Il en ressort qu'aucun de ces sites ne serait favorable, en première approche, à l'implantation d'un futur site de stockage décentralisé.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 46/48
--	---------------------------	----------------	--------------

Sur la base des exigences réglementaires définies pour les installations de stockage de déchets conventionnels, les démarches réalisées jusqu'à présent ont permis de mettre en exergue les aspects les plus dimensionnants pour la conception d'un centre de stockage décentralisé de déchets TFA sur site ou à proximité des sites nucléaires, à savoir, en premier lieu, le choix de la zone d'implantation. En effet, il s'avère que les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du site d'accueil ont une forte influence sur l'impact environnemental et sur les aspects économiques. En lien avec ces conditions géologiques, les caractéristiques physico-chimiques (dangereux / non dangereux / inerte) et radiologiques des déchets à stocker vont directement impacter la conception du stockage et le coût associé.

Un élément important consiste également à disposer d'un gisement de volume suffisant et dont la chronique de production n'est pas trop étalée dans le temps. Les études menées jusqu'à présent sur le plan économique ont permis de préciser les nombreuses conditions à satisfaire pour envisager que la solution d'un stockage décentralisé soit économiquement compétitive par rapport à la solution existante de stockage centralisé.

Dans le cadre de l'analyse relative à la possibilité de stocker des déchets de très faible activité dans des installations de stockage de déchets dangereux, les échanges entre l'Andra, les producteurs de déchets radioactifs et les exploitants d'installations de stockage de déchets « conventionnels » ont débuté et doivent se poursuivre. Pour rappel, 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. Pour instruire la possibilité d'élargir les critères d'acceptation dans les installations de stockage de déchets dangereux, il conviendra d'étudier différents aspects dont notamment les aspects juridiques, techniques, environnementaux, organisationnels et sociétaux.

PNGMDR 2022-2026 : Etude sur la faisabilité de solutions de stockage décentralisées de déchets TFA	Réf. : DSSN DIR 2023-0186	Septembre 2023	Page : 47/48
--	---------------------------	----------------	--------------

8 REFERENCES

- [1] Circulaire Ministérielle du 25/07/06 relative à l'acceptation de déchets à radioactivité naturelle renforcée ou concentrée dans les centres de stockage de déchets <https://aida.ineris.fr/>
- [2] Arrêté du 30 décembre 2002 relatif au stockage de déchets dangereux <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000005634259/2020-12-01/>
- [3] Arrêté du 3 juillet 2019 relatif aux caractérisations radiologiques de matériaux, matières, produits, résidus ou déchets susceptibles de contenir des substances radioactives d'origine naturelle
- [4] Annexe 13-8 de la première partie du code de la santé publique
- [5] Circulaire Ministérielle du 25/07/06 relative Installations classées - Acceptation de déchets à radioactivité naturelle renforcée ou concentrée dans les centres de stockage de déchets
- [6] Guide méthodologique pour l'acceptation de déchets présentant une radioactivité naturelle dans les installations d'élimination de déchets <https://www.irsn.fr/actualites/guide-methodologique-pour-lacceptation-dechets-presentant-radioactivite-naturelle-dans>
- [7] Schéma Industriel pour la gestion des déchets TFA 1ère partie : Définition des OPTIONS de gestion (Article 17 de l'arrêté du Ve PNGMDR), 2023 <https://www.asn.fr/espace-professionnels/installations-nucleaires/le-plan-national-de-gestion-des-matieres-et-dechets-radioactifs#pngmdr-2022-2026>

9 ANNEXES

ANNEXE 1 : OPTION DE GESTION DES DECHETS ET RESIDUS SELON L'ORIGINE DE LEUR RADIOACTIVITE, LEUR TYPE ET ACTIVITE MASSIQUE

Radioactivité	Type déchet	Type de stockage Activité massique du déchet	ISDI	ISDND	ISDD	Cires	Autre [6]	Stockage
			(2760-3)	(2760-2)	(2760-1)	(2797-2)		s miniers (1735)
NATURELLE	Résidus miniers	/						[3]
	SRON [3]	<VE Bq/g	[1]	[1]	[1]			
		>VE et <20 Bq/g		[2]	[2]			
Déchet radioactif SRON	>20 Bq/g et < 100 Bq/g				[4]			
	>100 Bq/g				[5]			
ARTIFICIELLE	Déchet radioactif	< 100 Bq/g				[5]		
		> 100 Bq/g						

VE : valeur d'exemption (Art. R515-111 du CE)
pour : K 40 ; U 238 - Th 232 et RN fils

[1] : Selon caractéristiques physico-chimiques du déchet
[2] : Selon prescriptions préfectorales et contrôle radiologique
[3] : Selon origine du déchet
[4] : Selon la nature du RN (Capacité en Thorium limitée)
[5] : Selon spécifications d'acceptation
[6] : Autre filière existante ou en projet

Option de gestion non autorisée
Option de gestion privilégiée