

DOCUMENT TECHNIQUE

PNGMDR 2013-2015 SCHÉMA INDUSTRIEL POUR LA GESTION DES DÉCHETS TFA

Identification

PI NT ADI 150006

Août 2015

Page : 1/34

Ce document, bien que propriété de l'Andra,
peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation

SOMMAIRE

1.	Références	5
2.	Synthèse du document	5
3.	Contexte	6
4.	La filière TFA : une filière récente simple, spécifique au contexte français	7
4.1	<i>Une technique simple qui se rapproche du mode d'enfouissement des déchets conventionnels</i>	7
4.2	<i>Un centre construit rapidement à un coût maîtrisé</i>	9
4.3	<i>Des flux qui ont vite progressé, mais actuellement stables</i>	9
4.4	<i>Une capacité radiologique bien dimensionnée jusqu'à présent</i>	11
4.5	<i>Un gisement hétérogène</i>	12
4.6	<i>Des équipements de densification correctement utilisés, mais des marges de progrès existent</i>	13
4.7	<i>Des perspectives de production difficiles à cerner</i>	14
4.8	<i>Une extension possible des capacités du Cires, qui reste insuffisante à terme dans le schéma actuel.</i>	15
4.9	<i>Une date de saturation vraisemblablement postérieure à 2030 même sans optimisation particulière</i>	16
5.	Le schéma industriel TFA : les principaux enjeux	19
6.	Liste des projets en cours d'évaluation pour la filière TFA	20
6.1	<i>Les pistes liés à l'optimisation des volumes stockés</i>	20
6.2	<i>Les enjeux liés à la prise en charge de déchets « particuliers »</i>	22
7.	Analyse de pertinence des différentes optimisations volumiques envisagées	23
7.1	<i>La prise en charge optimisée de grands volumes – Un besoin générique</i>	24
7.2	<i>Le recyclage en objets métalliques est un souhait commun à beaucoup d'acteurs, mais pas suffisamment mature</i>	25
7.3	<i>Seuil de libération ou stockage sans contrainte de radioprotection ?</i>	26
7.4	<i>L'incinération spécialisée pour les déchets TFA</i>	26
7.5	<i>Le stockage sur site : une solution souvent évoquée mais qui n'aurait d'intérêt que dans le cas de quantités de déchets très supérieures aux prévisions actuelles</i>	27
8.	Les principaux scénarios	27
8.1	<i>Scénario nominal : extension à plus de 900 000 m³ du centre TFA actuel puis construction d'un second centre TFA, dimensionné à 1 200 000 m³.</i>	27
8.2	<i>Des scénarios économiquement modérés permettant de réduire les capacités de stockage TFA nécessaires</i>	28
8.2.1	Scénario de recyclage dans le nucléaire	28
8.2.2	Scénario de recyclage hors nucléaire	29
8.2.3	Scénario stockage TTFA	29
8.2.4	Scénario intra- nucléaire « avancé »	30

8.2.5	Scénario d'application de la directive européenne avec seuil de libération	31
<i>8.3</i>	<i>Scénario extrême pour un inventaire de déchets TFA démultiplié à terminaison.</i>	<i>32</i>
9.	Les exemples de gestion des déchets TFA à l'étranger	32
10.	Les propositions	33
11.	Un suivi à mettre en œuvre	34

1. Références

Démantèlement : Propositions de l'Andra pour une gestion optimisée des déchets radioactifs induits : DI/DIR/13-0072.

Recyclage des Gravats (bétons concassés) - RAPPORT PNGMDR - EXP.RP.ADI.12-0001 - janvier 2012

« Point de vue de l'Andra sur le développement d'une filière de recyclage des déchets métalliques ferreux TFA » PINTADI140008 - Mars 2015

Rapport PNGMDR AREVA-CEA-EDF : évaluation des modalités de réalisation d'une filière de valorisation des matériaux métalliques issus du démantèlement des installations nucléaires.

Arrêté n°2012040-0002 du préfet de l'Aube du 9 février 2012 autorisant l'Andra à exploiter un centre de stockage de déchets TFA de regroupement et d'entreposage de déchets radioactifs.

2. Synthèse du document

La filière de déchets radioactifs de Très Faible Activité (TFA), opérationnelle depuis 2003, est désormais la principale voie de gestion des déchets radioactifs français, en termes de volumes. Le centre de stockage actuel TFA (Cires), a été dimensionné pour 30 ans d'exploitation, ciblant principalement les déchets de démantèlement des installations nucléaires de première génération. Il ne permet pas d'accueillir tous les déchets issus des démantèlements à venir.

L'inventaire national 2015 a recensé 1 100 000 m³ de déchets TFA produits à l'horizon 2030. Plusieurs scénarios de gestion des déchets ont été analysés, notamment dans l'objectif de réduire les flux de déchets à stocker.

Les principales pistes aujourd'hui identifiées qui permettraient de réduire les capacités nécessaires, sous réserve de viabilité technico-économique, sont les suivantes :

1 - De grandes quantités de déchets TFA métalliques vont être produites dès la prochaine décennie. Pour de très grands lots (comme Eurodif : 150000 tonnes) il devrait être possible de démontrer, après traitement, l'absence de contamination résiduelle supérieure aux niveaux naturels. Dans une démarche d'économie circulaire, il est nécessaire de privilégier la réutilisation de ces matériaux. **Une installation de fusion présentant des capacités de décontamination est le principal équipement à mettre en œuvre à partir du moment où les débouchés sont clairement identifiés.**

2 - Pour viabiliser le recyclage des métaux, **les débouchés possibles pour une réutilisation sont à examiner y-compris dans le secteur non nucléaire.** En effet, les besoins identifiés aujourd'hui dans l'industrie nucléaire ne pourront pas absorber beaucoup plus que 10% des matériaux valorisables. Le cadre réglementaire actuel permet une telle réutilisation. Toutefois, des procédures adaptées doivent être mieux définies, en lien avec l'Autorité de Sûreté Nucléaire.

3 - **30% à 50% de déchets TFA produits dans les zones « à déchets nucléaires » ont probablement des niveaux de radioactivité nuls ou non détectables.** Outre la nécessaire adaptation du zonage en phase de démantèlement, la démonstration, objet par objet, d'absence de radioactivité résiduelle est cependant un objectif délicat à atteindre, surtout pour des lots hétérogènes. **L'introduction d'un mécanisme du type « seuil de libération » permettrait de réduire les volumes à stocker, mais son efficacité pratique serait à vérifier,** notamment au regard du retour d'expérience à l'étranger. Ce retour d'expérience, souvent présenté comme exemplaire, est d'ailleurs à évaluer plus en détail, en particulier du point de vue économique.

4 - **Une filière de stockage au concept calqué sur les ISDND (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux) pourrait être une alternative à la « libération » pour les déchets inertes les moins actifs.** Une telle alternative peut présenter un bon compromis en termes de coûts (gestion de grands volumes sans colisage particulier, traçabilité globalisée, surveillance proportionnée) et d'acceptabilité sociale (pas de risque de réutilisation de matériels avec des traces potentielles de radioactivité artificielle).

Ce type de stockage pourrait être mis en œuvre sur des sites de démantèlement et/ou sur des sites de regroupement régionaux, s'ils sont adaptés.

5 - D'autres voies de réduction de volume pourraient être mises en œuvre, mais à des coûts plus élevés. Ainsi 10% des volumes pourraient être incinérés, mais pour un coût au m³ plusieurs fois plus élevé que le stockage et au prix de rejets atmosphériques.

Des optimisations volumiques apparaissent donc possibles, même si les coûts de gestion pourront être plus élevés que la filière « tout stockage » actuelle. Il importe donc de poursuivre les études, notamment économiques, pour proposer un schéma équilibré entre stockage et actions de réduction des déchets ultimes permettant de gérer les 2 millions de m³ TFA produits à la fin des opérations d'exploitation et de démantèlement des installations nucléaires, existantes ou décidées.

Par ailleurs, des gains d'efficacité et des progrès dans les modes d'exploitation permettraient d'augmenter, à même périmètre physique, la capacité technique du centre de stockage actuellement en exploitation (Cires) de 250 000 m³ environ. C'est une opportunité à saisir pour atteindre l'échéance de 2030 sans rupture de charge. Il est donc envisagé d'engager une procédure d'**extension de capacité réglementaire volumique du Cires** entre 2020 et 2025.

Dans tous les cas de figure étudiés, il apparaît indispensable de créer autour de 2030 (au regard des calendriers de démantèlement actuels) un nouveau centre de stockage TFA, en particulier pour le démantèlement du parc actuel de réacteurs. Selon les optimisations envisagées, la capacité nécessaire pour un deuxième centre TFA serait de **600 000 m³ à 1 200 000 m³** pour prendre en charge tous les déchets à terminaison des installations nucléaires actuelles.

Cependant **le risque d'une forte augmentation des volumes de déchets TFA de type « terres et gravats » est réel**, selon les objectifs d'assainissement qui pourraient être exigés. Outre les conséquences économiques pour gérer des déchets, dont une partie est sans impact sanitaire voire sans radioactivité ajoutée mesurable, **une solution fondée uniquement sur un (ou des) stockage(s) centralisé(s) ne serait alors plus nécessairement pertinente.** En complément de l'étude des solutions de gestion, un travail sur les exigences d'assainissement apparaît comme un enjeu clé.

Un état des lieux de l'avancement des travaux relatifs à la gestion des déchets TFA sera présenté annuellement au COCIDRA de manière à s'assurer de la cohérence des actions engagées par les différents acteurs. Un point d'avancement sera présenté en PNGMDR tous les trois ans au moment de la mise à jour de l'inventaire national. Cette information sera également transmise au HCTISN.

3. Contexte

Démarré en 2003, le stockage de déchets de Très faible Activité est une filière mise en place très récemment, alors que le stockage industriel des déchets radioactifs s'est amorcé en 1969 en France.

En quelques années, il est devenu, en termes de volumes, la première filière de stockage de déchets radioactifs. Prévu pour 30 ans d'exploitation, le Cires (Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage des déchets TFA), ex « CSTFA », a vu ses prévisions de livraisons largement dépasser les estimations initiales. Les programmes de démantèlement devraient ainsi constituer les principales activités génératrices de déchets TFA.

Pour faire face à cette saturation annoncée, qui pourrait handicaper la filière nucléaire, et les démantèlements en particulier, l'Andra, en relation avec les producteurs et sous contrôle de l'Etat, étudie depuis plusieurs années des solutions d'optimisation et d'extension de cette filière.

L'article 11 du décret PNGMDR du 27 décembre 2013 a fixé à l'Andra l'objectif suivant : *« L'ANDRA propose aux ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire, pour le 30 juin 2015, un schéma industriel global répondant aux besoins de nouvelles capacités de stockage des déchets radioactifs de très faible activité. L'ASN est saisie pour avis sur ce schéma ».*

L'objectif de ce document est :

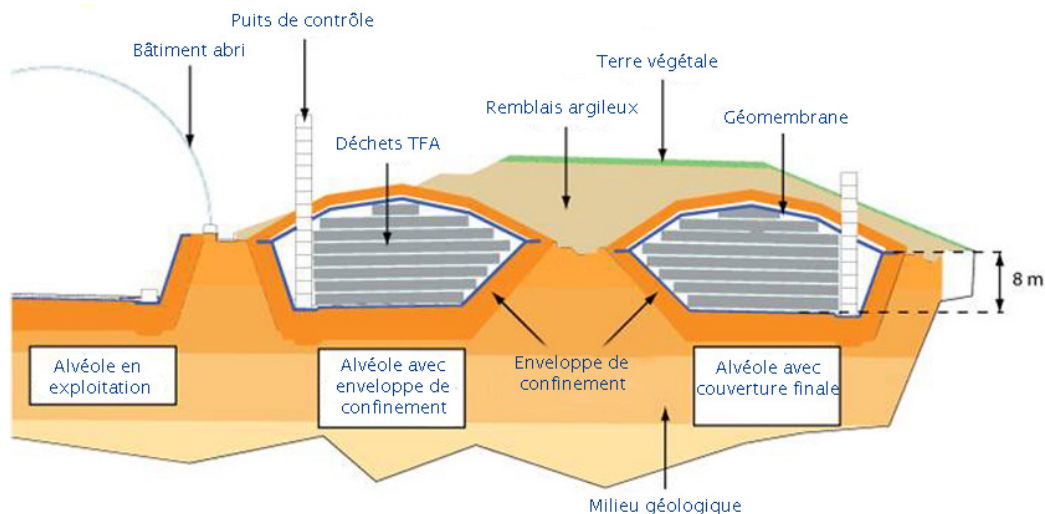
- De rappeler les états des lieux quantitatifs et qualitatifs de la filière ;
- De consolider les perspectives de production des producteurs ;
- D'inventorier les possibilités d'optimisation et d'extension des capacités industrielles de la filière ;
- De prioriser les options d'optimisation envisagées ;
- D'exposer l'organisation mise en place pour suivre l'avancement des actions.

4. La filière TFA : une filière récente simple, spécifique au contexte français

L'idée d'un nouveau centre de stockage a pris corps avec la constitution progressive d'une stratégie française de gestion des déchets radioactifs. La mise en place du zonage déchets, à la base de la gestion opérationnelle des déchets en France, a conduit à identifier des quantités importantes de déchets, à un niveau d'activité extrêmement faible, voire indétectable. Leurs caractéristiques radiologiques ne justifient pas un concept de stockage tel que le Centre FMA et les coûts associés.

La conception d'un stockage de déchets radioactifs pour ces niveaux d'activité est une spécificité française. Dans leur quasi-totalité, les autres pays considèrent ces déchets comme non radioactifs, puisqu'étant en général sous un seuil dit « de libération ». Il existe néanmoins des installations analogues en particulier en Espagne, sans toutefois être liées à une notion de zonage. Les faibles volumes en jeu y rendent les coûts unitaires bien plus élevés.

