

DOCUMENT TECHNIQUE

PNGMDR 2016-18

ETUDE RELATIVE À LA DENSIFICATION DES DÉCHETS TFA

Identification
ODDNTASFP180006

Février 2019

Page : 1/34

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	4
1.1	<i>Contexte</i>	4
1.2	<i>Libellé l'article 27 de l'arrêté PNGMDR</i>	5
2.	CONSTAT ET PREVISIONS	5
2.1	<i>CONSTAT A FIN 2017</i>	5
2.1.1	Natures physiques	6
2.1.2	Densités annuelles	6
2.2	<i>PREVISIONS ET IMPACT SUR LA CONSOMMATION DE LA CAPACITE DU CIRES</i>	8
2.3	<i>CONCLUSION</i>	9
3.	PISTES DE DENSIFICATION ENGAGEES OU ENVISAGEES	9
3.1	<i>LES PRINCIPAUX GISEMENTS</i>	9
3.2	<i>UTILISATION DE PROCEDES MECANIQUES DE REDUCTION DE VOLUME</i>	10
3.2.1	Exemple d'outils de densification sur site producteur	10
3.2.2	Sur installation centralisée	20
3.2.3	Sur site de l'Andra	21
3.2.4	Des possibilités de densification autres que sur les déchets métalliques	22
3.3	<i>OPTIMISATION DU CONDITIONNEMENT</i>	23
3.3.1	Agencement des déchets au sein des colis	23
3.3.2	Optimisation des conteneurs de déchets	30
3.4	<i>OPTIMISATION DU STOCKAGE</i>	32
3.4.1	Comblement de colis et des alvéoles au Cires	32
3.4.2	Stockage de déchets sous forme de vrac au Cires	32
3.4.3	Augmentation des volumes stockés par alvéole	32
4.	CONCLUSION	33

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte

Dans le cadre du PNGMDR 2013-2015, l'Andra, en lien avec les producteurs, a évalué les flux prévisionnels de déchets destinés à être stockés au stockage TFA, jusqu'à la fin du démantèlement du parc d'installations actuelles (environ jusqu'à 2075).

Ainsi, la capacité administrative actuelle de 650 000 m³ du centre de stockage TFA pourrait être atteinte autour de 2028. Avec une extension de la capacité envisagée autour de 950 000 m³, la saturation du Cires interviendrait autour de 2035.

Le PNGMDR 2016-2018 demande ainsi d'étudier plusieurs options visant à réduire les quantités, valoriser les déchets et optimiser les volumes de déchets TFA à stocker. Ces demandes s'inscrivent pleinement dans les principes énoncés par la loi de 2015 relative à la Transition Ecologique pour la Croissance Verte (TECV) et retranscrits dans le Code de l'Environnement. Dans ce cadre, la Figure 1 donne la vision de la hiérarchie des modes de gestion des déchets.

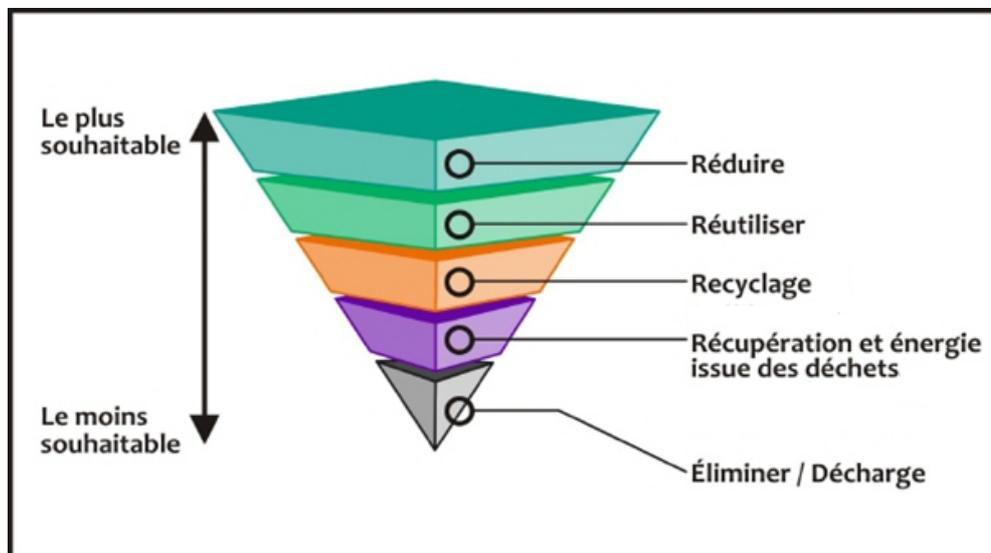


Figure 1. Stratégie de gestion des déchets radioactifs en France

La réduction de la quantité de déchets TFA constitue ainsi l'option la plus souhaitable. Cette réduction est notamment permise par une optimisation du zonage déchets (article 21 de l'arrêté PNGMDR) ou un assainissement proportionné aux enjeux (article 20 de l'arrêté PNGMDR). Ensuite, le recyclage de matériaux TFA (étudié notamment à travers l'article 24 de l'arrêté PNGMDR) permet également de préserver la ressource stockage. Enfin, dans le cas de l'option la moins souhaitable, à savoir le stockage des déchets TFA, une optimisation des volumes est recherchée. Cette optimisation est étudiée dans le cadre du PNGMDR à travers les articles 25 (incinération), 28 (fusion) et 27 (densification), objet du présent document.

La présente étude se focalise sur le retour d'expérience, mais aussi les possibilités futures, de réduction des volumes par des moyens mécaniques (broyage, compactage, agencements optimisés...).

1.2 Libellé l'article 27 de l'arrêté PNGMDR

En vue d'une densification des déchets stockés au Cires, l'Andra remet avant le 30 juin 2018 au ministre chargé de l'énergie, en lien avec les producteurs de déchets TFA et Socodei, une étude analysant, sur le plan de la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement, plusieurs options : de densification sur les sites des producteurs, amélioration des équipements existants ou mise en service de nouveaux équipements au Cires. L'ASN et l'ASND sont saisies pour avis sur cette étude.

2. CONSTAT ET PREVISIONS

2.1 CONSTAT A FIN 2017

A fin 2017, le volume total de colis de déchets stocké au Cires est de 352 327 m³, toutes catégories confondues (soit 54% de la capacité administrative totale actuelle) pour l'ensemble des producteurs. Les quantités annuelles stockées ont été les suivantes

ANNÉE_STOCKAGE	MASSE_tonnes	VOLUME_m ³	MASSE_cumulée	VOLUME_cumulé
2003	1 870	1 741	1 870	1 741
2004	17 221	14 903	19 091	16 644
2005	28 138	24 878	47 229	41 523
2006	24 358	23 739	71 587	65 262
2007	22 435	24 074	94 022	89 336
2008	24 948	26 319	118 971	115 655
2009	27 090	27 350	146 061	143 005
2010	34 722	31 400	180 783	174 404
2011	31 960	29 040	212 742	203 444
2012	26 554	24 007	239 296	227 451
2013	24 921	24 312	264 217	251 762
2014	25 343	27 112	289 561	278 874
2015	21 891	24 050	311 452	302 925
2016	23 361	25 303	334 813	328 228
2017	20 969	24 100	355 783	352 327

Tableau 1 : masses et volume de colis de déchets livrés (toutes catégories confondues)

Le tableau 2 présente les densités moyennes des colis stockés au Cires selon la typologie des déchets sur la période 2003-2017. Les densités moyennes constatées, depuis 2003, ont été les suivantes.

	Stockage réalisé	
	% volumique (2003/2017)	Densité stockée
Déchets inertes	48%	1,12
Déchets métalliques	42%	0,98
Déchets industriels banaux	10%	0,59
	100%	

Tableau 2 : densités constatées des colis stockés

Les densités des colis de déchets inertes, composés de terres et de gravats pour l'essentiel, ont été les plus élevées. Malgré une densité théorique des métaux ferreux de l'ordre de 7, la densité des colis correspondants est bien plus faible, légèrement inférieure à 1. Ceci s'explique par la nature peu dense des déchets de métaux, qui comportent de grandes quantités de vide. C'est aussi ce qui explique que l'optimisation des volumes de déchets métalliques est celle qui présente le meilleur potentiel.

2.1.1 Natures physiques

Parmi les déchets TFA déjà stockés au Cires, ce sont les déchets inertes qui constituent la part majoritaire.

Ces quantités significatives de déchets inertes sont dues à une production plus importante que prévue, sur des chantiers de démantèlement ou d'assainissement, en raison d'objectifs de contamination résiduelle très faible.

On notera toutefois (figure 1), que cette tendance s'inverse depuis 2010. La proportion de déchets métalliques a significativement augmenté. En parallèle, il n'y a pas de chantier producteur de grandes quantités de déchets inertes en perspective (mis à part les flux à venir de Malvés).

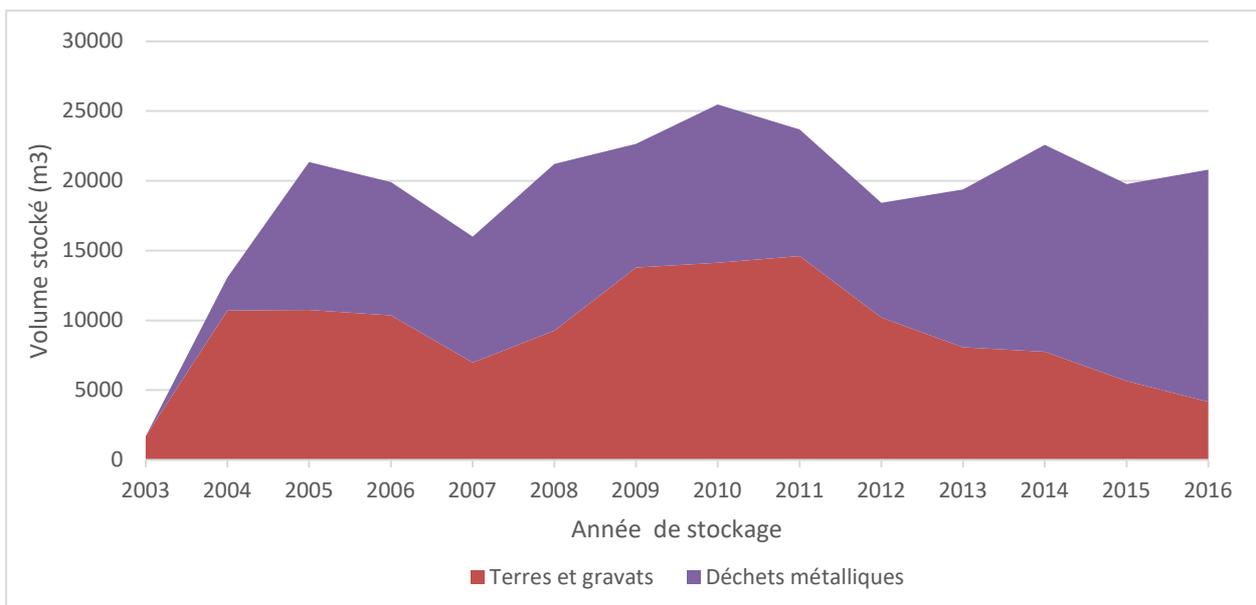


Figure 1 : volume des colis de déchets métalliques et de déchets inertes stockés entre 2003 et 2016

2.1.2 Densités annuelles

La densité apparaît relativement moyenne malgré l'utilisation de différentes méthodes de densification sur les centres de stockage et chez les producteurs visant à améliorer la densité des colis stockés in fine.

La figure et le tableau ci-dessous présentent l'évolution de la densité des colis de déchets stockés au Cires. On constate sans surprise une corrélation entre une densité stockée annuelle proche de 1 et une proportion élevée d'inertes.

Année de stockage	Densité stockée annuelle	Densité stockée cumulée depuis 2004
2004	1,16	1,16
2005	1,13	1,14
2006	1,03	1,10
2007	0,93	1,05
2008	0,95	1,03
2009	0,99	1,02
2010	1,11	1,04
2011	1,10	1,05
2012	1,11	1,05
2013	1,03	1,05
2014	0,93	1,04
2015	0,91	1,03
2016	0,92	1,02
2017	0,87	1,01

Tableau 3 : densités des colis de déchets stockés, annuelles et cumulées

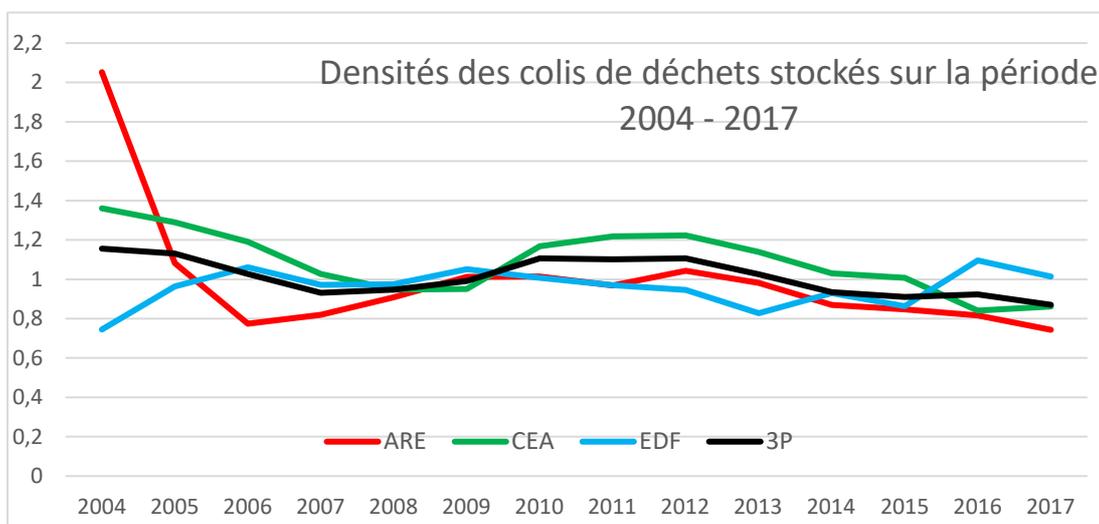


Figure 2 : évolution des densités des colis de déchets livrés sur la période 2004-2017

2.2 PREVISIONS ET IMPACT SUR LA CONSOMMATION DE LA CAPACITE DU CIRES

Les inventaires prévisionnels de déchets TFA ont fait l'objet d'analyses, dans le cadre du PNGMDR 2013-2015. La figure ci-après détaille les flux annuels de livraisons prévues, par producteur. Elle montre en particulier l'importance de certains chantiers.

- Le démantèlement de l'usine d'enrichissement Eurodif (un projet de valorisation des aciers est en cours d'étude et si ce projet ne se faisait pas, une étude de densification des aciers a été menée avec un objectif de densité cible de l'ordre de 1,4) ;
- Le stockage de déchets de Malvési issus du traitement des nitrates (déchets TDN). Ces déchets, inertes, de type cimentaire, ne pourront pas faire l'objet d'une densification, cependant leur densité sera de l'ordre de 1,6 lorsqu'ils seront livrés sur le centre de stockage TFA ;
- Les déchets produits par le démantèlement du parc actuel de réacteurs EDF.

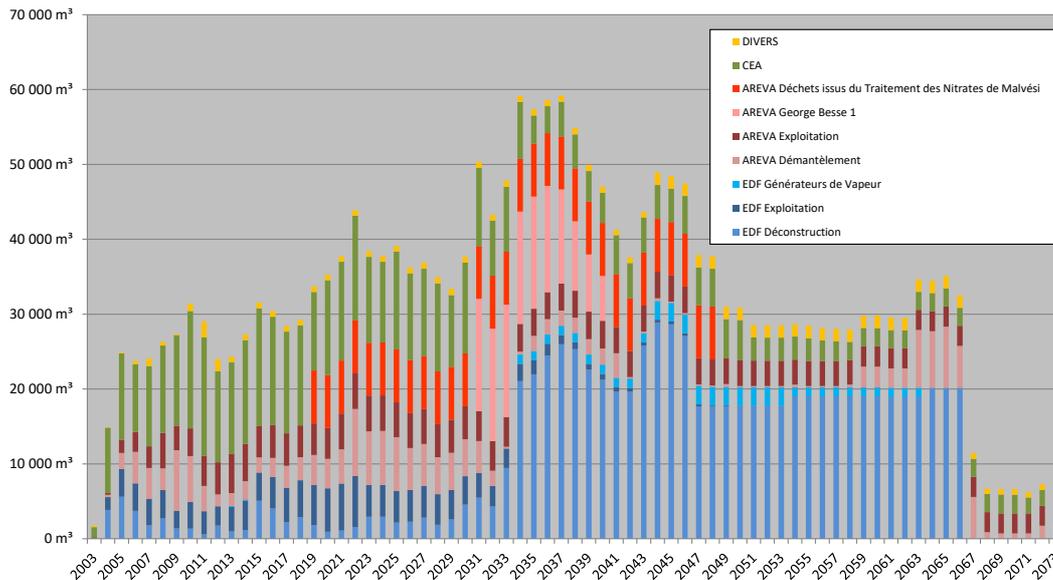


Figure 3 : flux volumique annuel des colis de déchets livrés au Cires

La figure ci-après montre le cumul des volumes de colis de déchets stockés au Cires qui a fait l'objet d'études, dans le cadre du PNGMDR 2013-2015. Dans l'hypothèse, d'une extension de capacité du Cires autour 950 000 m³, la saturation interviendrait autour de 2035.

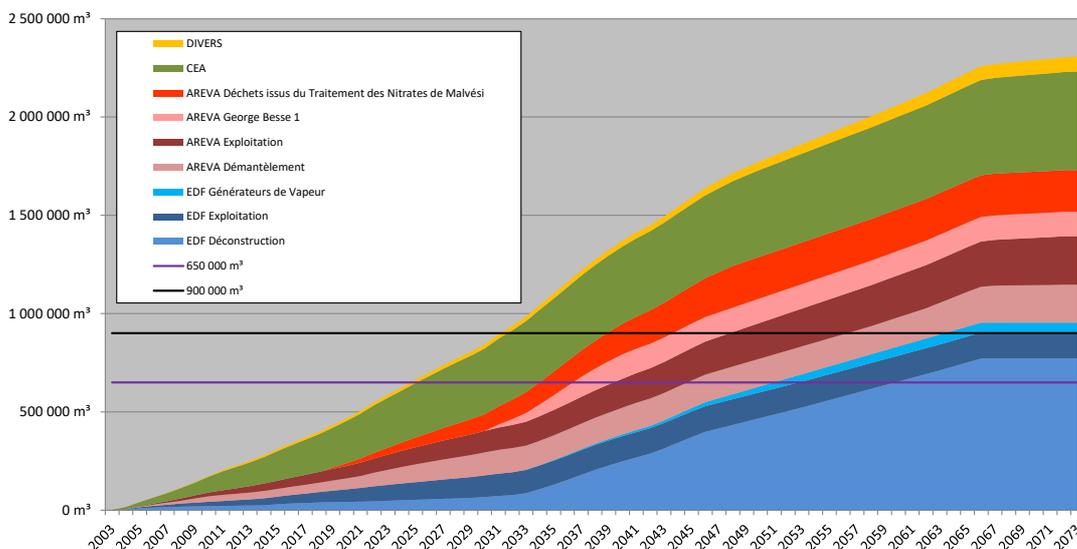


Figure 5 : cumul volumique prévisionnel des colis de déchets au stockage TFA

Les densités constatées sont souvent plus faibles pour les déchets d'exploitation (composés d'une part importante de déchets plastiques et de matières cellulosiques) que pour les déchets générés par les chantiers de démantèlement.

A ce jour, ce graphique intègre les métaux qui seront produits par les démantèlements de l'usine George Besse et les générateurs de vapeur du parc EDF. Un projet de recyclage d'une partie de ces métaux a été lancé depuis quelques années. Dans ce cas, les capacités nécessaires en stockage pourront être réduites de 250 000 m³ environ.

Les autres métaux représentent 650 000 m³.

2.3 CONCLUSION

La consommation de la capacité volumique de stockage autorisée a été un peu plus rapide que prévue par rapport à l'inventaire initial, trentenaire. Le retour d'expérience montre une densité stockée autour de 1, avec une forte sensibilité aux déchets inertes.

Toutefois, compte tenu des volumes de déchets TFA à produire, il est aujourd'hui difficile d'exclure la nécessité d'un deuxième centre TFA.

Si, entre 2003 et 2010, une fraction significative des volumes a été constituée de déchets inertes, peu densifiables, la part de déchets métalliques a beaucoup augmenté depuis 2010 et sera très majoritaire dans la première phase des démantèlements.

Il paraît ainsi important d'explorer prioritairement dans le cadre de ce rapport les voies de réduction du volume de ces déchets métalliques.

3. PISTES DE DENSIFICATION ENGAGEES OU ENVISAGEES

La densification des déchets est un objectif partagé par l'Andra et les producteurs de déchets. Lorsque la densification est opérée chez le producteur, elle permet de réduire les coûts en amont du stockage (colisages, emballages de transport, caractérisation et déclaration des colis, transport et coûts logistiques associés) et de stockage. Par ailleurs, pour une capacité de prise en charge donnée (flux volumique acceptable au Cires et surface de stockage disponible), elle permet aux producteurs de garantir l'évacuation d'un maximum de déchets produits (limitation des entreposages tampon) et à venir (gestion sur le long terme).

C'est pourquoi, depuis le démarrage du Cires, l'Andra et les producteurs se sont efforcés de mettre en place des moyens ou actions permettant d'atteindre cet objectif.

3.1 LES PRINCIPAUX GISEMENTS

Comme indiqué au chapitre précédent, les principaux gisements pouvant faire l'objet de gains volumiques significatifs concernent les déchets métalliques. Les deux principaux lots de déchets métalliques homogènes identifiés sont à ce jour :

- les aciers de l'usine Georges Besse (environ 150 000 tonnes) ;
- les générateurs de vapeur déposés du parc de réacteurs REP EDF (environ 100 000 tonnes).

Ces deux principaux lots font l'objet d'études, menées par Orano et EDF associées à la fusion dans le but d'un recyclage. Le résultat de ces études fait l'objet d'un rapport prévu par l'article 24 du PNGMDR.

Concernant les aciers de l'usine George Besse, le scénario de référence reste à ce jour l'envoi en stockage direct à l'Andra et la densification de ces déchets a été étudiée par Orano avec l'appui de l'Andra. L'objectif envisagé est d'arriver à une densité de métaux dans les colis de l'ordre de 1,4.