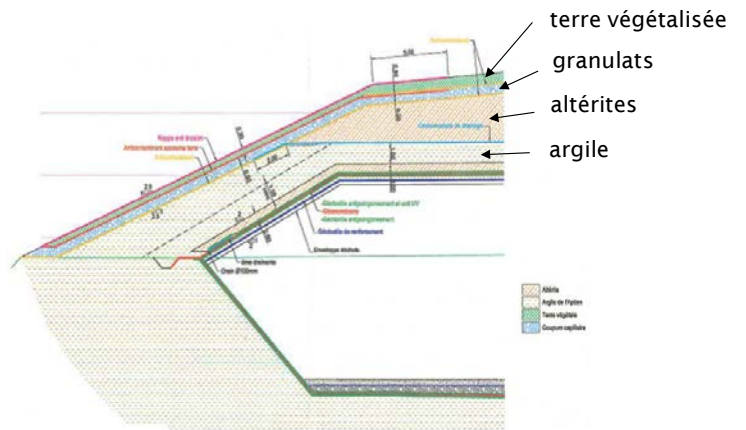
4.1 Une technique simple qui se rapproche du mode d'enfouissement des déchets conventionnels



Le stockage des déchets se fait dans des alvéoles creusées dans une argile peu perméable qui assure leur confinement à long terme. Le fond et les parois des alvéoles sont tapissés par une membrane étanche. Les déchets sont déposés dans les alvéoles, abrités des intempéries par une toiture mobile. Les alvéoles sont remblayées avec du sable et fermées par une membrane. Elles sont ensuite recouvertes d'argile. Un puits de visite dans l'alvéole permet de détecter les éventuelles infiltrations d'eau.

Le Cires est construit dans un environnement géologique favorable. Une couche argileuse très homogène de 15 à 25 mètres d'épaisseur constitue la roche d'accueil du centre. Ses propriétés, son imperméabilité en particulier, sont essentielles à la sûreté du stockage. Les circulations d'eau sont très faibles dans la formation sur laquelle repose la couche d'argile exploitée. La présence d'une nappe

captive sous le site de stockage a été prise en compte afin de s'assurer que les alvéoles de stockage soient toujours au-dessus du niveau supérieur que pourrait atteindre cette nappe.



Vis-à-vis des déchets de grandes dimensions, la même démarche que pour les déchets de faible et moyenne activité à vie courte est suivie. Une alvéole dotée de moyens de manutention « lourds » est en construction et devrait être fonctionnelle dès 2016.

4.2 Un centre construit rapidement à un coût maîtrisé

Contrairement au Centre de stockage des déchets FMA préfinancé par EDF, le CEA et AREVA, le centre de stockage TFA a été autofinancé par l'Andra. Ses fonctionnalités ont été déterminées en lien avec les producteurs nucléaires. Ainsi, dès le démarrage, des équipements de traitement ont été mis en service, visant à optimiser les volumes de déchets stockés. Tous les axes d'optimisation envisagés n'avaient toutefois pas été retenus dans cette première phase de conception.

Le coût d'investissement a été d'environ 40 M€²⁰⁰² et les coûts d'exploitation sont de l'ordre de 10 M€ par an (variables selon les volumes annuels livrés).

Les prévisions du contrat initial entre l'Andra et les producteurs étaient à l'origine les suivantes :

VOLUMES LIVRÉS À 30 ANS (m ³)	DIFFUS (1)	CEA	COGEMA + Entités AREVA	EDF	TOTAL
Déchets inertes stockables en l'état	21478	160458	63846	38693	284475
Déchets métalliques non compactables	22000	14586	113650	56892	207128
Déchets métalliques compactables	0	12300	33714	14404	60418
DIB compactables	0	8750	15825	30740	55315
Boues à solidifier	0	8800	100	1496	10396
Déchets dangereux ne nécessitant pas de stabilisation	0	1515	1875	12635	16025
Déchets dangereux à stabiliser	6000	150	60	399	6609
TOTAL	49478	206559	229070	155259	640366

Le centre a été dimensionné pour stocker 650 000 m³ de déchets en 30 ans, soit une moyenne de 20 000 m³ par an environ. Fin 2014, 280 000 m³ de déchets avaient déjà été stockés représentant un total de 300 000 colis environ.

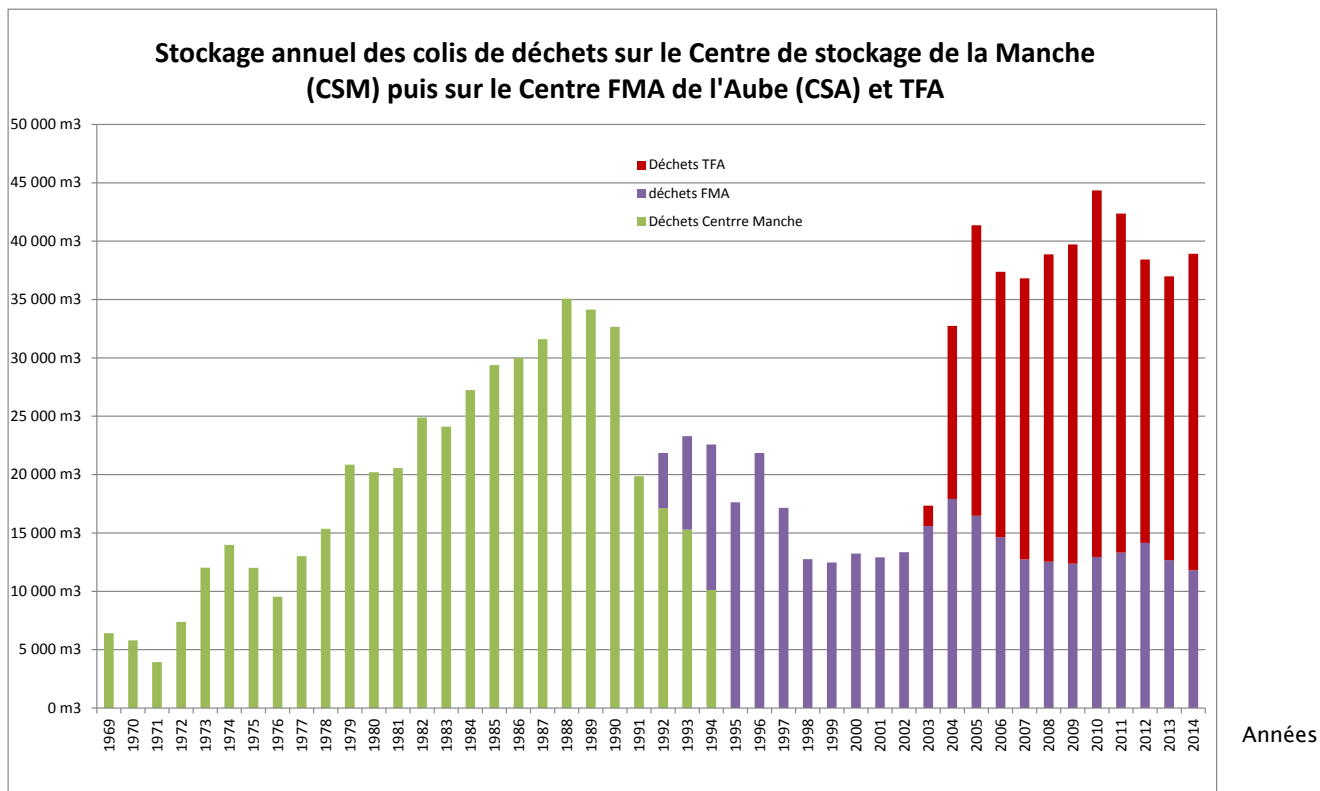
Une fraction significative des volumes, qualifiés de « compactables », devait alimenter les presses mises en service au démarrage (une presse pour les déchets métalliques et une presse pour les DIB¹ compactables). L'analyse des flux reçus depuis 10 ans a montré que cette prévision était optimiste (voir plus loin).

Le coût moyen du stockage (incluant l'amortissement des investissements) est de 500 €/m³. Il est à comparer au coût complet (investissement initial + coûts annuels d'exploitation) de stockage des déchets FMA, qui se situe à environ de 5000 €/m³. Ce coût peut donc être considéré comme modeste au regard de la filière « historique » FMA. Il est également bien plus faible que toutes les solutions techniques développées à l'international pour des déchets radioactifs (stockage ou décontamination).

4.3 Des flux qui ont vite progressé, mais actuellement stables

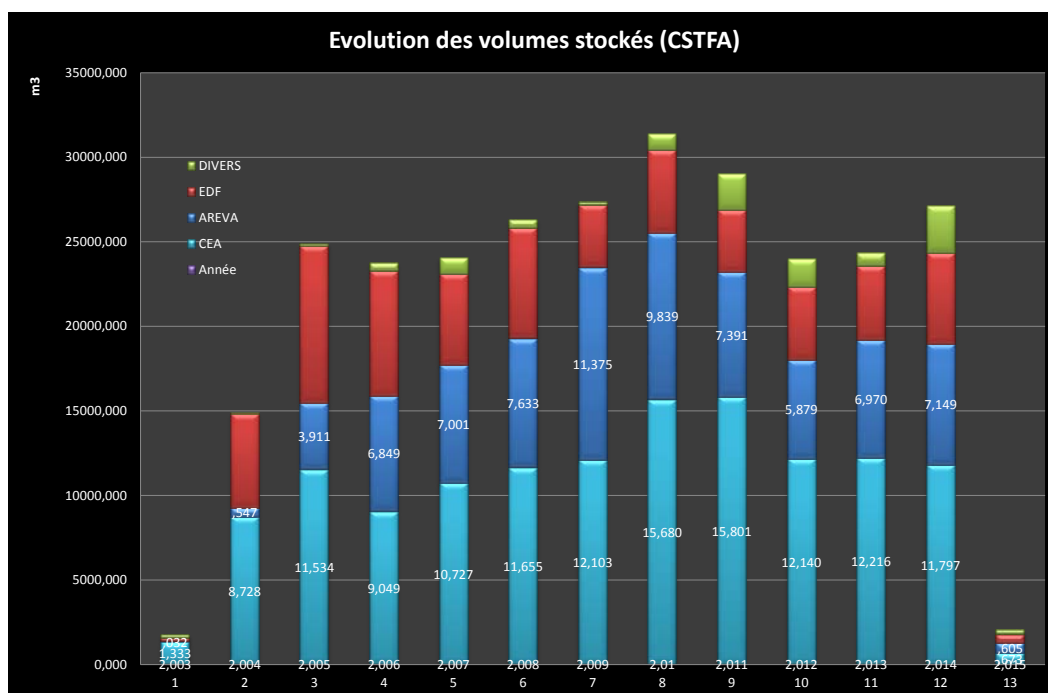
L'histogramme ci-après dresse le bilan des livraisons, sur les centres de stockage FMA et TFA.

¹ DIB : Déchets industriels banals, au sens de la réglementation des déchets de l'époque.



On constate que l'ouverture de la filière TFA en 2003 a permis la prise en charge de volumes bien plus importants qu'au CSA. Ceci a permis de lancer des campagnes d'assainissement et de démantèlement, en particulier dans les laboratoires et INB anciens du CEA. Certains déchets d'exploitation ont également pu être réorientés de la catégorie FMA vers la catégorie TFA, générant des économies, et une meilleure allocation des ressources de stockage.

La figure ci-après détaille, par producteur, les quantités de déchets annuellement stockées au Cires (anciennement CSTFA).



Le CEA est, depuis 2003, le principal producteur de déchets TFA. Ceci s'explique par le démantèlement en cours de ses anciens laboratoires, voire la dénucléarisation complète de certains centres.

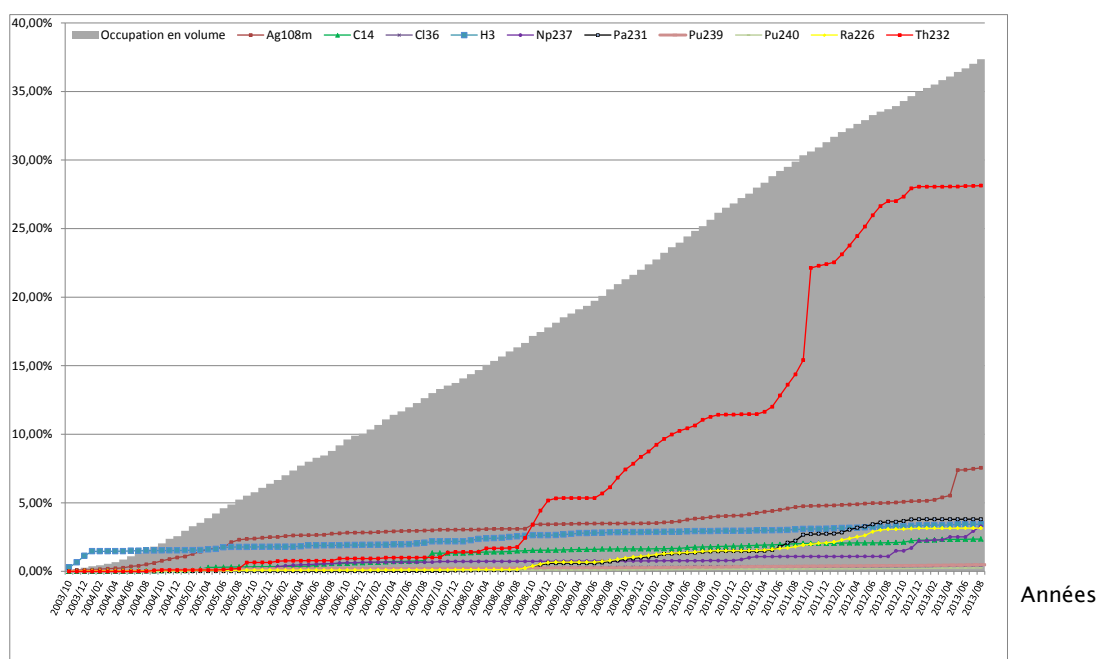
On note que les niveaux annuels de stockage ont dépassé rapidement les prévisions initiales d'environ 20 000 m³/an ainsi qu'indiqué précédemment. En 2009, le Cires a par conséquent investi pour être en mesure de stocker jusqu'à 35 000 m³/an.

On assiste désormais à un plafonnement des réceptions. Les flux annuels seront à l'avenir probablement moins importants que ce qui était envisagé il y a quelques années. Ceci est probablement dû à un étalement des démantèlements. Néanmoins, le planning continuera à faire apparaître un « pic » à gérer avec le démantèlement des installations d'Eurodif.

Dans la perspective de nouvelles capacités (de traitement ou de stockage), **une vision trop optimiste des calendriers de démantèlement** pourrait entraîner un risque de surdimensionnement des équipements. Par ailleurs, les flux maxima sont également corrélés aux moyens mis en œuvre chez les producteurs (sur les chantiers de démantèlement notamment) et par conséquent, contractuellement, dans les installations de l'Andra. Or ces moyens n'ont actuellement pas pour perspective d'augmenter significativement.

4.4 Une capacité radiologique bien dimensionnée jusqu'à présent

Le schéma ci-dessous montre que la consommation de capacité radiologique est bien plus lente que la consommation de capacité volumique réglementaire du stockage.



L'activité totale équivalente présente sur le Cires au 07/02/2014 représente, selon la méthode de calcul définie à la rubrique 1700 : $Q_{ICPE} = 1,86 \cdot 10^8$.

La répartition de cette activité sur le centre est la suivante :

- Pour le stockage : $Q_{ICPE} = 1,65 \cdot 10^8$
- Pour l'entreposage et le regroupement : $Q_{ICPE} = 2,18 \cdot 10^7$

Par ailleurs, l'activité totale équivalente a été calculée selon la méthode applicable aux installations nucléaires de base : $Q_{INB} = 1,82 \cdot 10^7$.

Ceci correspond à 1,82 % du seuil à partir duquel l'installation serait susceptible de relever du statut des INB ($Q_{\max} = 10^9$).

Seule la capacité radiologique en thorium (^{232}Th) apparait limitante. Dans les faits, certains déchets compatibles avec les limites d'activité massiques TFA ne pourront pas être pris en charge dans les conditions actuelles. Il s'agit de certains déchets de traitement de minerais de terres rares (Solvay) et de déchets liés à l'assainissement de sites non nucléaires aux contaminations historiques dont les responsables sont défaillants.

La question du stockage de volumes significatifs de déchets à Radioactivité Naturelle Renforcée (RNR) devra donc se poser (thorium-uranium). Les enjeux pourraient être importants en termes de coûts, si la filière FAVL devait être la seule solution.

Compte tenu des quantités qui pourraient être importantes, l'autorisation, en termes de capacité totale, serait certainement à faire évoluer. Une telle évolution pourrait être envisagée par exemple en liaison avec le développement du projet FAVL, auquel serait couplée une évolution significative de la filière TFA, voire la création d'un nouveau site TFA.

Une demande visant à faire évoluer la capacité radiologique du Cires a été présentée par Solvay, qui détient plus de 10 000 m³ de déchets de ce type, aujourd'hui considérés comme des déchets FAVL.

4.5 Un gisement hétérogène

La nature physique du gisement « moyen » de déchets TFA est un élément essentiel qui permet d'évaluer les solutions industrielles à mettre en œuvre pour optimiser la filière.

L'analyse des flux reçus depuis 10 ans est globalement en phase, en termes de spectres physiques, avec les prévisions initiales à savoir :

- 40 % de déchets inertes (terres, gravats) ;
- 40 % de déchets métalliques. Ce gisement a fait l'objet d'une analyse plus détaillée dans le document « Point de vue de l'Andra sur le développement d'une filière de recyclage des déchets métalliques ferreux TFA » (réf. : PINTADI140008) ;
- 10 % de déchets industriels banals ou de déchets industriels non inertes et non métalliques (plastiques, ...).

Depuis quelques années, certaines catégories de déchets TFA ont eu tendance à augmenter. Ceci est principalement dû à l'abandon de la filière d'incinération à Centraco, plus coûteuse car conçue pour des déchets de catégorie FA et de ce fait relevant du statut INB. Ainsi, beaucoup d'équipements de protection jetables (tenues, vinyles) sont désormais stockés au Cires au lieu d'être incinérés. Leur caractère compactable a permis de limiter les volumes à stocker.

L'étude d'une alternative à l'incinération actuelle faite à Centraco, adaptée aux déchets TFA incinérables, est un des axes de travail proposés.

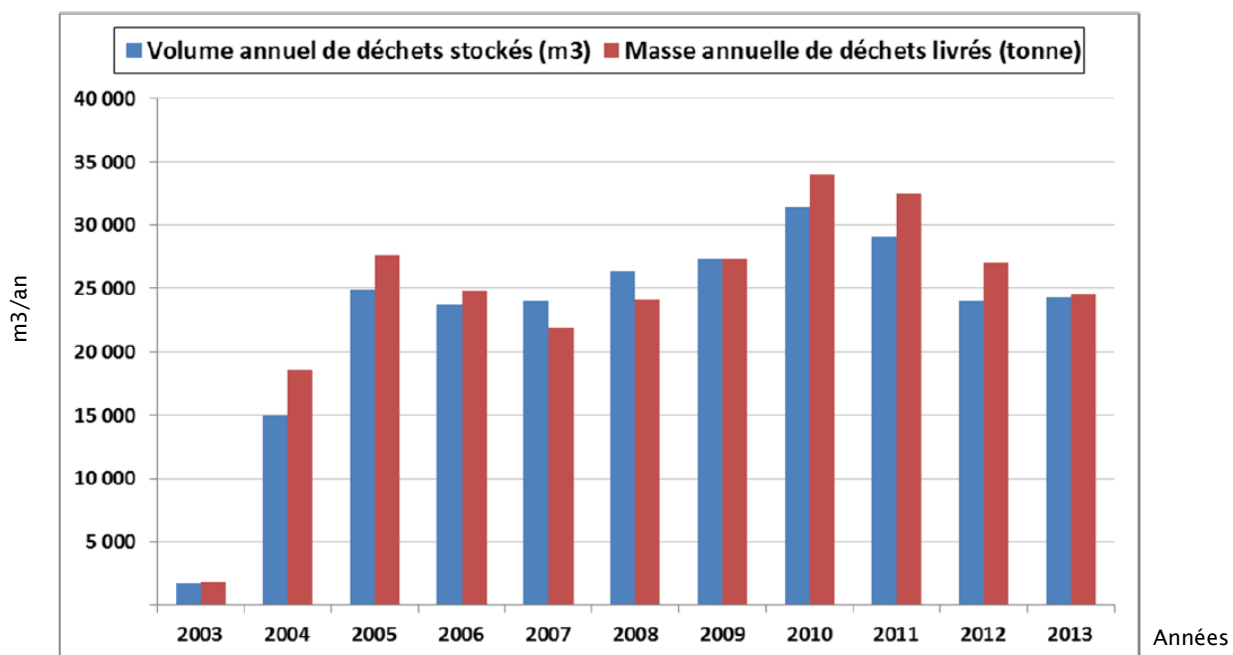
Au-delà du gisement « tout venant », par nature hétérogène, seuls trois grands gisements homogènes potentiellement valorisables sont à ce jour répertoriés :

- Les métaux issus du démantèlement d'Eurodif (150 000 tonnes environ) ;
- Les blocs béton produits par le démantèlement de Superphénix, pour la stabilisation/oxydation du caloporteur sodium métallique : 37 000 m³ déjà produits ;
- Les générateurs de vapeur du parc actuel, dont une bonne partie de leurs éléments constitutifs peut être de nature TFA. A ce jour EDF indique qu'elle traitera les générateurs de vapeur, y compris ceux actuellement déposés, lors du démantèlement du parc actuel, donc à partir de 2030 seulement.

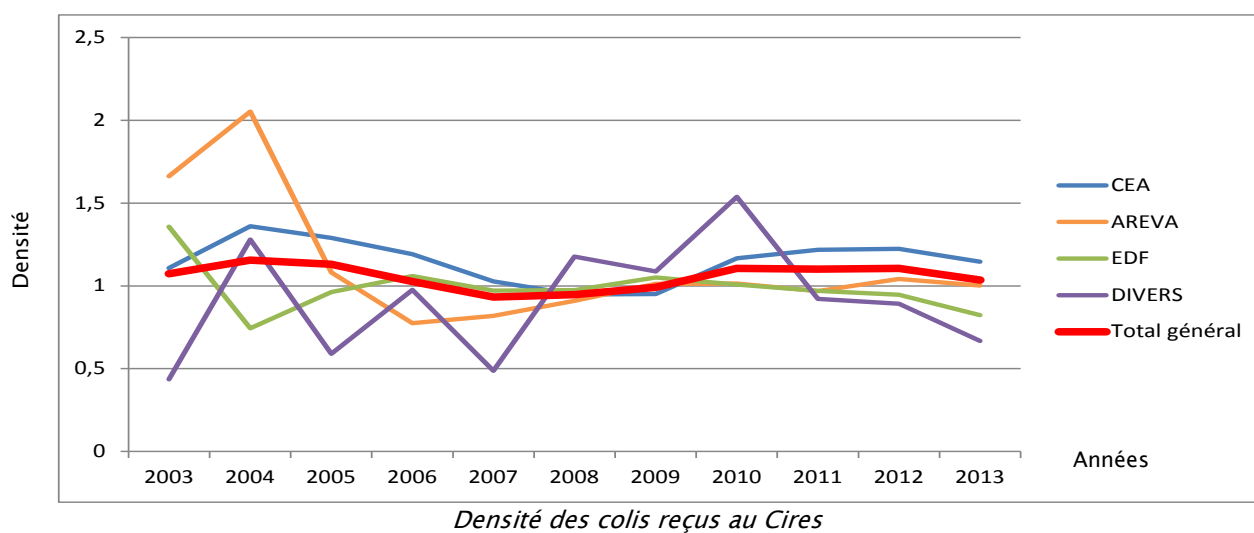
Les projets industriels les plus pertinents seront très probablement à construire autour de ces gisements. Par la suite une fraction des déchets « tout-venant » pourra faire l'objet d'un traitement sur ces outils industriels, par grandes natures de déchets.

4.6 Des équipements de densification correctement utilisés, mais des marges de progrès existent

La figure ci-après détaille les masses et volumes reçus au Cires depuis sa mise en service.



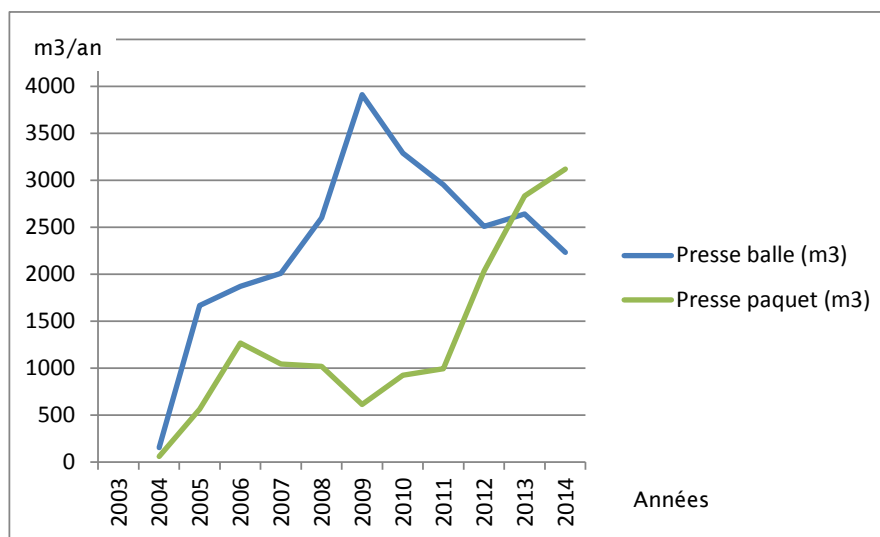
La densité des colis reçus a ainsi peu évolué, restant inférieure de 20% à 30% aux prévisions initiales. Cette densité est restée globalement à 1 tonne/m³.



Parmi ces colis, deux catégories peuvent être compactées au moyen des presses du Cires :

- Les déchets industriels banals (DIB) compactables. Ceux-ci sont traités par la presse « à balles » ;
- Les déchets métalliques compactables : ceux-ci sont traités par la presse à paquets.

Les figures ci-dessous illustrent les volumes reçus et traités depuis le début d'exploitation du Cires.



Globalement, les quantités traitées sont plutôt en augmentation. La moyenne est de l'ordre de 2000 m³ par an pour chacune des presses, avec un **taux de compactage de l'ordre d'un facteur 3**. La densité finale des colis est de l'ordre de 1 après compactage.

Au total, ce sont environ 2 500 m³ de capacité de stockage qui sont économisés chaque année grâce aux équipements de compactage du Cires. **C'est ce qui était initialement attendu.**

Des optimisations sont probablement à évaluer en ce qui concerne le compactage de déchets métalliques qui est moins utilisé que prévu. Les raisons possibles sont :

- Une vision initialement optimiste des volumes compactables ;
- Des contraintes croissantes de l'Andra quant aux spécifications de prise en charge de déchets compactables, surtout métalliques. Ces contraintes s'expliquent en partie par des difficultés d'exploitation des presses. En particulier, la presse à paquets a été plusieurs fois bloquée par des résidus de compactage, et même sérieusement endommagée par des pièces massives. Des améliorations techniques pourraient relâcher ces contraintes.

L'optimisation des presses actuelles, ou l'étude de moyens de compactage (broyage), est une option à étudier. Toutefois il sera difficile d'obtenir une densité finale supérieure à 1,5 par des moyens mécaniques.

Il faut également rappeler que l'installation de presses plus performantes (et plus coûteuses) avait été proposée au moment de la conception du Cires. Cette proposition avait finalement été écartée pour réduire l'investissement initial.

4.7 Des perspectives de production difficiles à cerner

Rapidement les perspectives de production annoncées par les principaux exploitants nucléaires producteurs (AREVA, CEA, EDF) ont dépassé les valeurs annoncées au démarrage, en 2003.

L'Inventaire National des Matières et Déchets Radioactifs a ainsi mis en évidence une perspective croissante de production et donc de stockage de déchets TFA.

	2010	2020	2030	à terminaison
IN2006	300 000	580 000		1 176 000
IN2009		630 000	870 000	1 500 000
IN2012	360 000	760 000	1 300 000	2 000 000

Evolution des prévisions de déchets TFA (m³) selon l'Inventaire National des Matières et Déchets Radioactifs (éditions 2006, 2009 et 2012)

Les quantités totales estimées de déchets TFA à produire ont doublé en l'espace de 10 ans.

Cette évolution est due à l'absence de retour d'expérience, puisqu'il s'agissait d'une filière nouvelle, et l'augmentation des exigences d'assainissement. Toutefois l'analyse montre que ces prévisions devront très probablement être décalées dans le temps. Ainsi 400 000 m³ de déchets devraient être stockés entre 2010 et 2020. Or, entre 2010 et 2013, seuls 100 000 m³ ont été livrés et stockés au Cires. Le respect des prévisions supposerait une livraison de 50 000 m³ par an à partir de cette année, ce qui n'est pas réaliste.