Les sections suivantes présentent ainsi une synthèse des actions qui ont pu être menées par l'Andra et les producteurs ainsi que les différentes pistes envisagées pour densifier les déchets. Les procédés envisagés reposent principalement sur des dispositifs mécaniques de réduction de volume et concerneraient dans le futur les flux de métaux provenant essentiellement du démantèlement des installations (hors générateurs de vapeur et aciers de Georges Besse), soit environ 650 000 tonnes de déchets métalliques sur 40 ans (selon le rapport du GT PNGMDR sur la valorisation des matériaux métalliques de juillet 2015).

3.2 UTILISATION DE PROCÉDES MECANIQUES DE RÉDUCTION DE VOLUME

Le Cires et de nombreux sites producteurs sont déjà équipés de procédés mécaniques de réduction de volume :

- Sur le Cires, une presse à paquet est dédiée au compactage des déchets métalliques et une presse à balles aux autres déchets compactables, en général des matières plastiques. Des critères de prises en charge de ces déchets compactables ont été définis par l'ANDRA de manière à répondre aux contraintes d'exploitation du Centre et aux spécificités de ces presses.
- Sur les sites producteurs, et lorsque les volumes produits sont suffisants, il existe aussi des presses et des outils de découpe. Des opérations manuelles sont également réalisées pour mieux agencer les déchets et optimiser le remplissage des colis de déchets.

En tenant compte des contraintes amont (transportabilité des déchets notamment), ces moyens peuvent être mis en œuvre directement sur le site de production du déchet, permettant ainsi une réduction à la source ou bien sur un site dédié, offrant ainsi une possibilité de mutualisation des moyens.

Ces différents cas sont présentés dans la suite du document.

3.2.1 Exemple d'outils de densification sur site producteur

3.2.1.1 Densification par presse pour les déchets métalliques non compactables au Cires

Utilisation d'une presse/cisaille : Equipement de réduction de volume (ERV) du site de Pierrelatte – démantèlement des usines de diffusion gazeuse militaires (UDG)

Afin notamment d'optimiser les transports et la quantité de conteneurs de déchets, un outil industriel (ERV) a été développé sur le site de Pierrelatte.

Les déchets concernés peuvent être de grandes dimensions (longueur > 6 m et largeur > 1,5 m) et/ou de faible densité ne résistant pas à une compression de 30 T/m². Les matériels acceptables à l'ERV sont tous, d'un point de vue radiologique, limités à la filière TFA. Les principaux radioéléments sont les isotopes majeurs de l'uranium, ²³⁴U, ²³⁵U et ²³⁸U ainsi que les produits de filiation d'²³⁸U (²³⁴Th et ^{234m}Pa).

Les déchets proviennent de l'ensemble des usines de diffusion gazeuse.

L'objectif de cet équipement est l'obtention d'un colis fini transportable et stockable au Cires de l'Andra avec une meilleure densité que le matériel d'origine (densité initiale inférieure à 0,1).

L'équipement est constitué d'une presse-cisaille de type « ferrailleur » de grande dimension. Elle est installée dans une enceinte nucléarisée (classe de ventilation retenue égale à 3).

La ligne de production est divisée en 3 parties fonctionnant en série :

1. Le déchargement
2. Le compactage/cisaillage
3. Le conditionnement et l'évacuation

REX de l'ERV :

La capacité de production de l'ERV est de 1100 tonnes par an.

Sa conception intègre la nécessité d'un nettoyage périodique des équipements de procédé pour satisfaire aux exigences de sureté. L'ERV fait alors l'objet d'une remise à zéro (RAZ). Cette RAZ dure 3 jours et le REX d'exploitation de 2 ans donne 4 à 5 RAZ/an.

Les densités obtenues sur le REX 2009 sont les suivantes :

- Acier densité moyenne = 1,38 ;
- Gaines de ventilation = 0,95 ;
- Aluminium de type AG3 densité moyenne = 0,74.

La densité moyenne obtenue après réduction de volume est de 0,92. Cette valeur est à comparer à une densité de départ de l'ordre de 0,1. Le taux de réduction volumique moyen est alors supérieur à 9.

Dans le cas du démantèlement des UDG, la quantité et la spécificité des déchets (très faible densité, dimensions, incompatibilité avec les moyens du Cires) a permis au terme d'une analyse technico-économique d'aboutir à une solution de densification sur site intéressante. En effet, sur la base d'un traitement d'environ 6 000 tonnes de déchets de densité initiale proche de 0,1, **l'utilisation de la presse a permis d'économiser près de 54 000 m³ par rapport à un stockage direct, soit près de 8 % de la capacité totale actuelle du Cires.**

Utilisation d'une presse mobile

L'opportunité de densification à la source d'un gisement de déchets métalliques TFA (non compactables avec les presses actuelles du Cires) à l'aide d'une presse implantée sur site a fait l'objet d'une étude réalisée par EDF.

Outre la réduction du volume de déchets stockés, un tel équipement permet de limiter le nombre d'emballages primaires ainsi que le nombre de transports de déchets vers le Cires.

Néanmoins, les problèmes techniques liés notamment à l'implantation d'une telle installation (encombrement, charge au sol, ...), à la nécessité d'avoir recours à une solution mobile (en particulier pour tenir compte du faible gisement disponible sur chaque site) et les coûts d'investissement et d'exploitation du procédé (traitement, maintenance, assainissements inter-campagne, démantèlement en fin de vie) ont été jugés rédhibitoires en regard des quantités, de la variété et de la disponibilité des déchets potentiellement concernés.

Pour autant, le recours à une telle presse sur site reste une opportunité qui pourrait un jour s'avérer intéressante (notamment si les flux à traiter le justifient).

Utilisation d'une presse pour le traitement des fûts de concentrés miniers**Nature des déchets**

Comurhex II (CX II) est une nouvelle installation du site d'Orano Cycle de Malvésí (Aude) qui met en œuvre un procédé (dénitration thermique) permettant d'augmenter la production annuelle de tétrafluorure d'uranium (UF₄).

La matière première, reçue sur le site, est expédiée depuis les différentes mines où une première étape de transformation aboutit au concentré minier (Yellow Cake). Ce concentré est conditionné pour le transport en fût métallique de 200 ou 220 litres (fût pétrolier) à usage unique (fig. 6).

Sur le site de Malvésí, le mode de traitement des fûts vides par compactage a été retenu pour leur élimination et a été intégré dans le nouvel atelier de vidange de fûts de l'installation.

Auparavant, un procédé de broyage des fûts a aussi été utilisé et arrêté en 2017, jusqu'à résorber l'historique de fûts vides présent sur le site.



Figure 6 : Types de fût de 200l ou 220l utilisés pour les concentrés miniers

Procédé de traitement des fûts

Les différentes étapes de traitement des fûts de concentré minier depuis leur déchargement jusqu'à l'entreposage des colis finis avant leur envoi à l'ANDRA sont représentées sur le logigramme suivant :

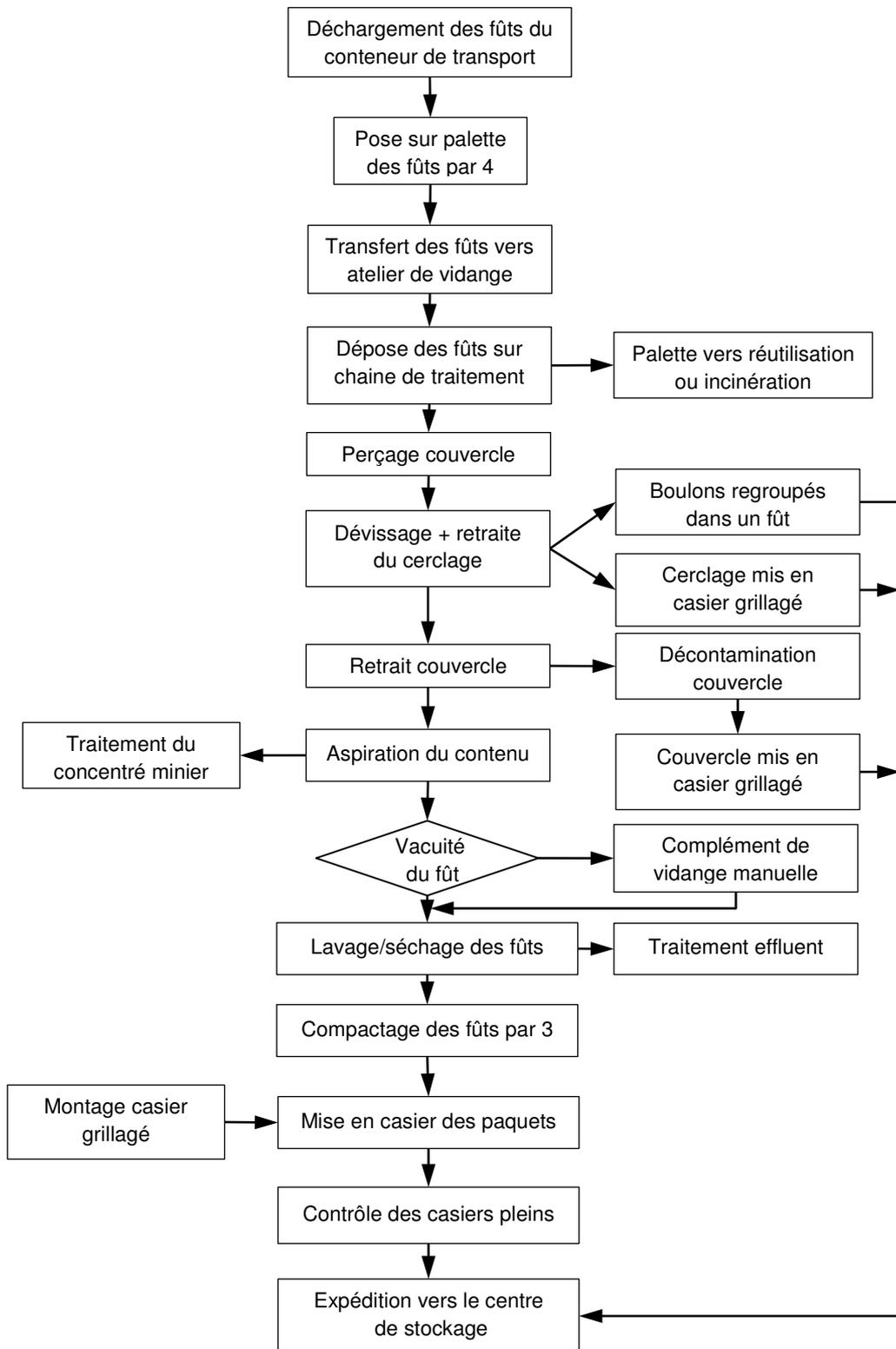


Figure 7 : logigramme, procédé de traitement des fûts

Phases préalables au compactage

Le processus d'élimination des fûts est réalisé en ligne, dès la vidange de leur contenu. L'ensemble de ces opérations est largement automatisé, pour limiter au maximum l'exposition des opérateurs au concentré minier.

Les fûts pleins et fermés avec leur couvercle sont positionnés sur des palettes en bois à leur sortie des conteneurs de transport et entreposés avant d'arriver à l'atelier de vidange CX II.