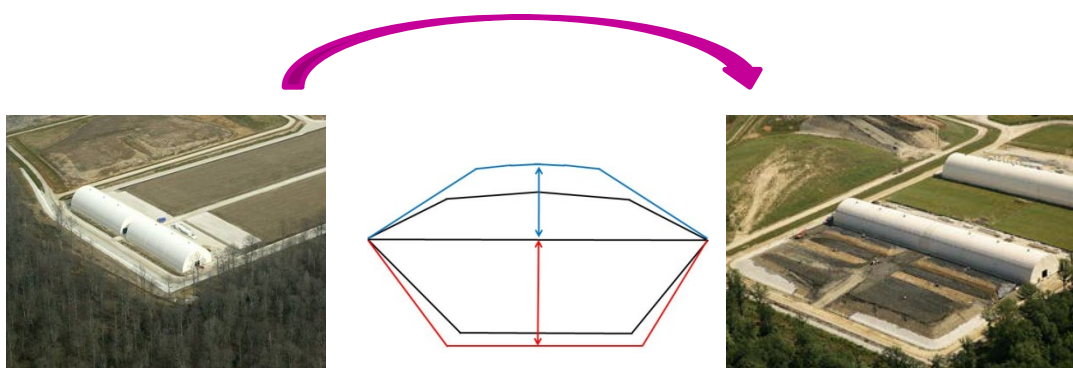
Les prévisions pluriannuelles ont donc augmenté en termes de volume total à terminaison des démantèlements du parc nucléaire autorisé actuel. En revanche, **il apparaît que les calendriers de livraison se décalent et les perspectives de flux sont moins importantes que prévues selon l'inventaire national 2012**. L'inventaire national 2015 explicite ces évolutions.

4.8 Une extension possible des capacités du Cires, qui reste insuffisante à terme dans le schéma actuel.

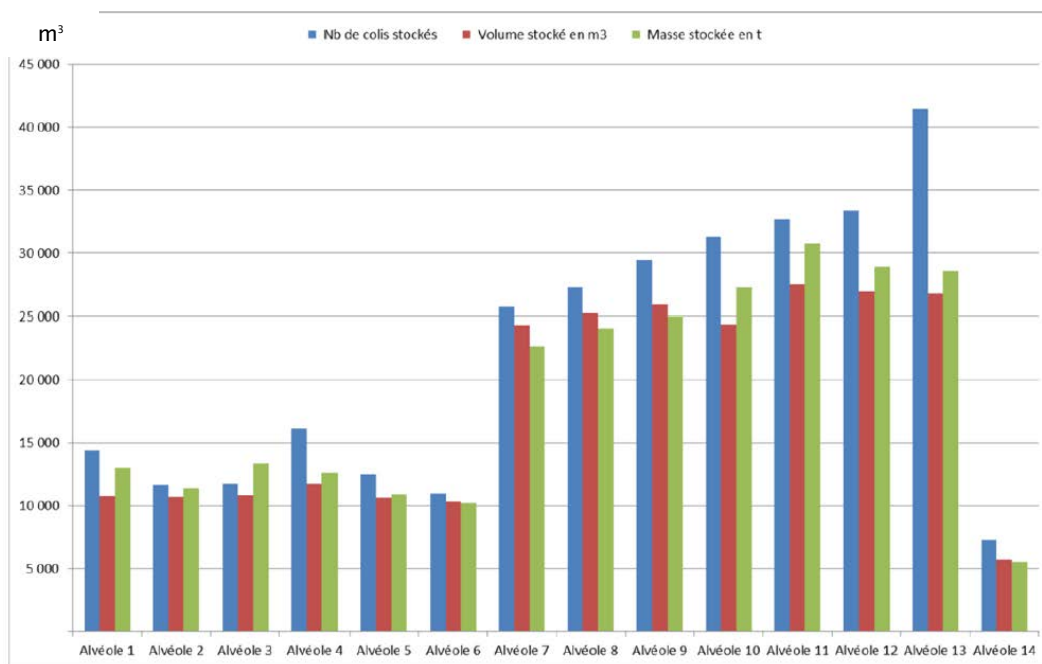
Au fil des années, l'Andra a développé des optimisations pour la conception des alvéoles de stockage, de manière à pouvoir répondre à des besoins grandissant de prise en charge.

Les alvéoles ont ainsi été allongées réduisant ainsi les espaces inter-alvéoles, l'emprise dédiée aux rampes a également pu être réduite. D'autre part les profondeurs et hauteurs ont été augmentées, à surface au sol équivalente (voir schéma et photos ci-après).

Désormais, les déchets TFA sont stockés dans des alvéoles de 175 mètres de long et 26 mètres de large.



En conséquence, les volumes stockés par alvéole ont nettement augmenté.



Au total une augmentation de 40% de la capacité technique du Cires en volume apparaît aujourd'hui réaliste, dans le même périmètre (emprise foncière).

Une augmentation de la capacité administrative du Cires, passant de 650 000 à plus de 900 000 m³, est techniquement possible. Il s'agit de l'action prioritaire à mener. La demande d'autorisation administrative correspondante est à mener dans le cadre du schéma directeur TFA.

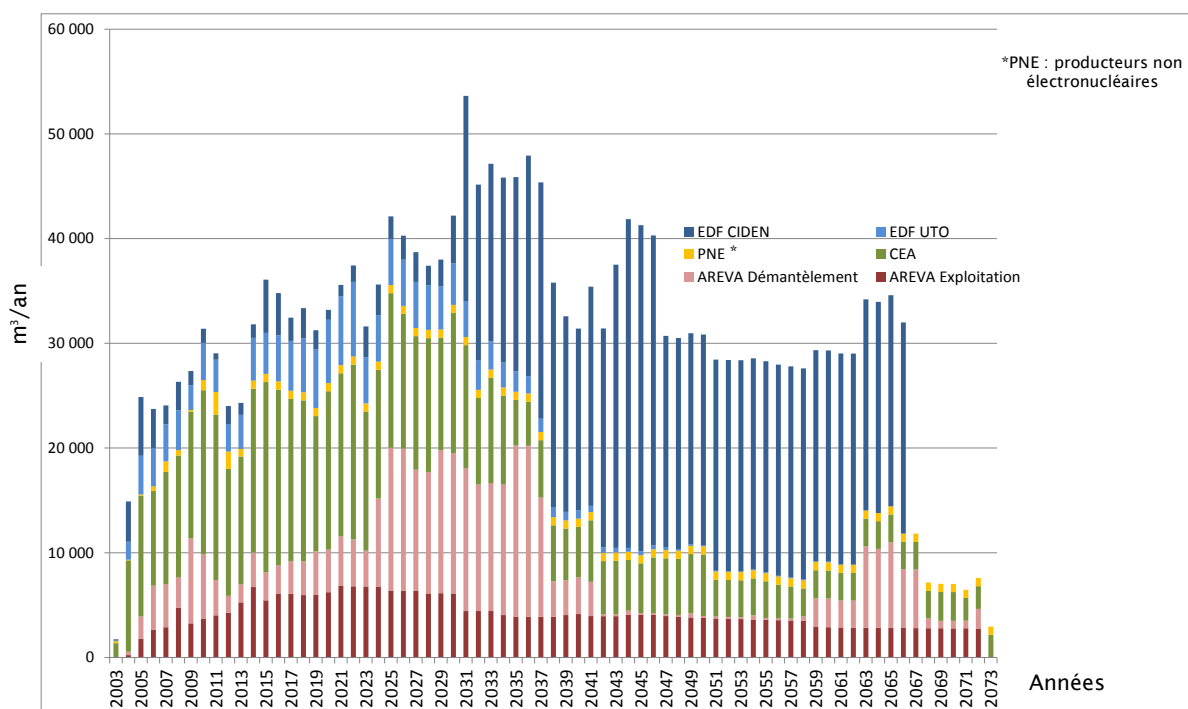
La question de l'extension de la capacité radiologique pourra également se poser. Celle-ci offre des marges par rapport aux besoins (voir chapitre 3). Seul le sujet des radionucléides à radioactivité naturelle renforcée (déchets au thorium notamment) devra être traité ; ceci pourrait être envisagé à l'occasion des études d'un nouveau site (potentiellement couplé au site FAVL).

L'extension d'autorisation à 900 000 m³ sans extension géographique permettra donc de décaler significativement la saturation du Cires (d'environ 6 ans). Une révision de l'arrêté préfectoral sera nécessaire et sera à lancer quelques années avant la saturation. Toutefois cette capacité restera très inférieure aux prévisions de production de déchets TFA « à terminaison » de 2 millions de m³.

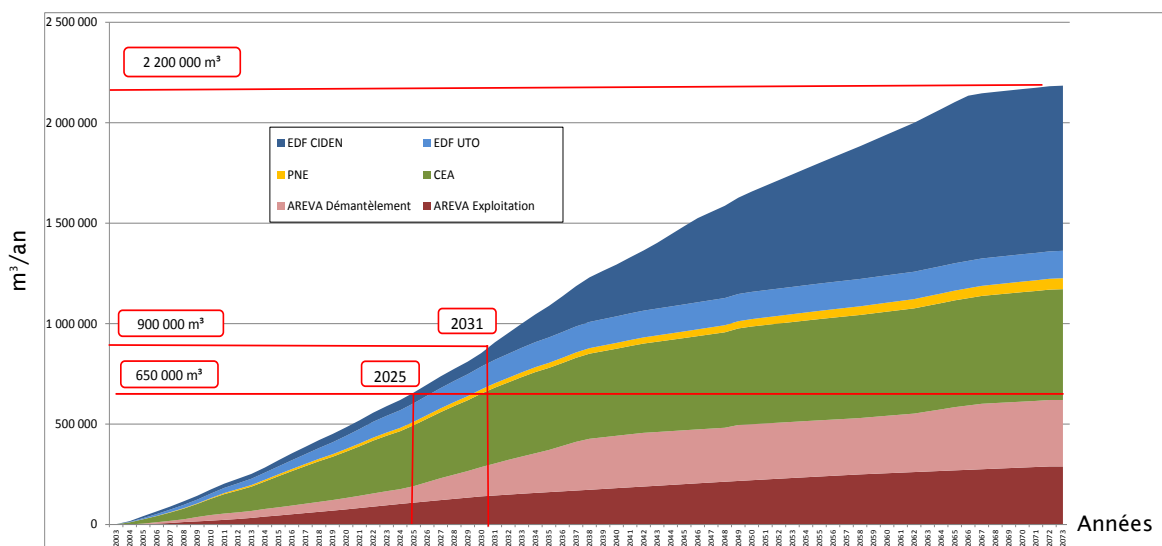
4.9 Une date de saturation vraisemblablement postérieure à 2030 même sans optimisation particulière

La vision actuelle de l'Andra se fonde d'abord sur les éléments fournis par les producteurs. A ce stade des discussions, seule une vision agrégée, par producteur (et non pas par grands chantiers), a pu être constituée.

Cette vision résumée dans l'histogramme ci-dessous consiste en la somme des données fournies par les producteurs (en intégrant un étalement des livraisons liées au démantèlement d'Eurodif sur 15 ans environ avec un démarrage en 2025).



L'évolution des volumes cumulés (m³) est détaillée dans la figure ci-dessous



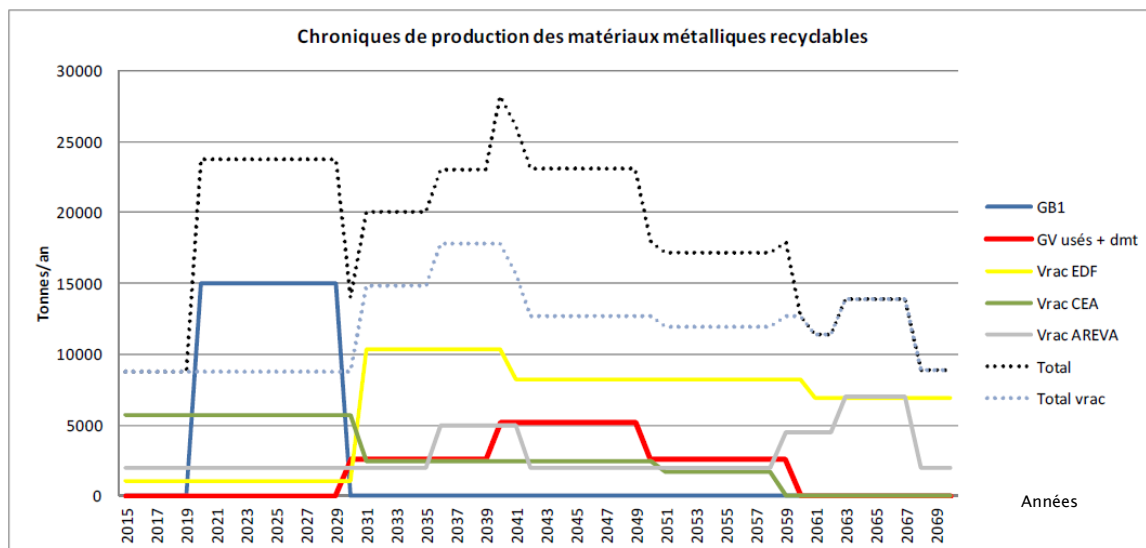
La répartition par producteur et mode de production montre notamment que les **activités de démantèlement constituent 75% des volumes TFA reçus et à recevoir.**

Les données des producteurs confirment l'évolution perçue. Si les volumes à terminaison sont conformes aux prévisions de l'inventaire national de 2015 (environ 2 millions de m³), **le total livré à 2030 est inférieur à 1 million de m³, ce qui correspond, en gros, à la future capacité du Cires (sous réserve d'autorisation d'extension).**

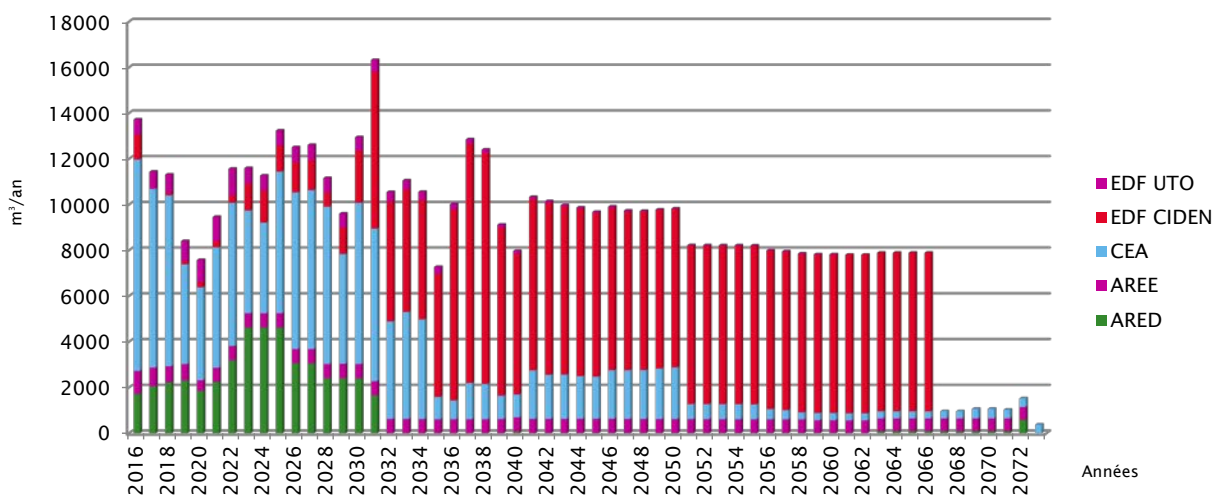
Ceci diffère significativement des prévisions de 2012 de l'inventaire national qui tablaient sur 1 300 000 m³ à 2030, et donc une saturation du Cires d'ici 10 ans.