Les palettes de 4 fûts, sont amenées jusqu'au poste de centrage afin de constituer un train de 5 palettes. Un convoyeur transfère alors les palettes vers le poste de « dépalettisation », sur lequel les fûts sont séparés de leur palette.

Nota : Les palettes sont empilées dans un stockeur pour être ensuite soit réutilisées, soit envoyées à l'incinérateur si elles sont dégradées.

Les fûts sont posés sur deux lignes de convoyage distinctes et dirigés vers l'opération de perçage du couvercle à l'aide d'un vérin. L'objectif de cette opération est de mettre le fût à la pression atmosphérique afin de faciliter l'enlèvement du couvercle.

Suite à cette opération, le boulon et le collier de serrage sont retirés manuellement du fût. Une visseuse pneumatique ou une disqueuse sont utilisées pour retirer les boulons selon leur état. Les boulons sont ensuite regroupés dans un fût recyclé, qui sort du poste de lavage/séchage, pour constituer un colis de déchets, destiné aussi au stockage.



Figure 8 : Poste de décerclage des fûts

Ils sont ensuite dirigés vers la zone de décerclage (fig. 8). Après dépose, les cerclages sont positionnés en vrac dans un bac, avant d'être découpés dans un atelier voisin, puis mis aussi dans un casier grillagé, en attente d'expédition vers le stockage.

Le couvercle est ensuite retiré automatiquement par un ensemble griffes/ventouse (fig. 9).



Figure 9 : Poste d'enlèvement du couvercle

Les couvercles sont empilés dans un conteneur métallique (55 couvercles/conteneur) qui est transféré vers l'atelier de décontamination, une fois vérifiée l'absence de contamination superficielle, ces derniers sont aussi placés dans des casiers grillagés, et destinés au stockage.

Après ouverture, le concentré est aspiré pour être envoyé dans le procédé chimique de l'usine. Le fût, désormais vidé, fait l'objet d'un contrôle gamma effectué à l'aide d'un compteur de type compteur Geiger.

Si le fût présente une masse de concentré minier résiduel supérieure à 100 g, le fût est transféré vers le poste de vidange manuel ou une aspiration complémentaire est effectuée. L'activité gamma est à nouveau contrôlée à l'issue de cette nouvelle vidange :

- Si le fût reste non conforme, un nouveau couvercle est posé et il est évacué vers l'atelier de récupération pour un traitement spécifique ;
- Si le fût est conforme, il est envoyé vers le poste de contrôle de non déformation des fûts.

L'intégrité géométrique des fûts est contrôlée car les fûts déformés perturbent les performances des machines de l'installation de lavage / séchage. Si nécessaire, les fûts déformés sont serties d'un nouveau couvercle et évacués vers l'atelier de récupération.

Après humidification de l'intérieur des fûts pour limiter la dispersion de particules uranifères, les fûts sont nettoyés par un lavage Très Haute Pression (THP) à 500 bars à l'intérieur, puis rincés de l'intérieur et de l'extérieur. Ils sont ensuite séchés par de l'air à 26° C.

Deux installations de lavage/séchage identiques (fig. 10) permettent d'atteindre un niveau de contamination résiduelle conforme avec la spécification du colis TFA destiné au stockage, ainsi que de récupérer les poussières résiduelles de concentré demeurées à l'intérieur des fûts.

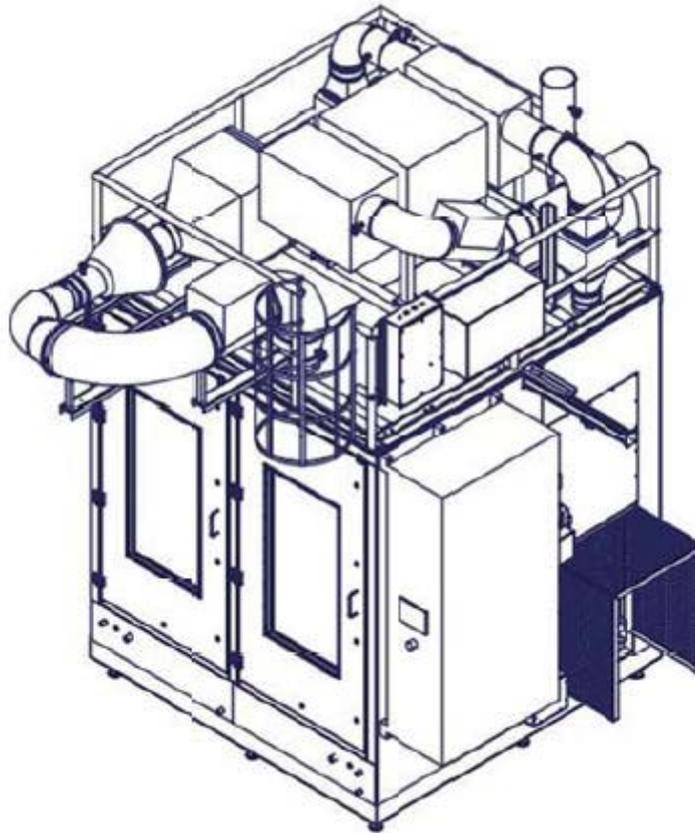


Figure 10 : Cabine de lavage / séchage

L'eau de lavage est filtrée et réutilisée (circuit fermé). Des boues de concentré minier générées sont expédiées vers l'atelier de récupération de l'uranium pour être recyclées au sein de l'usine.

Après le contrôle de la décontamination des fûts lors du lavage (frottis en partie haute et contrôle visuel de l'intérieur des fûts) réalisé de manière statistique, les fûts sont transférés vers la compacteuse.

A noter, qu'environ 10 % des fûts vides nettoyés et séchés sont prélevés, pour :

- Recevoir des résidus miniers issus des opérations d'échantillonnage ;
- Recevoir les boulons et envoyés ensuite au stockage.

Compactage

La compacteuse permet de transformer 3 fûts en même temps en un paquet et comprend :

- Un bras robotique qui sert à placer les fûts vides dans la presse et déposer les paquets sortis de presse dans le casier grillagé ;
- Une presse (fig. 11) qui compacte les fûts selon 3 axes (via un couvercle rabattant et deux vérins linéaires) ;
- Un poste d'entreposage des paquets, sur lequel est positionné un casier grillagé.

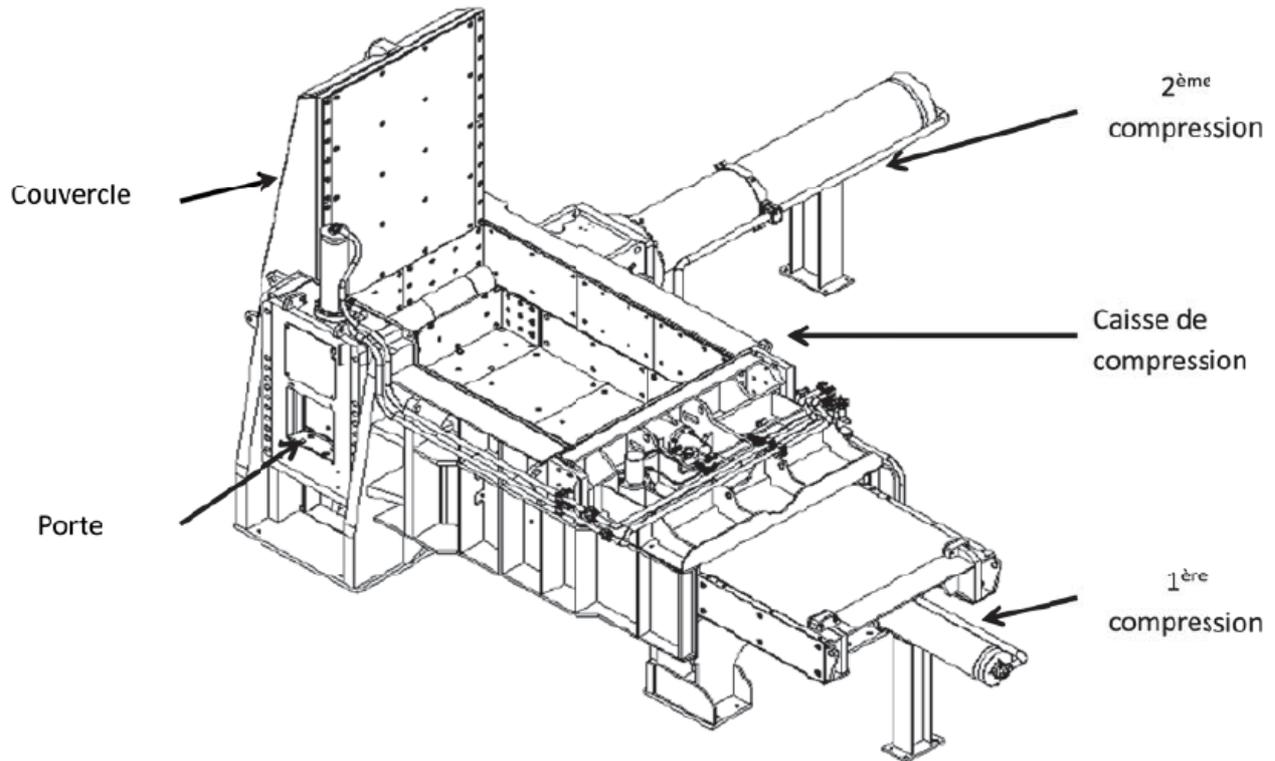


Figure 11 : Presse de compactage

La hauteur des paquets obtenus peut varier en fonction de la provenance des fûts métalliques compactés compte tenu des légères variations de l'épaisseur initiale de leur tôle constitutive.

Le mode actuel de préhension des fûts par le bras robotique pour les placer dans la compacteuse n'est adapté qu'à la manutention de fûts sans couvercles.

Il est à noter que d'autres déchets métalliques pourraient être compactés sous réserve qu'ils puissent être amenés à la compacteuse et pris en charge par le bras robotique, éventuellement après une modification selon la géométrie des objets.

Les paquets de fûts compactés sont placés dans un casier grillagé préalablement monté par l'opérateur puis l'ensemble est déplacé vers un poste de contrôle (fig. 12). **36 paquets trouvent place dans un casier de 1,35 m³ représentant un lot de 108 fûts initiaux**, conduisant à une densité de colis fini produit d'environ 1,3 (la densité initiale étant de l'ordre de 0,08, soit un facteur de densification de l'ordre de 16°).



Figure 12 : Casiers grillagés remplis de paquets à côté du poste de pesage (à gauche)

Les divers points de contrôle des colis ainsi confectionnés, avant expédition, sont :

- Le contrôle du bon montage du casier ;
- La pesée du casier plein ;
- Le contrôle radiologique par frottis.

Performances de densification du procédé de compactage

L'atelier dans lequel la compacteuse est intégrée fonctionne en 3x8. Un seul opérateur suit le fonctionnement de l'ensemble de l'atelier. L'installation compacte au nominal 70 fûts par poste soit 210 fûts par jour et est dimensionnée pour réaliser 270 fûts par jour.

Les autres déchets qui sont produits dans le processus de l'élimination de la totalité des emballages des concentrés miniers sont :

- Les boues issues du traitement des eaux de lavage qui sont envoyées vers l'atelier de récupération ;
- Les boulons et colliers de cerclage qui ne sont pas compactés et envoyés directement au stockage ;
- Les palettes vides qui sont soit réutilisées dans l'usine, soit à terme incinérées.