Dans ce scénario les 900 000 m³ de capacité future du Cires sont atteints en 2031.

En complément EDF, CEA et AREVA ont présenté à la DGEC le 26 novembre 2014 les flux prévisionnels de production de déchets métalliques.



Par ailleurs, les flux de production/livraison de déchets inertes sont estimés à environ 10 000 m³ par an. Ces flux (m³/an) sont détaillés dans le schéma ci-dessous.



Ces flux sont, après les déchets métalliques, la seconde source de déchets TFA en termes de volume. Ils sont par ailleurs les plus aptes, physiquement, à pouvoir être stockés directement sans colisage (avec ou sans traitement préalable). Ce type de stockage permettrait des gains (économiques, voire en volume). Toutefois, cette option de stockage sans colisage ne sera valide que pour les lots les moins actifs, et par conséquent, pour des lots finement caractérisés.

Les prévisions globales, tous types de déchets confondus, pourraient être remises en cause par la production de millions de m³ supplémentaires. Ce risque est lié à l'état final des installations, après assainissement, ou à des marges pouvant être demandées pour démontrer l'atteinte des objectifs. En effet, la présence résiduelle de quantités, certes très faibles, de radioactivité artificielle pourrait contraindre les exploitants à considérer comme TFA la plupart des structures de leurs installations.

Une telle surproduction par rapport aux prévisions serait principalement constituée de déchets inertes (terres et gravats) d'activité extrêmement faible.

Dans un tel cas de figure, un ou des stockages spécifiques, adaptés à l'activité et à la nature inerte de ces déchets, éventuellement localisés sur les sites de production, seraient une solution à étudier, avec un concept plus proche de l'enfouissement de déchets conventionnels inertes.

Plusieurs points principaux feront l'objet de discussions :

- Les métaux provenant du démantèlement d'Eurodif (150 000 tonnes) entraînent un pic de production peu optimal vis-à-vis d'un dimensionnement des équipements de stockage et transport. De plus, AREVA indique un volume de 150 000 m³, avec une densité de 1,3. Le coût du stockage de ces 150 000 m³ (75 M€), auxquels s'ajoutent les coûts de conditionnement en colis sur Eurodif (probablement > 100 M€), constitue une somme significative à dépenser sur 10 ans. La solution nominale envisagée à ce jour consiste en la production de 30 000 colis de 5 m³ à injecter. Une telle solution suppose de toute façon des investissements industriels au Cires. Dans le cas d'une fusion-densification, qui permettrait théoriquement d'atteindre une densité moyenne de l'ordre de 5, les coûts de stockage seraient réduits à proportion de la réduction de volume. Si un tel procédé de fusion permettait une décontamination totale, l'opération laisserait la porte ouverte à une réutilisation ultérieure des lingots produits. **La fusion pour densification ne resterait qu'une solution palliative. A ce jour, les opinions sur la pertinence économique de cette option ne sont pas convergentes. Ce point reste donc à travailler.** Outre les aciers, il faut ajouter 6000 tonnes d'aluminium, conditionnés en colis à injecter. Les colis de déchets ainsi produits font l'objet d'études d'acceptabilité en stockage.
- Le démantèlement du parc électronucléaire actuel provoque une augmentation des flux de déchets livrés par EDF dès 2030. Ce scénario est fondé, par convention, sur un arrêt des réacteurs après 50 ans. **Compte tenu de l'impact du programme de démantèlement sur le besoin d'un deuxième centre TFA, l'analyse devra être ajustée si les hypothèses évoluent.**

5. Le schéma industriel TFA : les principaux enjeux

La méthodologie retenue a été d'analyser les principaux projets selon des critères simples, permettant de statuer sur les axes de travail les plus pertinents. Ces critères sont d'ordres économiques et techniques, environnementaux, sociétaux.

Une priorité du présent document étant d'évaluer les futures capacités de stockage nécessaires, les projets permettant des gains volumiques ont d'abord été analysés. Les alternatives au « tout stockage » ont été explorées.

Cependant, d'autres enjeux sont identifiés, sur lesquels les acteurs de la filière doivent continuer de travailler, même si ces aspects ne sont pas développés dans ce document. Les principaux enjeux peuvent être rassemblés en 4 points :

- Assurer la disponibilité du stockage en termes de capacités suffisantes pour répondre aux besoins ;
- Optimiser les volumes à produire et à stocker ;
- Optimiser la qualité dans la filière (précision des inventaires, des caractérisations radiologiques et chimiques, contrôle qualité des colis, impact environnemental) ;
- Ouvrir des filières adaptées à certains déchets particuliers.

Pour le dernier point, un inventaire des déchets « particuliers », nécessitant des études complémentaires, est présenté pour information.

Par ailleurs, en ce qui concerne la qualité des colis, des travaux sur l'échantillonnage, sur les contrôles, sur la finesse de la mesure seront nécessaires, en particulier pour limiter les surévaluations d'activité radiologique, en général prises par précaution, mais qui peuvent conduire à consommer inutilement la capacité radiologique autorisée des stockages.

Au-delà des questions de volume, la réutilisation de matériaux de valeur plus élevée que l'acier (déchets électroniques notamment) pourra être une voie de progrès à étudier.

Enfin, un travail d'organisation est également mené par l'Andra et les producteurs pour fluidifier les procédures de prise en charge et permettre un stockage le plus possible en ligne avec les productions de déchets de démantèlement. Ce travail collaboratif doit permettre de trouver au cas par cas les solutions optimales sur l'ensemble de la chaîne de gestion des déchets, du démantèlement jusqu'au stockage des déchets induits.

Sur la base des principaux constats et du retour d'expérience, un inventaire des options de traitement envisagées est proposé dans le chapitre suivant.

6. Liste des projets en cours d'évaluation pour la filière TFA

6.1 Les pistes liés à l'optimisation des volumes stockés

Recyclage	Etat d'avancement
Recyclage de gravats de béton TFA concassés en matériaux de remplissage des alvéoles TFA. Il s'agit en pratique d'une densification visant à stocker plus de déchets sur une même emprise au sol. L'autorisation administrative, en termes de capacités, devra en tenir compte	En étude. A priori un volume de 2000 m ³ par an peut être économisé, si on limite l'activité des gravats à 1 Bq/g.
Réutilisation de gravats en matériaux de remplissage « hors nucléaire », sans traitement mécanique particulier	Cette proposition est portée par EDF. Elle vise à réutiliser des gravats aux activités négligeables et sans impact radiologique, sur ses sites, et sans servitude. Ceci peut donc s'assimiler à une réutilisation hors nucléaire. Il n'y a pas d'étude formellement présentée.
Recyclage de déchets métalliques TFA dans des colis FMA en fonte	Etudes arrêtées à l'Andra - Investissement sur les sites EDF trop lourds selon EDF - EDF poursuit des études, notamment pour un recyclage futur d'une partie des générateurs de vapeur. A priori, le projet ne débouchera pas avant 2030 puisque les GV (y-compris ceux qui ont été déposés) ne seront pas traités par EDF avant le démantèlement des réacteurs concernés.
Recyclage de déchets métalliques TFA dans CIGEO	Très peu d'études à ce jour - Prospectif par rapport à la solution de référence prise en compte dans le cadre du projet CIGEO. Des études de R&D ont été entamées par l'Andra en 2015. Ne pourrait être envisagée comme solution industrielle qu'à long terme, en optimisation de Cigéo).

Densification	
Optimisation des presses TFA actuelles	Une étude d'optimisation en 2012 conclut à des améliorations possibles mais aucune suite n'a encore été donnée. Les investissements semblent lourds pour augmenter la densité par compactage, principalement des métaux.
Etude de la fusion des déchets métalliques TFA (dont Eurodif)	Appel d'offre fait par AREVA (150 000 tonnes d'Eurodif) pour identifier des solutions alternatives au « tout stockage ». L'objectif d'AREVA vise une réutilisation hors nucléaire. Toutefois, la densification pour simple stockage devrait faire l'objet d'analyse. A ce stade, l'économie de la densification par fusion ne fait actuellement pas consensus.
Etudes d'opportunité d'incinération des déchets TFA	Pas d'étude. Incinérer les 4000 m ³ annuels de déchets TFA incinérables, mais actuellement stockés directement, à un coût proche du coût de stockage de 500 €/m ³ semble inaccessible. En revanche, un incinérateur ICPE, avec un gisement étendu au-delà de ces déchets TFA solides, pourrait permettre de se rapprocher d'une pertinence économique.
Etudes d'opportunité de nouvelles presses TFA/ broyage	Pas d'étude, hors presse cisaille liée au projet de recyclage en colis FMA (2012). Les investissements semblent lourds pour pouvoir augmenter la densité au-delà de 1, et très vraisemblablement sans dépasser 1,5, donc difficilement rentables.
Stockage alternatif au Cires	
Etudes pour démantèlement GB1	Des études ont été réalisées pour le stockage sur place des métaux d'Eurodif. Toutefois, le concept requis conduisait à des coûts plus élevés que le Cires.
Stockage adapté à la dangerosité des déchets (parfois appelé TTFA)	Un intérêt économique existe si le concept se focalise sur les déchets TFA les moins actifs (déchets « quasiment » sans radioactivité), et qui pourraient justifier un stockage simplifié, proche de ce qui est fait pour des déchets conventionnels. Il n'y a pas d'étude sur ce sujet aujourd'hui. Le besoin serait d'autant plus grand que l'inventaire, lié à l'état final des installations après démantèlement, pourrait augmenter.
Logistique grands volumes	
Création d'une alvéole dédiée aux pièces massives	Projet validé. En cours de réalisation

Stockage de déchets inertes "vrac"	<p>Le principe consiste à stocker, directement et sans colisage, de grandes quantités de déchets inertes (terres et gravats).</p> <p>Une étude exploratoire a été menée en 2008 par l'Andra. Il n'y a pas eu de suite depuis. En pratique, ce sujet pourra être étudié après les conclusions de l'étude sur le concassage de gravats, qui constitue une première étape pour une réutilisation « vrac ». Comme pour les autres projets, la pertinence sera liée à l'identification préalable de gisements importants.</p>
------------------------------------	--

6.2 Les enjeux liés à la prise en charge de déchets « particuliers »

Déchets particuliers*		
Etudes sur le stockage TFA des substances thorifères ou uranifères (déchets ITTEVILLE en particulier)	Env. 10 000 m ³	Etudes prévues. Les enjeux financiers sont potentiellement très élevés
Conditionnement pour stockage de l'amiante TFA	> 3 500 m ³	Le principe d'une installation de traitement (stabilisation par liant hydraulique) commune aux producteurs est accepté. En revanche, il n'existe pas de projet concret et partagé à ce stade.
Stockage de déchets tritiés TFA	Env. 1 000 m ³ /an, puis 20 000 m ³ (démantèlement ITER)	La capacité maximale du Cires est de 15 TBq en tritium. A priori il ne devrait pas y avoir d'inventaire total de déchets TFA qui dépasserait cette valeur. Toutefois, la faisabilité sera d'abord conditionnée par les rejets entraînés par ces déchets.
Déchets Electroniques (DEEE)	Quelques centaines de m ³	Le potentiel de lixiviation des substances toxiques doit être évalué. En pratique, ce processus d'évaluation pour autoriser le stockage n'est pas opérationnel.
Déchets à composante toxique (plomb, uranium)		Etudes au cas par cas, en fonction des demandes
Métaux « réactifs » (aluminium – magnésium...)	6 000 tonnes aluminium (Eurodif) + petits lots	Etudes aluminium Eurodif en cours
<i>* Déchets dont les filières sont inexistantes, à stabiliser ou à faire évoluer</i>		

7. Analyse de pertinence des différentes optimisations volumiques envisagées

Une évaluation de la pertinence des différentes options présentées au paragraphe 6.1 a été menée, en intégrant les paramètres techniques et économiques, mais aussi d'autres paramètres (appréciation du public, environnement etc..).

A l'issue de cette phase d'évaluation, des sujets prioritaires ont été définis, en fonction des enjeux volumiques, du potentiel d'optimisation et des dates possibles de mise en œuvre.

Option	Objectif de coût* au m ³	Potentiel de réduction annuelle des flux au Cires	Priorité	Observations
Stockage Cires puis TFA2	500 €/m ³	S.O.	1	Pas d'observations
Stockage type « déchets non dangereux » (TTFA)	100-300 €/m ³	10 000 m ³ /an	1	Pas d'étude en cours
Concassage de gravats pour recyclage en matériaux interstitiels au Cires	1 000 €/m ³ (supposant économies sur conditionnement et transport)	2 000-4 000 m ³ /an	1	Etudes en cours
Stockage « en vrac » de déchets en alvéoles	500 €/m ³	2 000 m ³ /an	2	A focaliser sur des lots volumineux et homogènes, de type « terres »
Recyclage des métaux en colis métalliques FMA pour déchets irradiants, pour EDF	Autour de 500 €/m ³ (hors modification des équipements EDF)	4000 m ³ /an	2	Besoins pour colis EDF pas avant 2030
Recyclage des métaux en composants CIGEO	1 000 €/m ³	5 000 m ³ -10 000 m ³ /an	3	Etudes R&D à l'Andra en cours
Réutilisation de gravats (TTFA) hors domaine nucléaire (éventuellement sur site)	< 200 €/m ³	Jusqu'à 5 000 m ³ /an	2	Plutôt lié au démantèlement du parc de réacteurs actuels
Fusion pour recyclage hors nucléaire. A défaut, pour densification et stockage au Cires	1 000-1 500 €/m ³	10 000-15 000 m ³ /an	1	Lié au démantèlement d'Eurodif (à partir de 2020) puis aux générateurs de vapeur et composants électromagnétiques
Incinération spécifique pour solides TFA	2 000 €/m ³	2 000 m ³ /an	2	Pas de projet à ce stade
Tri/ traitement avancé pour optimisation des filières	>2 000 €/m ³	3 000 m ³ /an	3	Pas de projet à ce stade
Amélioration ou renouvellement des dispositifs de compactage	1 000-1 500 €/m ³	2 000 m ³ /an ?	2	Pas d'étude en cours. Des incertitudes sur les niveaux de densification possibles

* mis à part le coût de stockage au Cires, qui est connu, ces coûts sont en effet à considérer comme des objectifs, dont une première évaluation est en cours (en euros 2015).

A ce stade des études, aucune de ces options n'a fait l'objet à l'Andra d'une étude d'opportunité détaillée, permettant de caractériser l'intérêt d'un investissement industriel. Cependant, cette pré-

analyse a permis de séparer les besoins prioritaires, les études à mener et les options de moyen terme, qui peuvent éventuellement nécessiter des investissements préalables de R&D.

Sous un angle économique, la plupart des techniques de réduction des volumes apparaît plus coûteuse que le stockage actuel au Cires. La création d'une catégorie de stockage simplifié pour les déchets TFA sans activité notable pourrait néanmoins, en réduisant les coûts, libérer des marges de manœuvre pour investir le cas échéant dans des traitements complémentaires.

La réutilisation proposée par EDF des gravats les moins actifs, sans traitement, devra être examinée. Pour ce type de déchets, une analyse des avantages/inconvénients, par rapport à d'autres options proposées (stockage « simplifié TTFA » centralisé », ou concassage pour réutilisation au Cires) pourrait être menée.

On peut noter également l'existence d'autres options envisagées par des industriels : stabilisation de l'amiante par torche à plasma, procédés thermiques « universels » pour densification. Ces concepts apparaissent aujourd'hui en phase trop préliminaire pour être évalués.

7.1 La prise en charge optimisée de grands volumes – Un besoin générique

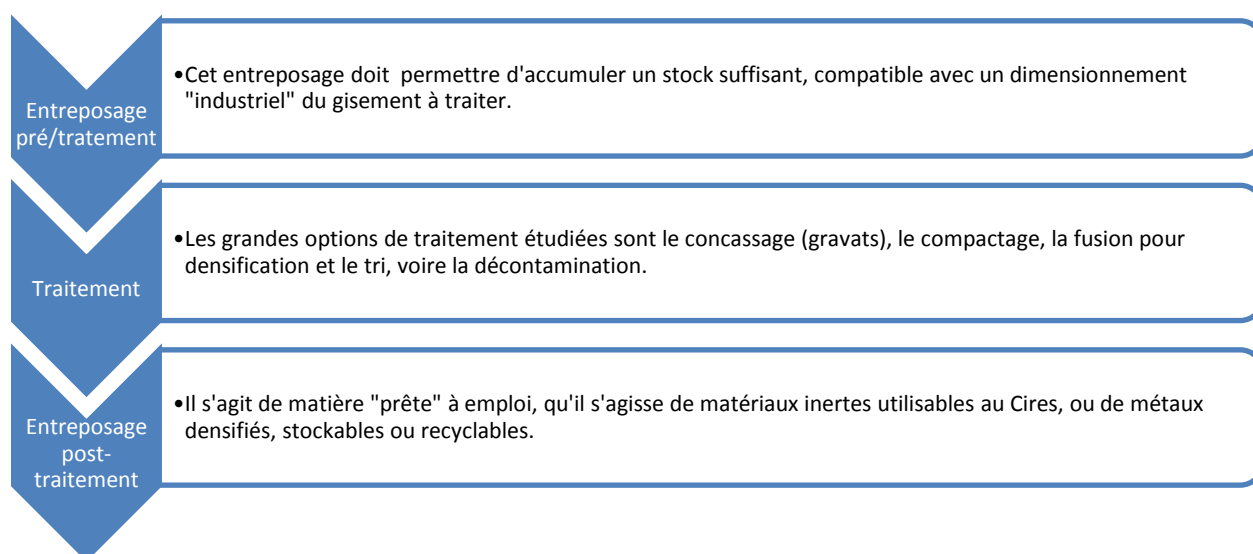
Parfois qualifiée de « prise en charge de vrac », cette option est commune a beaucoup de projets (en cours d'études chez les producteurs, ou en analyse à l'Andra). C'est le cas pour :

- Le concassage de gravats pour remplacer les graviers interstitiels, actuellement achetés « neufs » ;
- La fusion pour densification/recyclage des métaux, en particulier pour Eurodif ;
- Une installation de tri-traitement destiné à trier/conditionner des lots hétérogènes ;
- Le stockage « en vrac » de déchets inertes, au Cires ou dans un concept « allégé » par rapport au Cires.

L'attrait de cette option est évident pour les producteurs qui pourraient voir leurs coûts internes de conditionnement de déchets fortement réduits (le retour d'expérience s'avère en général que les coûts de conditionnement chez les producteurs sont au moins aussi élevés que les coûts de stockage). Cette option est également récurrente dans les études de l'Andra sur les solutions de traitement (broyage, fusion, tri), dans un objectif principal de réduction des volumes.

Le tableau précédent montre que certaines options sont à privilégier, en particulier le « recyclage » de gravats.

Quelle que soit l'option retenue, trois fonctions, techniquement successives, sont a priori nécessaires et mutualisables.



A ce jour seule la prise en charge de gravats, pour concassage puis pour alimenter le Cires en matériaux de remplissage, est en cours d'étude.

L'équilibre économique de projets d'optimisation est très certainement à chercher dans l'économie en amont du stockage lors du conditionnement sur les chantiers de démantèlement.

Ainsi un coût total de gestion (caractérisation + logistique + traitement + stockage) de 1 000 à 1 500 € par m³ peut être pertinent, à condition d'éviter un conditionnement amont. Dans une certaine mesure, le traitement industriel de lots homogènes peut également simplifier la logistique ultérieure de stockage (moins de matériaux de comblement par exemple).

La rentabilité d'un projet dépendra également pour partie de la qualité, de la quantité et de la disponibilité des « gisements » identifiés. Il semble en effet délicat de dimensionner une installation industrielle sur la base du gisement « tout venant » qui par nature est hétérogène et soumis à des aléas. Par conséquent, les priorités seront accordées aux trois principaux gisements identifiés :

- Les métaux d'Eurodif : 150 000 tonnes. Le projet nominal consiste en une décontamination pour réutilisation des matériaux, y compris dans le domaine conventionnel.
- Les blocs de bétons sodés (37 000 m³) de Superphénix, moyennant une étude de la problématique induite par le contenu en tritium de ces déchets;
- Les générateurs de vapeur déposés. Ce gisement est probablement exploitable à plus long terme, compte tenu des plannings prévus pour la découpe et le tri FA/TFA.

Ainsi un investissement justifié par un gisement suffisamment important pourra par la suite augmenter son intérêt, notamment économique, en traitant en opportunité une partie de la production « tout venant ».

7.2 Le recyclage en objets métalliques est un souhait commun à beaucoup d'acteurs, mais pas suffisamment mature

Depuis de nombreuses années, la fabrication d'objets métalliques, utilisables dans le secteur nucléaire, a été une piste d'optimisation étudiée et, dans une certaine mesure mise en œuvre (four de fusion SOCODEI, production de viroles métalliques dans G2-G3). Toutefois, les volumes traités (de l'ordre de 100 tonnes par an) et les coûts associés (> 5000 €/t) ont été sans rapport avec les enjeux de la filière TFA.

L'Andra a rédigé une note d'analyse et de positionnement qui a été transmise à la DGEC et aux producteurs en mars 2015. Cette note propose des voies de progrès, mais elle pointe également les difficultés pour avancer.

Ainsi, l'absence de maturité du recyclage des déchets métalliques TFA s'explique par la fragilité de l'équilibre technico-économique, mais aussi par l'absence de projets concrets de réutilisation à court terme.

A ce stade, les études séparées des différents producteurs et de l'Andra n'ont pas fait l'objet d'analyse partagée des débouchés. Comme potentiel débouché « interne », l'Andra approfondira les moyens d'un recyclage dans le cadre du projet CIGEO. Toutefois, cette démarche reste encore exploratoire, dans un cadre de R&D.

Le projet le plus intéressant concerne la fusion/décontamination des métaux issus du démantèlement d'Eurodif. Des études concluent à un bon potentiel de décontamination de la fusion. Pour AREVA, l'équilibre économique repose sur une réutilisation en dehors du secteur nucléaire, mais les débouchés ne sont pas identifiés à ce jour.

EDF a également en projet la réutilisation des métaux des générateurs de vapeur usagés. En dehors de la fabrication de colis de stockage (4 000 tonnes par an), d'autres débouchés éventuels ne sont pas identifiés à ce jour.

A ce stade, il n'existe pas de projet concret et viable de recyclage des métaux, incluant leur réutilisation (hors colis de stockage). La recherche de secteurs industriels de réutilisation doit être poursuivie, y compris en dehors de l'industrie nucléaire.

Malgré la possibilité actuelle (sous dérogation réglementaire) de réutiliser les déchets en dehors du secteur nucléaire, les exemples étrangers montrent qu'il n'est pas facile pour un industriel de traiter dans une usine conventionnelle des déchets issus de l'industrie nucléaire, a fortiori s'ils présentent des traces de contamination résiduelles. Une telle réutilisation ne pourrait probablement concerner que les déchets aux activités résiduelles très difficilement détectables (< 0,1 Bq/g, soit autour de 30% du total). Par ailleurs, les industriels concernés voudront se prémunir de tout risque (notamment en termes d'image) qui viendrait perturber leur activité.

7.3 Seuil de libération ou stockage sans contrainte de radioprotection ?

Plusieurs acteurs du nucléaire français souhaitent que des seuils de libération soient définis, conformément à la directive 2013/59/EURATOM du 5 décembre 2013 qui est appliquée dans les autres états européens.

La mise en application comporterait deux options : réutilisation des matériaux sans contrainte de traçabilité (et donc de radioprotection) et sans étude d'impact, ou stockage dans un site de type conventionnel.

Dans la pratique, il semble que la deuxième option soit la plus facilement applicable, sans pour autant nécessiter un seuil de libération.

Il pourrait ainsi être proposé un concept de stockage des déchets sans impact sanitaire radiologique (parfois appelés déchets « TFA »), qui techniquement s'apparenterait à un stockage de déchets conventionnels inertes du bâtiment. En conséquence, les coûts unitaires s'en rapprocheraient, à condition que les volumes annuels et totaux soient similaires. Pour que cette option ait un sens, ils devraient être en tout cas inférieurs aux coûts de stockage au Cires (à noter toutefois que les coûts de stockage unitaires au Cires, largement composé de coûts fixes, augmenteraient si une fraction importante des déchets devait s'en détourner).

Par ailleurs, une évacuation dans un centre d'enfouissement de type conventionnel pourrait en pratique se révéler moins coûteuse que les procédures visant à garantir une réutilisation sans impact (sanitaire et en termes de perception du public).

Un tel stockage pourrait être physiquement localisé sur un site qui pratique le stockage conventionnel (voire le stockage de déchets à radioactivité naturelle renforcée) ou sur un site Andra, ou sur un site en démantèlement (l'effet de taille restera un paramètre économique important ainsi que les coûts de transport). La question des modalités de mise en œuvre industrielle (par l'Andra, par un producteur de déchets, par un industriel « indépendant », ou groupement) pourra se poser.

Ceci ne doit pas empêcher d'étudier les possibilités de réutilisation, y compris hors nucléaire, sur les grands gisements bien identifiés de gravats.

7.4 L'incinération spécialisée pour les déchets TFA

On peut estimer à 4 000 m³ environ les quantités annuelles de déchets incinérables, qui « in fine » sont stockées au Cires. Une bonne partie des déchets sont compactables et le volume final stocké au Cires est de l'ordre de 2 000 m³, représentant moins de 2 000 tonnes.

Malgré l'intérêt économique d'un incinérateur ICPE spécifique aux déchets TFA par rapport aux coûts d'incinération actuels des déchets FA, il sera difficile d'obtenir des coûts, au m³, aussi faibles que le stockage TFA actuel.

Il serait néanmoins intéressant de disposer d'études, à partir du moment où l'objectif de coût serait dans une fourchette de 1 500 - 2 000 € par m³ au maximum. Un tel objectif permettrait d'abord de rediriger les déchets qui nécessitent – par leur nature physique – une incinération (déchets organiques, liquides ou solides) vers cette incinération TFA.

L'incinération reste en effet une filière coûteuse, en investissement, en fonctionnement, difficile en termes d'image, du fait des rejets engendrés. Elle trouve aujourd'hui principalement un intérêt pour le

traitement de déchets organiques liquides et/ou putrescibles, dont les quantités restent faibles et pour lesquelles il n'existe pas réellement d'alternative.

Une incinération, sur un gisement de 4000 m³ par an de déchets solides TFA, à 500 €/m³, apparaît économiquement peu réaliste. Toutefois, sur un gisement élargi aux liquides, une politique tarifaire volontaire pourrait peut-être permettre d'approcher ce niveau de prix, tout en maintenant un équilibre économique.

7.5 Le stockage sur site : une solution souvent évoquée mais qui n'aurait d'intérêt que dans le cas de quantités de déchets très supérieures aux prévisions actuelles

Pour des chantiers de démantèlement susceptibles de produire des volumes significatifs de déchets TFA inertes et peu ou pas contaminés, il est souvent évoqué la possibilité de créer un (des) centre(s) de stockage sur le site en démantèlement ou à proximité afin de limiter les coûts liés au transport. Jusqu'à présent, seul le démantèlement de l'usine d'Eurodif a pu faire l'objet d'une analyse compte tenu des volumes élevés prévus (150 000 m³).

Toutefois, si l'utilisation au mieux des volumes de stockage au Cires reste un objectif important, l'intérêt économique pour des gisements de ce type n'est pas acquis. De plus le positionnement des différents acteurs sur ce sujet est loin d'être unanime, la perception du public, des élus ou riverains des sites est peu connue et le concept technique peu explicité. En particulier, aucun avantage technique ni économique n'a réellement encore pu être mis en avant, pour ces - relativement faibles - quantités de déchets.

Ces facteurs jouent aujourd'hui dans le sens d'une faible attractivité de cette option, tant que le gisement TFA reste limité à son niveau actuel, soit 2 millions de m³ « à terminaison ».