Pour juger de la pertinence de la densification sur le site producteur au regard de la protection des intérêts de l'article L511-1 du code de l'environnement, il est retenu comme indicateur le nombre de transports routiers entre le site et le centre de stockage. Cette activité présente des inconvénients identifiés dans l'article précité, tel la commodité du voisinage, pour la santé et sécurité publiques ou pour la protection de l'environnement.

L'évaluation a été réalisée pour les années 2014 et 2015 durant lesquelles a été traitée la fin du stock historique de fûts.

Les données d'entrée sont :

- Un casier grillagé de 1,35 m³, contient 108 fûts compactés ;
- Un conteneur ISO de transport regroupe 8 casiers ou 72 fûts entiers ;
- Transport de 2 conteneurs de fûts, mais d'un seul de casier (limitation par la masse) par convoi

Année	2014	2015
Nombre de fûts vides éliminés	66790	61439
<i>Compactage des fûts vides</i>		
Nombre de casiers grillagés	619	569
Nbre de conteneurs de transport = Nbre de transport	78	72
<i>Envoi direct des fûts vides (sans densification)</i>		
Nombre de conteneurs de transport	955	878
Nombre de transport	478	439
Nombre de transports économisés *	400	367

Tableau 4 : Nombre de transports pour les années 2014 et 2015 (avec ou sans compactage)

Sur l'année 2016, 24 272 fûts ont été réceptionnés. En prenant en compte la réutilisation de 10 % des fûts vides lavés et séchés (fûts de boulon ou d'échantillonnage), le reste des 21 845 fûts vides a été transféré compacté puis conditionné en 203 casiers grillagés. Sur les années 2014 et 2015 le volume gagné a été de l'ordre de 120 000 m³ soit **18 % de la capacité du Cires**.

Il est à souligner également que l'ensemble des opérations réalisées sur le site évite toutes actions complémentaires sur les casiers arrivés sur le site de stockage (Cires).

Nota * : Le traitement employé précédemment, c'est-à-dire par broyage des fûts, aurait apporté un gain du même ordre de grandeur en nombre de transport, à quantité identique de fûts traités.

3.2.1.2 Solution mixte : broyage de déchets métalliques sur site et compactage au Cires

Afin de limiter les transports et d'optimiser la densité des déchets, le site de Comurhex Malvési a mis en place une unité de broyage de fûts en acier de faible épaisseur (conteneurs de diverses origines dans lesquels est livré le minerai d'uranium). Les fûts après broyage sont conditionnés dans des fûts de 200 litres puis expédiés au Cires. La densité obtenue après broyage est proche de 1.

Compte tenu du taux important de vide dans ces fûts (80 %) et à la demande de l'Andra, des essais de compactage à la presse à paquets du Cires ont été réalisés. Ces essais ont permis d'atteindre une densité finale à stocker de l'ordre de 2. A la suite de ces essais, cette filière a fonctionné pendant quelques mois, mais elle s'est ensuite heurtée à de multiples problèmes liés à la maintenance de la presse à paquet de l'Andra (blocages et arrêts de la presse à répétition qui étaient dus à l'accumulation de copeaux des fûts broyés dans l'enceinte de la presse et sur le chariot de transfert des paquets), Cette solution n'a donc pu être mise en œuvre de manière industrielle.

Cet exemple même s'il n'a pu aboutir, montre l'intérêt de travailler sur des solutions complémentaires entre l'Andra et les producteurs.

3.2.2 Sur installation centralisée

Une étude de faisabilité d'une installation centralisée de densification de déchets métalliques TFA (y compris les métalliques actuellement non compactables sur la presse du Cires) des 4 producteurs (EDF, Orano, Framatome et CEA) a été réalisée.

Nota : cette étude ne prenait pas en compte les métaux issus du démantèlement de l'Usine Georges Besse de Pierrelatte dont les efforts de réduction de volume à stocker étaient pris en compte au niveau du projet de démantèlement et envisagés directement sur le site du Tricastin. La solution de recyclage de ces déchets métalliques est aussi regardée dans le cadre des demandes du PNGMDR

Les procédés de densification envisagés pour cette installation comprennent :

- Une presse cisaille ;
- Un granulateur (broyeur) ;
- Un supercompacteur ;
- Un atelier de tri / découpe.

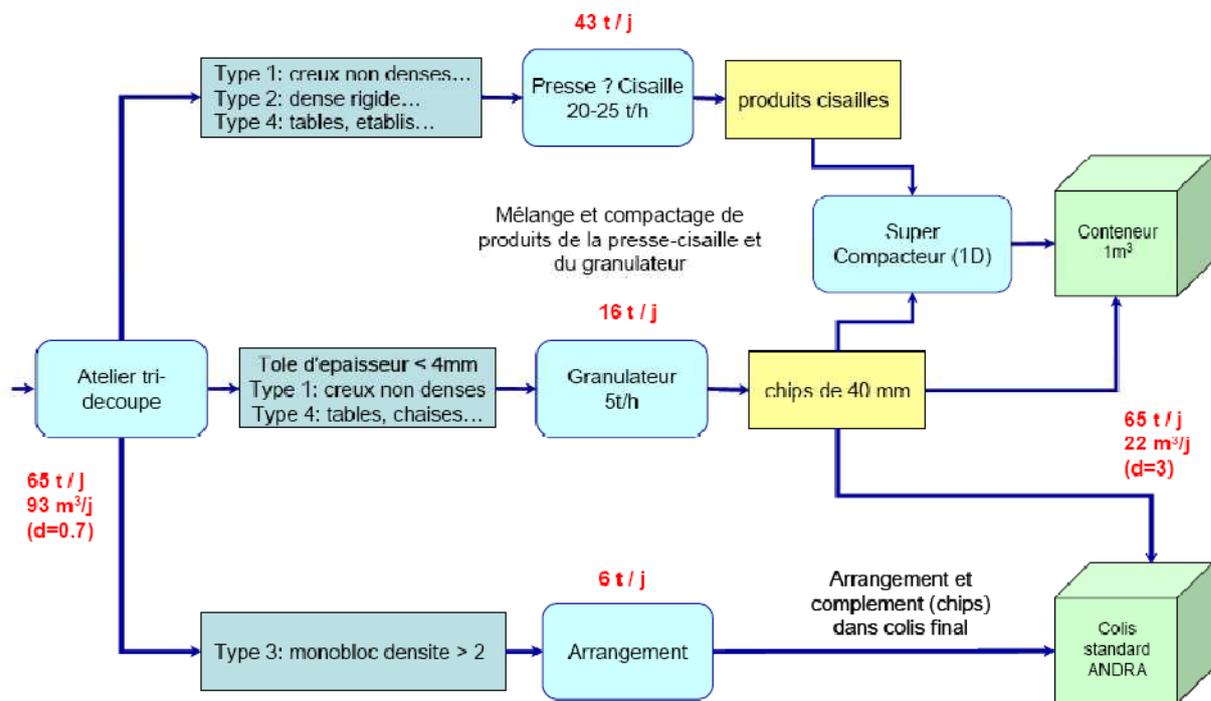


Figure 13 : dimensionnement d'une installation centralisée de densification de déchets métalliques

La mise en œuvre de ces procédés, complétée par un arrangement manuel optimisé au sein des colis doit conduire, d'après la typologie de déchets à traiter, à une densité finale comprise entre 2 et 3.

L'analyse menée par les producteurs a conclu que le développement d'une telle installation n'était pas proportionnée aux enjeux, compte-tenu notamment de l'ampleur de l'investissement associé. Par ailleurs le retour d'expérience des producteurs incite à développer des outils correspondant au juste besoin, sur le site de production de lots importants (UDG, usine Georges Besse). La limitation du nombre de transport et du nombre d'emballages nécessaires au conditionnement des déchets est un critère clef dans ces études. C'est cette analyse qui a conduit à investir dans l'ERV de Pierrelatte, précédemment cité.

Une installation centralisée comporte ainsi un certain nombre de limites et incertitudes, qui s'avèrent dimensionnantes vis-à-vis de sa rentabilité technique et économique, notamment :

- L'inventaire des déchets à prendre en compte et les flux associés (incertitudes liées aux chantiers de démantèlement, choix stratégiques des exploitants nucléaires, filières de traitement concurrentes, ...)
- Les densités réellement atteignables avec les procédés proposés
- Les problèmes techniques inhérents aux procédés retenus (gestion des poussières générées par le granulateur, efficacité du supercompacteur sur des « chips », ...)

De son côté l'Andra a envisagé en 2012 l'implantation d'une presse à cisaille. Cette option a été abandonnée, compte tenu des priorités accordées à la fusion des lots de déchets métalliques, notamment dans une optique de recyclage. Par ailleurs, il subsiste de nombreuses incertitudes quant aux gains de densité, qui dépendent de chaque lot de déchets.

3.2.3 Sur site de l'Andra

3.2.3.1 Adapter / modifier les presses existantes au CIREs

Un des autres axes de réflexion consiste à étudier dans quelle mesure les solutions de compactage existantes au Cires pourraient être adaptées ou remplacées pour élargir les critères actuels de prise en charge et/ou favoriser leur utilisation.

En particulier, la presse « à paquets » destinée aux déchets métalliques à compacter, présente un certain nombre de limites, qui entraînent des spécifications de prise en charge parfois contraignantes (épaisseur limitée des pièces métalliques, risques de blocage par des petites pièces, agencement des colis spécifiques).

Néanmoins, sur la base du retour d'expérience des aciéries conventionnelles et de l'expérience de l'Andra au CSA, il s'avère qu'un recours à des presses de plus forte capacité ne permettrait pas d'augmenter de manière sensible les taux de réduction de volume, sauf à investir dans une installation lourde, telle que décrite au chapitre 3.1.2.1.

3.2.3.2 Favoriser l'utilisation des presses existantes au CIREs

La proportion de déchets compactés au Cires est en hausse depuis 2010, essentiellement pour les déchets métalliques qui ont été compactés par la presse à paquets (portion de 1% sur 2003-2010 qui est passée pour l'ensemble de la période 2003-2017 à 3%)

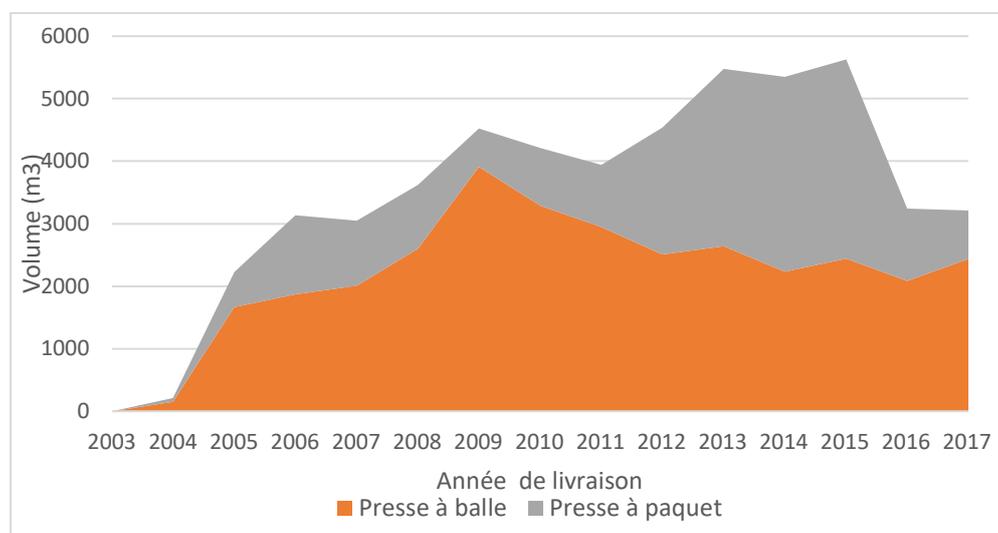


Figure 2 : Volumes annuels de déchets traités par les presses du Cires

Le retour d'expérience d'utilisation des presses au Cires est rassemblé dans le tableau ci-dessous.