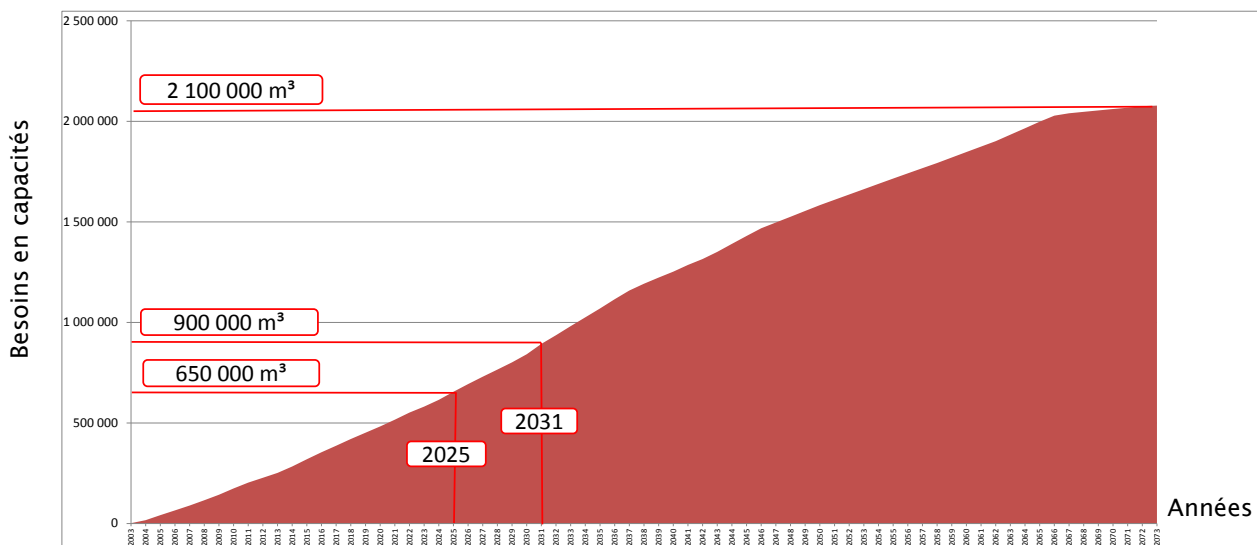
Mis à part un scénario « assainissement très poussé » conduisant à une production très supérieure de tels déchets, la pertinence d'un stockage sur site n'apparaîtrait que si son coût était inférieur au coût actuel de gestion des déchets TFA. Ces hypothèses circonscrivent cette option au cas des déchets quasiment sans activité et inertes et dans un concept simplifié par rapport au Cires, ce qui ramène à l'option précédemment décrite.

8. Les principaux scénarios

L'objectif de ce chapitre est de fournir des fourchettes de capacités qui seraient nécessaires pour un second centre TFA. A ce stade, il n'est pas évalué quel serait le scénario le plus probable. L'analyse de ces probabilités et des coûts associés est un travail qui devra se faire entre l'Andra et les producteurs nucléaires, dans une phase ultérieure.

8.1 Scénario nominal : extension à plus de 900 000 m³ du centre TFA actuel puis construction d'un second centre TFA, dimensionné à 1 200 000 m³.

C'est aujourd'hui le scénario nominal, sans optimisation particulière (sauf utilisation de presses à compacter équivalentes aux capacités actuelles du Cires qui amènent le volume final stocké à 2 100 000 m³ environ). L'extension de la capacité actuelle du Cires pourrait permettre de stocker environ 900 000 m³, au lieu des 650 000 m³ actuellement autorisés.



Dans l'état actuel de la réflexion, la création d'un second centre TFA serait couplée, dans son agenda, avec le projet FAVL. Les plannings de mise en service sont globalement compatibles, avec une mise en exploitation vers 2030.

Seul le pic sur 10 ans de prise en charge des 150 000 m³ de métal issu du démantèlement de l'usine « GB1 » d'Eurodif devrait faire l'objet d'une étude particulière fondée sur :

- Soit un lissage des expéditions au Cires qui conserverait une capacité de réception de 35 000 m³ par an ;
- Soit des opérations de densification (a priori par fusion) ;
- Soit un chevauchement d'exploitation du Cires et de son successeur, permettant d'augmenter provisoirement les capacités globales de réception et du stockage.

Enfin l'étude de traitement de déchets inertes (gravats) pour une réutilisation au Cires en matériaux de remplissage peut constituer une variable d'ajustement, dans la mesure où les coûts complets au m³ restent au même niveau que les coûts actuels.

En conclusion, un tel scénario, en continuité avec le fonctionnement actuel, a le mérite de la simplicité technique. **En revanche, ce scénario ne décline pas la notion de « rareté de la ressource » de stockage,** Il ne doit pas faire obstacle aux initiatives en termes de recherche de solutions d'optimisation.

Ce scénario laisse aussi la porte ouverte à des évolutions de gestion des flux par grands lots, motivées tant par des économies de conditionnement des déchets, que par une réduction du volume de stockage utilisé, à volume de déchets bruts égal.

8.2 Des scénarios économiquement modérés permettant de réduire les capacités de stockage TFA nécessaires

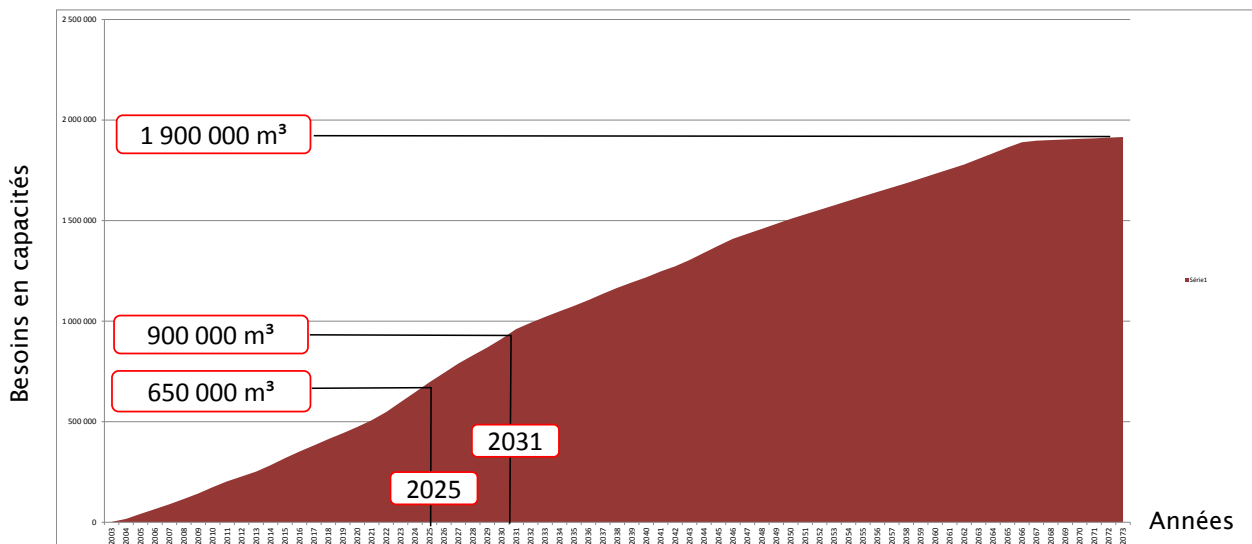
Nota : Les volumes cumulés, dans les graphiques suivants, représentent les capacités utilisées en tant que colis de stockage habituels, et ils sont donc proportionnels aux nombres d'alvéoles et à l'emprise surfacique du stockage. Ainsi les volumes de déchets transformés en gravats interstitiels n'y sont pas comptabilisés (même s'ils seraient administrativement à comptabiliser).

8.2.1 Scénario de recyclage dans le nucléaire

Environ 4 000 tonnes de métaux recyclés par an à partir de 2030, principalement en colis FMA.

Ce scénario correspond à une hypothèse proposée par les producteurs. L'origine du gisement pourrait être en pratique principalement les métaux des générateurs de vapeur. Dans ce scénario, les métaux du démantèlement d'Eurodif (150 000 tonnes) sont stockés au Cires.

Ce scénario permettrait l'économie de 100 000 à 200 000 m³ de capacité de stockage TFA environ.

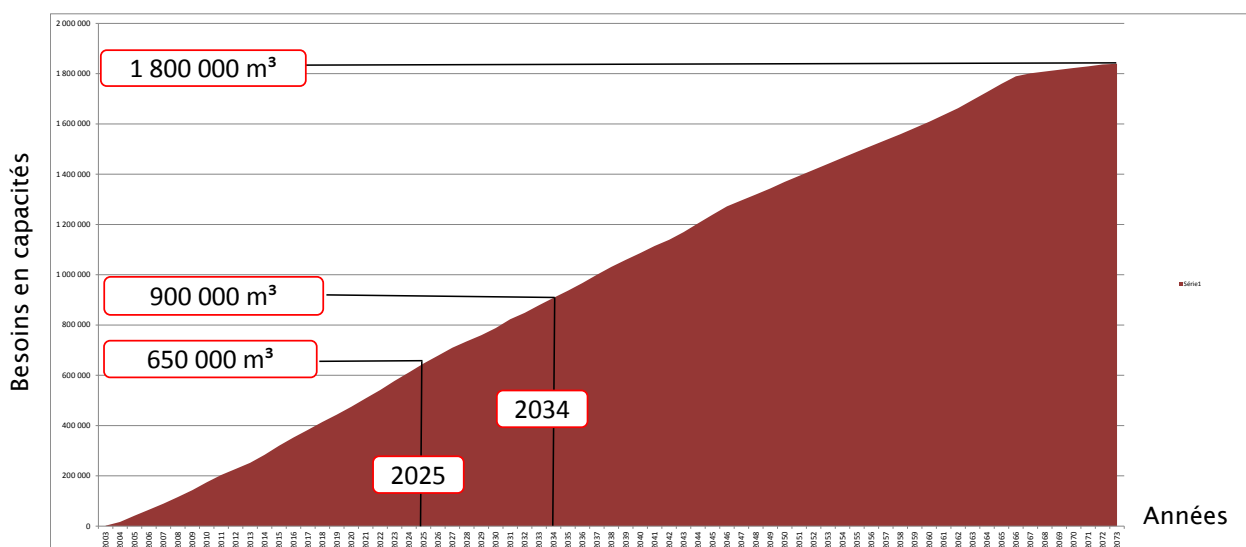


8.2.2 Scénario de recyclage hors nucléaire

Recyclage des métaux Eurodif, de 80 % des métaux des générateurs de vapeur d'EDF.

Ce scénario correspond à la possibilité, sous dérogation, de réutiliser des matériaux dans le secteur conventionnel, dans la mesure où le recyclage dans le nucléaire ne permet pas d'absorber la majeure partie du gisement de métaux. Il se focalise exclusivement sur les deux grands gisements que sont Eurodif et les générateurs de vapeurs d'EDF. Il pourrait plus tard concerner de grands lots inertes (terres et gravats) mais non identifiés à ce jour.

Ce scénario permettrait l'économie de 300 000 m³ de capacité de stockage TFA environ.

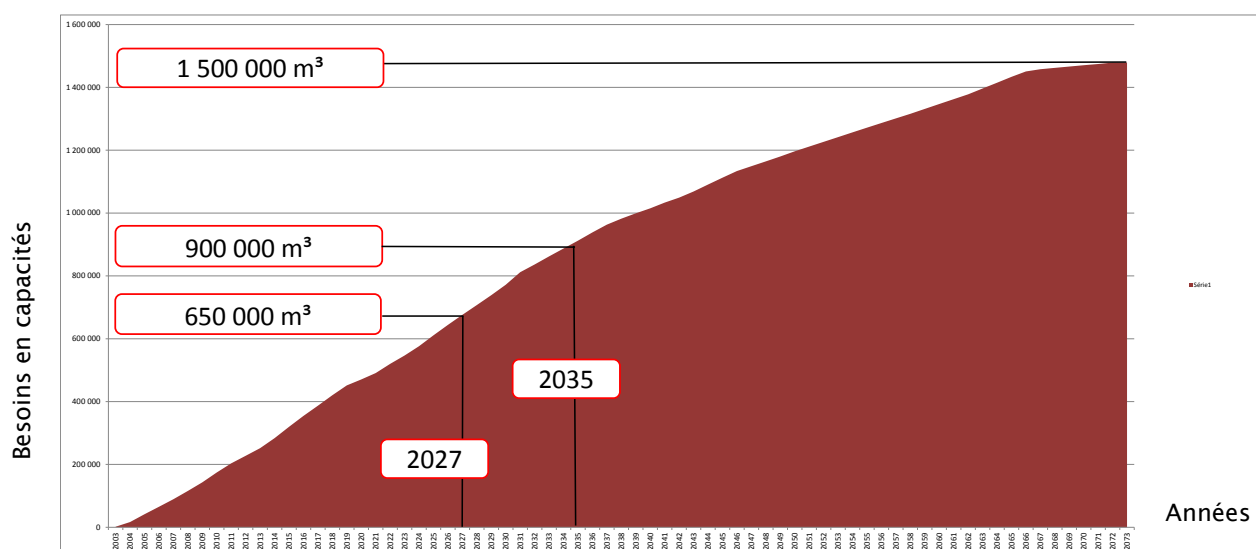


8.2.3 Scénario stockage TTFA

Stockage TTFA de 80% des métaux des générateurs de vapeur, et 50 % du tout-venant (métaux et gravats) après 2020.

Ce scénario correspond à l'absence de débouchés en recyclage des métaux (nucléaire et hors nucléaire), mais où un concept de stockage simplifié par rapport au Cires est élaboré pour les déchets les moins actifs (TTFA). Seuls les déchets présentant une activité significativement détectables (en général > 1 Bq/g) seraient stockés au Cires. Par ailleurs, des marges financières pourraient être dégagées pour un traitement supplémentaire (par exemple l'incinération pour 4000 m³ environ par an). Ce scénario s'apparente à l'orientation d'une partie des déchets vers un stockage de type conventionnel.

Ce scénario permettrait l'économie de 600 000 m³ de capacité de stockage TFA environ.



8.2.4 Scénario intra- nucléaire « avancé »

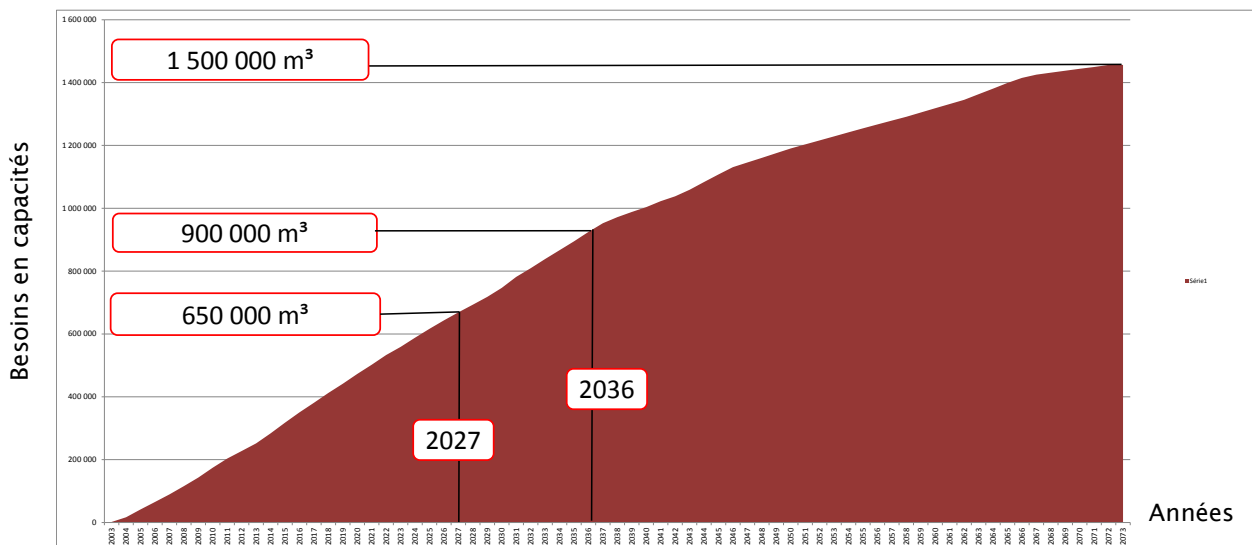
Densification des déchets métalliques : Eurodif, générateurs de vapeurs (GV), tout venant métallique (après GB1, soit après 2030), 30 % des gravats en moins (concassage en matériaux interstitiels après 2020), recyclage de métaux en colis de stockage (4 000 t/an, à partir du gisement GV).

Ce scénario correspond à un maintien de ces matériaux dans le « circuit nucléaire ». Des mesures volontaristes sont mises en place pour réduire les volumes dans le secteur nucléaire (densification des métaux, concassage des gravats, recyclage en colis FMA). L'incinération n'est pas proposée dans ce scénario car plus coûteuse au regard des gains volumiques. Des coûts supplémentaires de 20% à 50% sont probables. Les économies de capacité sont supérieures au scénario de réutilisation hors secteur nucléaire car le gisement concerné est plus large (tolérance supérieure en terme d'activité et d'homogénéité physique des lots).

La densification des déchets métalliques reste le principal facteur de réduction des besoins de volume de stockage avec une économie moyenne de 12 000 m³/an.

La probabilité d'un surcoût par rapport aux autres scénarios est significative. Un tel scénario ne serait envisageable que s'il était dicté par des contraintes fortes sur les capacités nouvelles envisageables.

Ce scénario permettrait l'économie de 600 000 m³ de capacité de stockage TFA environ.



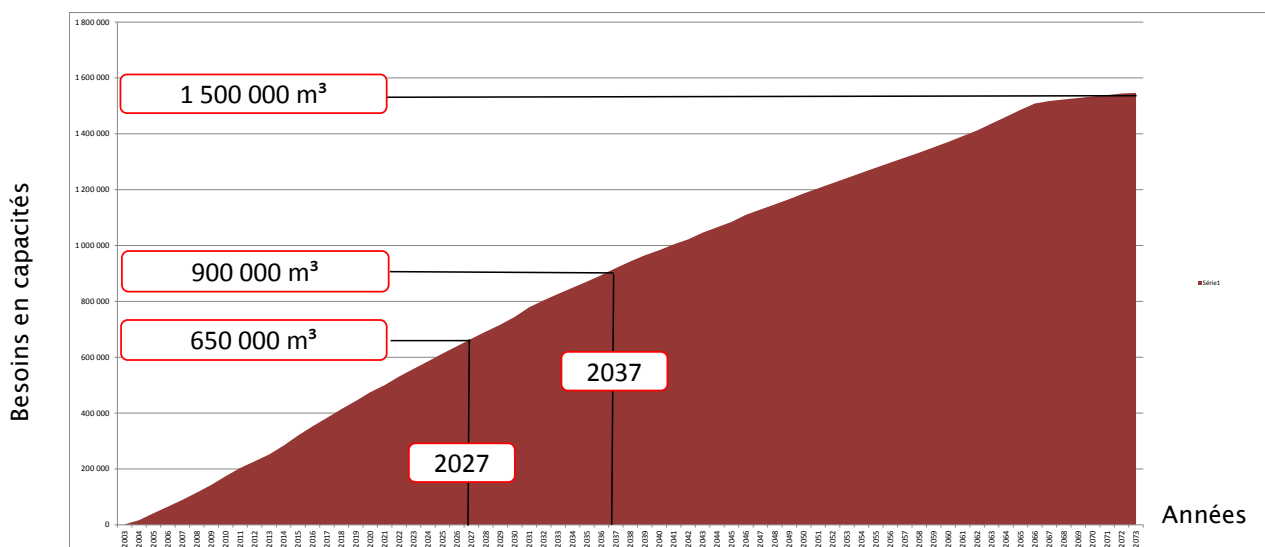
8.2.5 Scénario d'application de la directive européenne avec seuil de libération

En appliquant des seuils de libération, c'est un scénario de « rupture » réglementaire. Il suppose la libération des aciers d'Eurodif après fusion/décontamination, après 2020, de 80% des métaux des générateurs de vapeur et de 30% du tout-venant (métaux et gravats) après 2020. Il suppose que ces déchets ou matières trouvent effectivement un exutoire en dehors de l'industrie nucléaire.

Dans ce scénario, outre les grands gisements que constituent Eurodif et les générateurs de vapeurs, qui peuvent être considérés comme quasi exempts de contamination, après une fusion décontaminante, l'activité de 30 % du tout-venant est évalué comme suffisamment faible pour permettre une libération. La libération s'appliquerait aux déchets dont les activités sont inférieures à 0,1 Bq/g, soit en dessous des capacités de détection des moyens de contrôle directs usuels. A priori, aucun équipement de traitement n'est mis en place pour décontaminer des lots de déchets « tout venant » pour passer sous le seuil de libération, ce qui permet de ne pas augmenter les coûts.

Si les coûts devaient être inférieurs aux coûts actuels, les marges dégagées pourraient être investies sur des outils de réduction volumique supplémentaire (incinération des déchets TFA éventuellement). Ces économies volumiques supplémentaires ne sont pas intégrées dans ce scénario.

Ce scénario permettrait l'économie de 600 000 m³ de capacité de stockage TFA environ



8.3 Scénario extrême pour un inventaire de déchets TFA démultiplié à terminaison.

Le risque le plus élevé, en matière de démantèlement et de déchets associés, est lié à la démonstration de l'atteinte du niveau d'activité résiduelle (état final) exigé par les autorités.

La doctrine actuelle (préconisée par l'Autorité de Sûreté Nucléaire) table sur une élimination de toute activité artificielle résiduelle, à l'issue des démantèlements. Selon les exploitants (AREVA et CEA essentiellement), il risque d'être extrêmement difficile d'exclure toute trace résiduelle d'activité, et cela conduit à une très forte augmentation des volumes de déchets inertes TFA (gravats, terres).

Selon les évaluations des exploitants d'INB, des niveaux d'assainissement poussés à une activité minimale techniquement décelable pourraient multiplier les volumes de déchets classés TFA par un facteur qui pourrait atteindre 20.

Dans un tel scénario extrême, seul un stockage simplifié (par rapport au Cires), probablement sur ou à proximité des grands centres de production, permettrait une gestion de ces volumes (> 10 millions de m³) dans des conditions plus raisonnables. La surcharge environnementale et économique resterait toutefois très significative (emprises de stockage, transports, ...).

9. Les exemples de gestion des déchets TFA à l'étranger

Dans la plupart des pays étrangers, le cadre réglementaire diffère du cadre français, en ce sens que la France est le seul pays qui n'a pas souhaité mettre en œuvre des pratiques de libération des déchets nucléaires. Elle dispose en contrepartie d'une filière industrielle de gestion de déchets TFA performante, à coûts que l'on peut considérer comme modérés, notamment vu de l'étranger.

Dans ces pays, des installations de traitement des déchets, en particulier métalliques, ont été mises en place. Elles sont parfois exploitées pour des déchets dont le niveau d'activité peut dépasser le niveau TFA.

Les installations couramment citées sont celles de Studsvik, en Suède, Siempelkamp, en Allemagne, ou encore en Grande Bretagne ou en Belgique.

Il s'agit souvent de traitements, visant à :

- Densifier les entreposages (production de lingots, ou encore compactages), en l'absence de filières de stockage opérationnelles ;
- Réduire au plus bas les niveaux de contamination résiduelle, pour libérer les matières (et donc potentiellement les réutiliser) et pour concentrer la radioactivité dans de faibles volumes de déchets de types FA-MA.

Ces coûts de traitement sont en général élevés (plusieurs milliers d'euros/tonne), et motivés par l'absence de filière de stockage (ou des stockages à coûts bien supérieurs au coût de traitement).

La principale simplification apportée par les cadres étrangers est de pouvoir déclarer conventionnels les déchets qui ont des activités inférieures aux seuils « européens », sans opération autre que la mesure radiologique. Mais jusqu'à quel point cette possibilité est-elle en pratique utilisée ?

Selon les pays, les pratiques peuvent considérablement différer : les matières ou déchets, avec une activité artificielle résiduelle détectée tout en restant sous le seuil de la directive européenne, peuvent être laissés à tout repeneur, sans traçabilité ou avoir une traçabilité imposée. Ils peuvent en pratique être orientés vers un stockage conventionnel, ou encore rester dans le circuit nucléaire.

A ce jour, des visions globales et quantifiées (y compris économiquement) d'application des seuils de libération à l'étranger sont peu disponibles. En général, ce sont les institutions internationales (AIEA, IRPA, OCDE...) ou les autorités de sûretés locales qui se saisissent de ce sujet (appelé « clearance level »), sous un angle souvent théorique. Le monde économique et industriel « conventionnel » n'évoque pas ce sujet.

Par exemple, les pourcentages importants de matériaux libérés, annoncés par certains pays, sont à prendre avec un certain recul. Une bonne partie de ces matériaux auraient probablement, en France, été classés comme issus de zones non contaminantes, et donc à ce titre auraient été également déclarés conventionnels.

Réciproquement, la spécificité française du zonage déchets dans les INB est souvent traduite, à l'étranger et de façon inexacte, comme une impossibilité pour une installation nucléaire de produire autre chose que des déchets nucléaires. Il faut donc rappeler que le démantèlement des installations nucléaires françaises produit d'abord des déchets conventionnels (80 %) et minoritairement des déchets nucléaires.

10. Les propositions

1. L'extension de capacité réglementaire du Cires est à engager, sauf retard sur les livraisons prévues, d'ici 2020 pour une application à partir de 2025.
2. Sauf à induire des coûts sans rapport avec les enjeux, en particulier de sûreté, il n'existe pas de scénario économiquement viable permettant de s'affranchir d'un deuxième centre de stockage de type Cires, après 2030. Un projet TFA2 devra donc être mis en place. Compte tenu des calendriers, une coordination temporelle d'un projet TFA2 avec le projet FAVL est possible, si les principaux chantiers de démantèlement générateurs de déchets TFA ne sont pas décalés.
3. Une partie des déchets TFA actuellement stockés ne nécessite pas de contrainte de radioprotection, compte tenu de leur l'activité négligeable voire indétectable et de leur non toxicité. La priorité est d'étudier activement les alternatives à leur stockage au Cires, mieux proportionnées à la dangerosité nulle ou négligeable de ces déchets.
4. Les débouchés en recyclage dans le domaine nucléaire ne sont, à ce jour, pas suffisants pour réduire significativement les volumes à stocker. Des solutions concrètes de réutilisation hors du secteur nucléaire devraient être proposées, sur des projets ou opérations ciblés, sans pour autant nécessiter un seuil de libération généralisé. Les lots de déchets homogènes, et en particulier les 150 000 tonnes d'acier liées au démantèlement d'Eurodif, sont à traiter prioritairement.
5. Un concept de stockage simplifié, par rapport à ce qui est fait au Cires, est à étudier pour les déchets inertes les moins actifs et non valorisables. Similaire à un stockage de déchets conventionnels, il pourrait être une solution palliative là où les volumes sont significatifs, ce qui se produirait en cas d'inventaire démultiplié par rapport à la prévision actuelle (scénario d'assainissement total).
6. La densification, pour stockage au Cires, de déchets métalliques, qui ne seraient pas économiquement recyclables, ne fait à ce jour pas consensus en ce qui concerne sa pertinence économique. Un travail reste à réaliser pour conclure.
7. Une partie des gravats (de l'ordre de 30 %) pourrait être valorisée à partir du moment où des lots significatifs et homogènes seraient identifiés. Ces matériaux seraient dans un premier temps utilisés comme matériaux de remplissage des alvéoles TFA. La pertinence économique de cette option sera évaluée d'ici 2016 (études en cours contractualisées entre EDF, CEA, Areva et l'Andra).
8. Les autres possibilités d'optimisation doivent faire l'objet d'une poursuite des études, selon des modalités à définir entre producteurs et stockeur, pour être activables en cas d'événement ou contrainte conduisant à une raréfaction des possibilités de stockage.

11. Un suivi à mettre en œuvre

Depuis la mise en place de la filière TFA, des évolutions notables sont intervenues pour la mise en charge des déchets, principalement pour des raisons d'ordres économiques.

- Augmentation des tailles et volumes des alvéoles ;
- Accueil de pièces massives dans les alvéoles classiques ;
- Alvéoles dédiées aux pièces massives à venir.

L'intérêt perçu par les parties prenantes (tant l'Andra que les producteurs) a motivé ces évolutions dans un cadre purement contractuel, de clients à fournisseurs, chacun y trouvant son intérêt économique.

Les nouveaux enjeux, qui concernent principalement l'optimisation des volumes, ne pourront probablement pas être portés selon la même relation, de client à fournisseur, l'économie n'étant plus le seul moteur de la démarche.

L'élaboration du présent document a permis de conclure à la nécessité de mieux partager les données de base entre EDF, CEA, AREVA et l'Andra, puis entre parties prenantes, pour converger vers une vision commune des priorités et des enjeux économiques. Sur la base du présent document, des sessions de travail seront donc organisées pour permettre un point annuel d'avancement global des études relatives aux différentes options envisagées.

Un état des lieux de l'avancement de ces travaux sera présenté annuellement au COCIDRA de manière à s'assurer de la cohérence des actions engagées par les différents acteurs. Un point d'avancement, sera présenté tous les trois ans en PNGMDR, au moment de la mise à jour de l'inventaire national. Cette information sera également transmise au HCTISN.



AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION
DES DÉCHETS RADIOACTIFS

1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex

www.andra.fr