	Réalisation 2003-2017			Volume stocké (m ³)
	Masse (tonnes)	Densité livrée	Volume livré (m ³)	
<i>Métalliques Compactables</i>	9 100	0,50	19 200	8 600
<i>Non métalliques Compactables</i>	3 600	0,11	31 100	10 300

Tableau 5 : retour d'expérience du compactage au Cires

Les gains volumiques apportés par le compactage au Cires sont donc de l'ordre de 9 %.

Ce taux pourrait être amélioré. Il est en effet vraisemblable que certains déchets potentiellement compactables soient orientés vers le stockage direct, par précaution vis-à-vis des spécifications d'acceptation dans les presses, qui peuvent s'avérer contraignantes. Cela peut concerner par exemple des pièces métalliques dont les épaisseurs maximales ne sont pas toujours parfaitement connues du producteur et qui sont par précaution directement stockées.

Une autre manière de favoriser l'utilisation des presses existantes est d'élargir au maximum la typologie des déchets acceptables sur ces presses et les types de conditionnement compatibles.

Dans cette optique, l'Andra et les producteurs ont réalisé, de nombreux essais de compactage au Cires :

- Essais de compactage à la presse à paquets de fûts contenant des flacons plastiques ;
- Essais de compactage de pots de peinture (réduction de volume obtenu d'un facteur 7) ;
- Essais de compactage de broyats métalliques conditionnés en fûts ;
- Essais de compactage de bardages et de ferrailles diverses conditionnés en GRVS, ...

Ces essais ont ainsi permis de valider la prise en charge de certaines catégories de déchets non couvertes par les spécifications d'acceptation actuelles.

3.2.4 Des possibilités de densification autres que sur les déchets métalliques

3.2.4.1 Déshydratation de boues par filtre presse

Le site CEA de Cadarache produit chaque année 300 m³ de boues liquides issues du traitement des effluents industriels qui viennent grossir un reliquat « historique » de 1000 m³ de boues. Ces boues, très diluées (moins de 10 g/l de MES) sont évacuées aujourd'hui par citerne à raison de 16 m³ par transport. Elles sont cimentées au Cires – au final, pour 1 m³ de boues, on obtient 2 m³ d'enrobé.

Afin de réduire le volume de déchets stocké, un filtre presse va être implanté sur l'installation productrice. L'objectif est de déshydrater les boues et d'obtenir des galettes de boues solides avec des siccités supérieures à 30 % qui pourront être stockées directement par l'Andra. Le facteur de réduction de volume est de 30 par rapport aux boues de départ et d'un facteur 60 par rapport au déchet cimenté. Donc, pour 300 m³ de boues à traiter chaque année, ce seront 10 à 15 m³ de boues déshydratées qui seront stockées in fine au lieu de 600 m³ de déchets cimentés.

Les centres de FAR et BIII possèdent déjà un équipement semblable, les prochains centres à s'équiper sont Cadarache et Saclay.

Bien que la cimentation des boues soit une prestation réalisable au Cires, le choix du producteur de traiter ses déchets en amont permet un gain en volume stocké considérable (à titre d'illustration, un gain de 500 m³/an - ce que l'on peut espérer atteindre sur le seul site de Cadarache- pendant 30 ans permettait de préserver **plus de 2 % de la capacité totale de stockage** par rapport à la solution actuelle de densification). Le gain en transport est aussi notable

3.2.4.2 Déchiquetage / compactage de déchets plastiques difficilement compactables au Cires

Dans le cadre de ses activités, le CEA utilise beaucoup de flacons en plastique de dimensions très différentes. Ces flacons posent un problème de prise en charge au Cires du fait de leur taux de vide important. En effet, la presse à balles de l'Andra ne permet pas un compactage correct de ces déchets.

Sur son centre de Fontenay aux Roses, le CEA a mis en place une déchiqueteuse pour plastiques et cellulosiques suivi d'un léger compactage permettant un stockage direct des déchets conditionnés en GRVS de type « Big Bag » au Cires.

3.3 OPTIMISATION DU CONDITIONNEMENT

Outre les éventuelles solutions de rupture impliquant de nouvelles installations lourdes telles qu'évoquées précédemment, l'optimisation des conditionnements des déchets au sein des colis dans un objectif de densification, est un objectif constant. Cette optimisation concerne à la fois la recherche du meilleur arrangement des déchets dans les colis mais également la recherche des emballages les plus adaptés au conditionnement.

Les pistes de progrès mise en place et/ou envisagées sont évoquées ci-après.

3.3.1 Agencement des déchets au sein des colis

3.3.1.1 Regroupement de familles de déchets au sein des colis

Au démarrage du Cires, le conditionnement des déchets au sein des colis était réalisé par famille de déchets. Néanmoins, le retour d'expérience a montré que cette règle était de nature à générer des colis présentant des taux de vides parfois importants qui auraient pu être comblés par des déchets d'autres natures.

Suite au travail entre les producteurs de déchets et l'Andra, il est aujourd'hui possible de réaliser un certain nombre de mélanges notamment à des fins de comblement mais qui restent limités à certaines natures de déchets et dans des proportions limitées.

Les comblements réalisés au sein des colis peuvent être effectués directement sur le site producteur mais pourraient l'être également directement au Cires au sein des alvéoles (voir § 4.4.1) pour certains types de déchets.

Dans le premier cas, les producteurs ne disposent cependant pas toujours des déchets de comblement adaptés, ce qui limite leur mise en œuvre.

Dans l'objectif d'optimiser le remplissage des colis, les producteurs peuvent être amenés à réaliser, notamment pour certains déchets récurrents et/ou de géométries spécifiques, des études spécifiques en amont de la phase de production des déchets, pouvant aller jusqu'à la réalisation de plans détaillés de conditionnement.

A titre d'exemple, Orano a développé, dans le cadre du démantèlement des Usines de Diffusion Gazeuse de Pierrelatte des colis spécifiques, basés sur un arrangement particulier des déchets primaires dans des emballages adaptés ou en comblant les vides résiduels d'autres déchets :

Remplissage chronologique des fûts de 213 L :

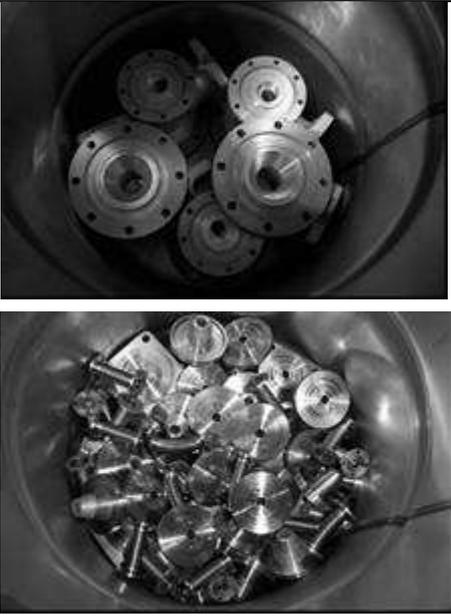
	
Remplissage des vides avec des petites pièces	Remplissage de la 2 ^{ème} couche de corps de vannes
	
Remplissage de la 2 ^{ème} couche de lanternes de vannes	Remplissage du reste du fût avec un mélange de pièces internes (vide apical réduit)

Figure 14 : exemple de remplissage optimisé de fûts de 213 L

Cette optimisation a permis d'obtenir les densités suivantes :

- Densité apparente finale des colis : comprise entre 1,5 et 1,8
- Densités apparentes des différents matériaux :
 - Densité apparente de l'aluminium dans les fûts voisine de 1 ;
 - Densité apparente de l'inox/acier dans le fût voisine de 2,1.

Cônes de diffuseurs issus de l'usine haute : assemblage de deux cônes en « diabolo », remplissage du vide par des petites vannes UH et confinement par la mise en place de tapes acier sur la partie inférieure et PEHD sur la partie supérieure :

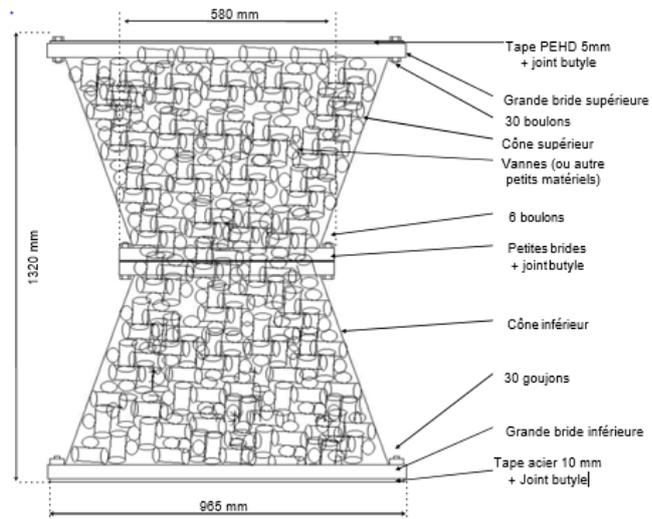


Figure 15 : cône de diffuseur

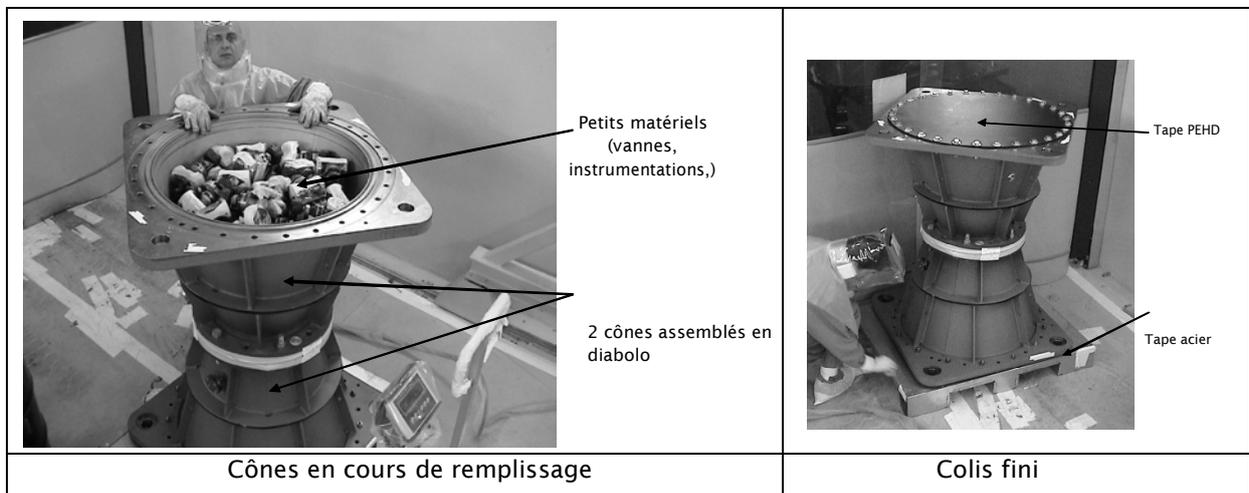


Figure 16 : exemple de colis non standard optimisé en termes de remplissage

Cette optimisation a permis d'obtenir une densité apparente de l'ordre de 2,2.

3.3.1.2 Le démantèlement des cylindres d'hexafluorure d'uranium (UF₆)

Nature des déchets

La plateforme du Tricastin (Drôme) d'Orano Cycle regroupe différentes installations qui permettent la transformation du tétrafluorure d'uranium (UF₄) jusqu'à l'hexafluorure d'uranium enrichi (UF₆) destiné à la fabrication du combustible. L'UF₆ est conditionné dans des réservoirs, communément appelés cylindres en raison de leur forme (fig. 17). Ces cylindres sont normalisés et doivent ainsi respecter un ensemble d'exigences pour continuer d'être utilisés.

Dans le cas contraire, ils sont destinés à être démantelés et mis au déchet, ceci est aussi le cas pour d'anciens modèles.

Les caractéristiques des cylindres vides, les plus usités, sont les suivantes :

Type	Ø ext.	Longueur	Ep. virole	Masse	Volume ext.	Densité brute
30 B	762 mm	2070 mm	12,7 mm	635 kg	≈ 0,9 m ³	0,7
48 Y	1250 mm	3804 mm	15,9 mm	2 360 kg	≈ 4,5 m ³	0,52

Tableau 6 : caractéristiques des cylindres vides



Figure 17 : Cylindre d'UF₆ - Type 30B

Procédé de traitement des cylindres

Les opérations de démantèlement des cylindres sont réalisées dans l'INB 138 exploitée par Socatri.

Les cylindres arrivent vides et lavés, depuis l'atelier de maintenance des cylindres (AMC) situé sur la plateforme. Ce lavage préalable est destiné à éliminer la quasi-totalité des résidus accumulés durant la période d'utilisation du cylindre.

Une mesure d'activité est néanmoins effectuée à l'entrée de l'installation de conditionnement pour décider du procédé utilisé lors des premières coupes, qui permettront d'accéder aisément à la face interne des cylindres. Ainsi, en cas d'activité résiduelle encore significative, un procédé de découpe à froid (scie) sera utilisé. Ce dernier présente l'avantage d'un très faible taux de dissémination de particules contaminées.

A contrario, si l'activité résiduelle est négligeable, l'usage d'un procédé par point chaud (chalumeau ou torche plasma) est possible (fig. 18) dès la première découpe.



Figure 18 : Découpe à l'aide d'une torche plasma (par point chaud)

Ensuite, les tronçons sont mesurés par spectrométrie pour déterminer leur activité massique, pour respecter la spécification du colis. En cas de dépassement du critère, une opération de décontamination supplémentaire peut-être entreprise sur place, jusqu'à atteindre la valeur prescrite.

Les tronçons conformes sont ensuite découpés aux dimensions les plus aptes (fig. 19) à permettre un remplissage optimum de l'emballage du colis final caisson injectable, selon un arrangement prédéfini. Par exemple, la plus grande longueur est égale à la hauteur du caisson pour autoriser le positionnement en verticale des morceaux à l'intérieur du caisson (fig. 21 et 22).



Figure 19 : Fond et secteurs après découpe de cylindre

Selon le type de cylindres et le nombre des morceaux de géométries différentes obtenus, plusieurs arrangements ont été étudiés pour guider les opérateurs durant le remplissage des caissons. Pour exemple, le cas d'un caisson uniquement rempli de cylindres 30B (fig. 21).

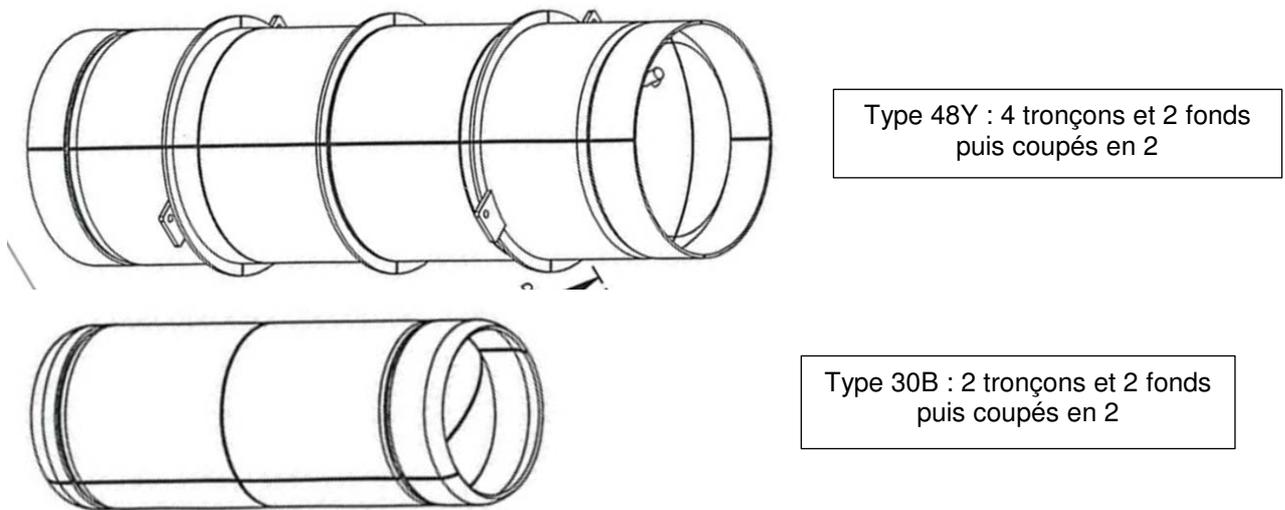


Figure 20 : Découpage des cylindres

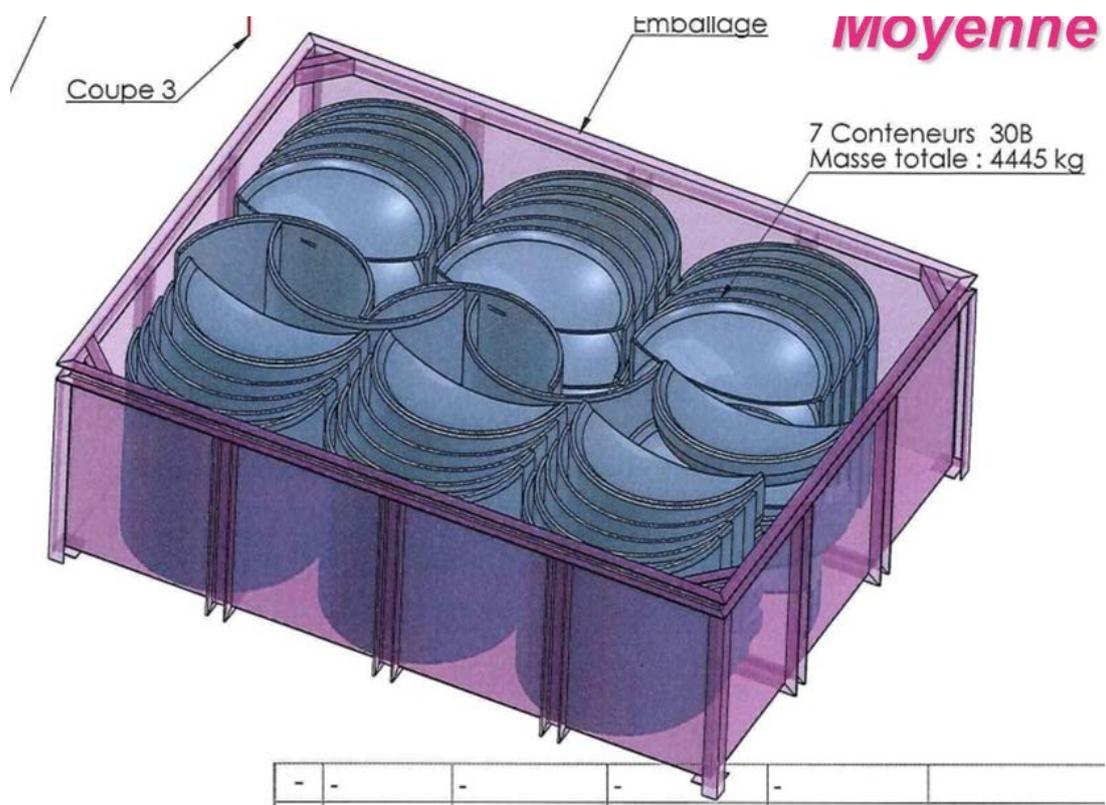


Figure 21 : Etude d'arrangement optimum pour un caisson de 7 cylindres 30B

Dans la réalité, la disponibilité de multiples morceaux de cylindre de différentes tailles permet aux opérateurs d'occuper au mieux le volume disponible dans le caisson (fig. 22).



Figure 22 : Remplissage d'un caisson d'un mix de cylindres 48Y et 30B (avant fermeture et injection)

Avant d'être stockés au Cires, les colis sont complétés par une opération d'injection d'un coulis de blocage.

Performances de densification par arrangement du remplissage

Les densités brutes des cylindres vides sont très inférieures à 1. La masse de morceaux de cylindres disposés dans les caissons s'échelonne de 5 à 7 t, et permet ainsi d'obtenir une valeur de densité de l'ordre de 1.

Ce mode de conditionnement, dont une opération de découpe préalable, est souhaitable pour tous équipements qui présentent des volumes internes vides, tels des tuyaux, des échangeurs de chaleur, des récipients dont la résistance n'autorise pas leur compactage.

3.3.1.3 Incitations contractuelles

Tous les déchets à conditionner ne peuvent néanmoins pas faire l'objet d'un plan détaillé de conditionnement. C'est pourquoi, afin de favoriser l'optimisation du rangement des déchets au sein des colis, les producteurs ont intégré à leurs contrats de sous-traitance des clauses contractuelles (de type bonus / malus) de nature à favoriser la densification sur les chantiers.

3.3.1.4 Communication autour des bonnes pratiques

Conscients de la problématique de densification, les producteurs se sont organisés très tôt pour partager et mettre en œuvre des bonnes pratiques.

Pour les producteurs, un partage se fait de plusieurs manières : réunions de correspondants déchets (2 à 3 fois/an), audioconférences mensuelles entre les différentes entités, réunions de partage d'expérience annuelle, rédaction de guides des pratiques performantes,

3.3.1.5 Exemple de REX EDF

L'exemple des chantiers menés actuellement par EDF sur le site de Chooz A est intéressant dans le sens où il illustre la combinaison de bonnes pratiques :

- Il a été choisi de mener simultanément 2 chantiers de démantèlement de composants électromécaniques dans l'objectif de bénéficier d'un volume important de différentes typologies de déchets TFA permettant à terme d'optimiser le remplissage des colis.
- La découpe des pièces est également réalisée en fonction des dimensions des colis prévus pour accueillir les déchets.
- Enfin, ces pièces sont agencées de manière optimisée dans les colis.

Ces différentes étapes permettent ainsi de garantir une densité maximisée dans les colis qui sont in fine envoyés au Cires, et ce, d'autant plus que le sous-traitant est incité contractuellement à le faire.

3.3.2 Optimisation des conteneurs de déchets

3.3.2.1 Propositions de nouveaux types de conteneurs

Certains conteneurs standards, définis à la conception du Cires, peuvent s'avérer aujourd'hui mal adaptés aux besoins ou à certaines contraintes des producteurs, par exemple du point de vue dimensionnel.

Utilisation de conteneurs ½ hauteur pour les déchets de forte densité

Afin de ne pas limiter le taux de remplissage des colis de déchets de forte densité (et donc la densité globale des colis), une standardisation des conteneurs demi-hauteur a été mise en place.

Adaptation de la géométrie des conteneurs de déchets compactables

Comme évoqué au §4.1.3.2., la géométrie des conteneurs de conditionnement proposés par l'Andra pour les déchets compactables (cas des caisses réutilisables pour les déchets métalliques notamment) n'est pas toujours adaptée aux contraintes des chantiers.

Pour favoriser néanmoins l'utilisation des presses au Cires, les producteurs ont envisagé avec l'Andra la possibilité de conditionner certains déchets métalliques en GRVS. Les essais réalisés avec ce type de conditionnement ont été concluants.

Par ailleurs, les producteurs ont proposé dans le cadre de la révision des spécifications d'élargir les possibilités de conditionnement pour les déchets compactables, en utilisant un conditionnement identique à celui des déchets non compactables.

Utilisation de GRVS renforcés

Conformément aux spécifications de prise en charge au Cires, les déchets métalliques non compactables potentiellement contaminés doivent être conditionnés en caissons métalliques destinés à une injection au Cires. Néanmoins, avec ce type de conditionnement, le ratio entre le volume de déchets par colis et le volume final des colis stockés est relativement faible.

Pour répondre aux besoins et contraintes de leurs chantiers, les producteurs ont donc proposé l'utilisation de GRVS renforcés en lieu et place des caissons à injecter, optimisant ainsi la densité stockée.

Exemple de conditionnement optimisé en emballage de type GRVS renforcé :

Les colis sont constitués de vannes complètes (avec actionneur) de masse < 200 kg, de longueur < 1100 mm, obturées par caps et ruban adhésif ou enveloppe vinyle ainsi que de matériels divers de dimension < 1 100 x 1 100 mm avec peu de vide interne, de masse < 800 kg, peu contaminés : motorisations, palans, fers, tôlerie (cuves découpés...), contre-bridés, boulonnerie, actionneur

Cette optimisation a permis d'obtenir une densité finale de colis variant entre 1,1 et 1,4.



Figure 23 : exemple de conditionnement de déchets métalliques en GRVS renforcés

3.3.2.2 Favoriser le stockage des pièces massives à faible taux de vide

Pour certains déchets massifs à faible taux de vide, il est parfois intéressant de privilégier un stockage sous forme de pièces unitaires à un conditionnement en colis standard.

Par exemple, lorsqu'un chantier d'assainissement génère des blocs de béton de formes relativement régulières, il n'est pas forcément pertinent de les détruire et de les conditionner avant stockage. Cependant, la procédure d'évacuation sous forme de pièces unitaires peut dans certains cas s'avérer plus lourde à mettre en œuvre (gestion au cas par cas), ce qui est parfois incompatible avec les contraintes des chantiers de démantèlement, conduisant parfois les producteurs à choisir une solution plus industrielle mais moins économe en termes de volume stocké.

Néanmoins, le stockage sous forme de pièces massives ne conduit pas toujours à un gain de densité. Pour autant, les producteurs et l'Andra conviennent que pour certains gros composants, la densité n'est pas le seul critère à prendre en considération, le choix de la solution de conditionnement / stockage retenue étant l'aboutissement d'une optimisation multicritères.

3.4 OPTIMISATION DU STOCKAGE

3.4.1 Comblement de colis et des alvéoles au Cires

Sur son site de stockage, l'Andra réalise aujourd'hui un comblement des vides au sein des colis, des vides inter-colis et des couches entre colis à l'aide d'un matériau d'apport conventionnel (grave), permettant de garantir la stabilité mécanique de l'alvéole.

Le remplacement de ce matériau par des gravats non conventionnels issus principalement de chantiers d'assainissement fait l'objet d'études dans le cadre du PNGMDR 2016-2018 (article 22). A ce stade les études n'ont pas pu conclure à un intérêt fort de cette option, en particulier en raison du manque de visibilité sur les inventaires prévisionnels de déchets inertes. Par ailleurs, l'utilisation de matériaux présentant une contamination faible, mais pouvant être non négligeable (1 Bq/g) conduit à mettre en œuvre des dispositifs de confinement pouvant handicaper l'exploitabilité du Cires.

3.4.2 Stockage de déchets sous forme de vrac au Cires

De manière plus élargie, la faisabilité du stockage de déchets sous forme de vrac au Cires est une des possibilités en cours d'instruction par l'Andra. Néanmoins, en dehors de la fonction de comblement au sein des colis évoquée au paragraphe précédent, cette option apporterait peu en gain de densité stockée. Les questions de garantie du confinement peuvent également se poser, en fonction de l'activité massique des déchets. Cette option reste ouverte dans le cas où un chantier devrait générer des quantités significatives de matériaux homogènes (par exemple terres de fin d'assainissement)

3.4.3 Augmentation des volumes stockés par alvéole

Plusieurs évolutions ont permis d'augmenter les volumes stockés, à surface égale.

Des excavations plus profondes : La profondeur des alvéoles de stockage du Cires a également évolué, passant de 7,5 m à 8,5 m début 2010, tout en conservant l'épaisseur d'argile réglementaire sous chaque alvéole. En parallèle, les parois de l'alvéole sont devenues plus raides, passant de 45 à 53 degrés. Au total, la conjonction de ces deux évolutions a permis d'accroître la capacité de stockage des alvéoles de 17 %.

Des empilements plus élevés Une autre évolution concerne la hauteur des empilements. Les alvéoles sont désormais remplies jusqu'à 6 m au-dessus du sol, contre 3,5 m auparavant, notamment grâce à des pentes plus raides soit un gain supplémentaire de 11 %.

Au final, l'ensemble de ces optimisations permet un gain de stockage de 56 % par rapport au concept initial.

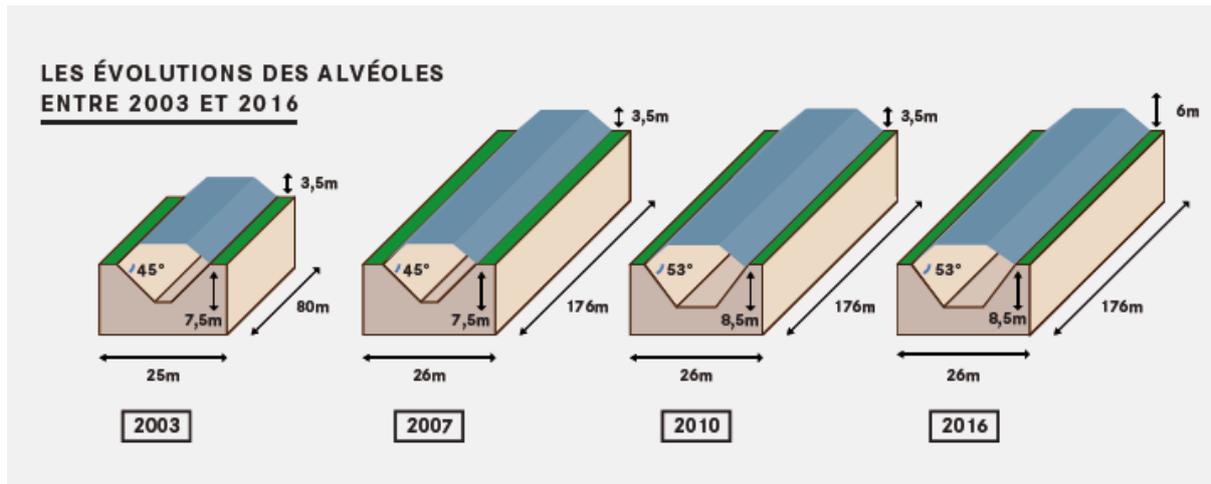


Figure 24 : évolution des alvéoles TFA entre 2003 et 2016

Enfin, la capacité du site pourrait passer de **650 000 m³ à plus de 950 000 m³**, sous réserve d'une acceptation réglementaire.

4. CONCLUSION

La densification des déchets est un objectif partagé entre l'Andra et les producteurs de déchets dans la mesure où, tout en préservant une capacité de prise en charge (flux de déchets à évacuer et garantie d'une filière sur le long terme), elle permet de réduire les coûts sur l'ensemble de la filière et l'impact environnemental (diminution des transports et des conteneurs de déchets) en amont du stockage, notamment lorsque cette densification est réalisée au plus près de la production du déchet, chez les producteurs.

Par ailleurs, les efforts de densification constituent des enjeux importants mais ne devraient pas dispenser de la nécessité d'un deuxième centre TFA, à un horizon autour de 2035.

De nombreuses actions sont déjà mises en place :

- Implantation d'installations de densification sur certains sites (compactage à la source, déshydratation de boues, découpe et optimisation de l'agencement des déchets...);
- Elargissement de la gamme des possibilités de compactage par la réalisation d'essais ;
- Optimisation du conditionnement (partage de bonnes pratiques, réalisation de plans de conditionnement détaillés ou d'emballages non standard pour des déchets spécifiques, possibilités de regroupements de familles de déchets au sein des colis pour favoriser le comblement, ...);
- Standardisation de l'emballage casier ½ hauteur permettant de mieux répondre au besoin de densification pour les pièces lourdes en particulier ;
- Incitations contractuelles pour les entreprises prestataires réalisant le conditionnement, ...

Une part significative des flux à venir sera toutefois constituée de déchets inertes (gravats, terres, sable), peu densifiables par nature.

L'enjeu de densification porte ainsi essentiellement sur les métaux comme nous l'avons vu au travers des exemples. En effet, le gisement est important et les équipements d'optimisation de la densité existent industriellement.

En dehors des procédés thermiques (incinération, fusion), l'essentiel des gains volumiques pourrait être obtenu par l'utilisation de presses.

L'utilisation d'équipements de type presse sur site (éventuellement mobile) peut être retenue. Ces études se font au cas par cas pour tenir compte des spécificités du gisement à traiter (nature des déchets, quantité, disponibilité) et des possibilités d'implantation.

L'étude d'une nouvelle installation centralisée, de densification de déchets métalliques TFA, plus puissante que l'actuelle presse à paquets du Cires, a été réalisée. Cette étude a montré qu'une telle filière générerait des gains de stockage somme toute assez modestes.

Seul le recours à un procédé thermique de type fusion permettrait de réduire de manière notable le volume de déchets métalliques à stocker. Cette voie apparaît d'autant plus intéressante si elle s'intègre dans une logique de recyclage. Par ailleurs, les déchets métalliques constitueront une proportion importante des déchets dans une première phase des démantèlements. Cette voie est étudiée dans le cadre de l'article 24 du PNGMDR, pour les grands lots homogènes constitués des aciers de l'usine Georges Besse (Orano) et des générateurs de vapeur (EDF).



AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION
DES DÉCHETS RADIOACTIFS

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

www.andra.fr