

Contribution Orano

au Débat Public sur le Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs



Orano propose des produits, des technologies et des services à forte valeur ajoutée sur l'ensemble du cycle du combustible. Ses activités vont de la mine au démantèlement et à la gestion des déchets, en passant par la conversion et l'enrichissement de l'uranium, le recyclage des matières nucléaires, la logistique et l'ingénierie.

Le groupe réalise environ 3,6 milliards d'euros de chiffre d'affaires annuel, dont 53% à l'international. Fort de ses 16 000 collaborateurs, dont 12 000 en France, il investit chaque année plus de 300 millions d'euros dans la sûreté de ses installations.

Contact

Orano

1, place Jean Millier

92420 Courbevoie

Tél. : 01 34 96 00 00

Site internet :

<https://www.orano.group/>

Bilan des volumes des déchets à vie longue produits par le traitement-recyclage des combustibles usés

PRESENTATION GENERALE DU PROPOS

A partir des données publiées ce cahier développe l'apport du traitement-recyclage en termes de réduction de volumes de déchets ultimes de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MAVL), à gérer en stockage. Il confirme que, selon les procédés mis en œuvre sur le site d'Orano la Hague (vitrification et compactage notamment) et selon les solutions de stockage envisagées actuellement (Cigéo), le traitement-recyclage permet de réduire d'un facteur de l'ordre de 5 le volume à gérer pour les déchets ultimes.

Ce facteur est le résultat des optimisations de production (réduction du volume des déchets d'exploitation) et de conditionnement (notamment le compactage en colis CSD-C) réalisées à La Hague qui permettent d'assurer cette valeur nominale de réduction de volume de l'ordre de 5 depuis des années.

Contrairement à ce qui est indiqué dans le cahier d'acteur N°8, résultat de différents types d'erreur, le bilan historique, depuis la mise en production des usines de La Hague, conduit également à une réduction des volumes des déchets ultimes à vie longue. Cette réduction historique moyenne globale montre que sur la durée le traitement-recyclage a bien produit un avantage en termes de volumes ultimes à gérer en stockage.

De manière générale ce taux de réduction nominal est un avantage à considérer pour la mise œuvre du traitement-recyclage. Il est néanmoins rappelé qu'il n'est qu'un critère parmi d'autres et qu'il ne saurait constituer le seul objectif à améliorer dans les démarches d'optimisation des procédés d'usine, ou des conditionnements de déchets, ou des conditions de leur stockage.

BILAN DE LA « REDUCTION DES VOLUMES » PAR LE TRAITEMENT-RECYCLAGE DES COMBUSTIBLES USES

Sur le site de La Hague opère le traitement-recyclage des combustibles usés dits UNE, pour Uranium Naturel Enrichi. Le plutonium et l'uranium de retraitement sont valorisés dans des combustibles de seconde génération, MOX, pour Mélange d'Oxydes et URE, pour Uranium de Retraitement Enrichi. Il est régulièrement indiqué que ce traitement des combustibles usés permet de réduire jusqu'à un facteur 5 le volume des déchets ultimes – c'est-à-dire le volume à stocker dans les conditions retenues en France. Ce rapport peut être évalué en toute transparence sur la base de données publiées.

Le traitement des combustibles usés UNE produit des colis primaires de Haute Activité (HA), vitrifiés, dits CSD-V, et des colis de Moyenne Activité Vie Longue (MA-VL), principalement compactés, dits CSD-C. Plus anciennement les déchets MAVL étaient conditionnés en colis cimentés.

En situation de stockage ces colis primaires, ainsi que les combustibles le cas échéant, seront conditionnés en conformité avec les conditions de stockage envisagées. Ces conditionnements constituent in fine les volumes à gérer pour la mise en stockage.

La comparaison des volumes se fait donc en deux temps : la comparaison des combustibles aux colis primaires produits (1.1), puis la comparaison des volumes associés en stockage (1.2). La comparaison se fait en l'état actuel des opérations de traitement et des concepts de stockage.

Une comparaison historique, complémentaire mais différente, sur la totalité des activités de traitement passées peut également être renseignée (1.3).

1.1 FLUX ACTUEL EN COLIS PRIMAIRES

Les déchets HA vitrifiés

A fin 2016, le traitement des combustibles dans les usines de La Hague (33 300 tonnes*) a produit 20 600 colis standards de déchets vitrifiés, CSD-V, soit en moyenne 0,62 colis de déchets vitrifiés CSD-V/t^{0,3,4}.

(*) : le terme tonne, ou simplement t dans ce document, représente une tonne de métal lourd de combustible initial, avant traitement, usuellement noté TMLi.

Le rapport IRSN 2018 indique que sur la période 2012-2016, le taux de production moyen était de l'ordre 0,757 colis/t¹. Le rapport 2018 de l'HCTISN précise ce taux, pour la période 2010-2016, à 0,725². Les deux organismes

rappellent qu'il y a un décalage entre le traitement des combustibles et la production des CSD-V et donc que la production des colis pour une année ou une période donnée n'est pas directement corrélée à la quantité de combustible traitée sur la période. Néanmoins l'IRSN considère qu'une valeur entre 0,7 et 0,8 est bien réaliste¹. (Le taux historique de 0,62 intègre des périodes de moindre production de CSD-V, associées à des combustibles usés de taux de combustion plus faibles). **Actuellement, le taux nominal retenu est bien de l'ordre de 0,75 CSD-V/t.**

Les déchets MA-VL

La gestion des déchets métalliques, coques, grilles et embouts a été réalisée par phases :

- De 1976 à 1990, par entreposage sous eau dans des fûts ou des "curseurs" métalliques, ou mise en silo ;
- De 1990 à 1995, par mise en colis cimentés ;
- De 1995 à 2002, les coques et embouts sont entreposés sous eau (fûts ECE) ;
- A partir de 2002, ces déchets sont compactés et conditionnés en CSD-C. Le conditionnement des déchets plus anciens préalablement entreposés (fûts ECE) est assuré simultanément.

Le rapport IRSN-2018 indique que le bilan limité à la période 2012-2016 fournit un taux de production apparent de 0,754 colis/t¹. Mais l'IRSN précise que cette valeur ne peut pas être retenue car elle « ... intègre la reprise des déchets anciens ... notamment la reprise des coques et embouts conditionnés en fûts ECE » issus de traitements plus anciens. L'IRSN indique qu'en réalité un taux de 0,65 est actuellement réaliste¹.

Ce taux peut être vérifié par un bilan global sur 1995-2016 des tonnes retraitées et des CSD-C produits^{2,3,4}. Une valeur de 0,62 colis/t est ainsi obtenue.

Il peut être également vérifié, en intégrant dans les bilans annuels, ou par période, les combustibles usés traités antérieurement correspondants aux déchets anciens repris sur la période (fûts ECE). Un bilan corrigé pour la période 2008-2016 fait à partir des références^{5 à 10} conduit par exemple à un taux de 0,62 colis/t.

Ce taux peut encore être vérifié par bilan des masses métalliques. Un colis CSD-C contient 600kg de métal compacté dont 80 kg d'étuis et de l'ordre de 520 kg de métal issu des combustibles usés^{11,12}. Un combustible usé de 462 kg de métal lourd contient 144 kg de coques et embouts métalliques (Dossier-2005¹³, réacteurs 900MWe). Une tonne de métal lourd de combustible fournit donc de l'ordre de 312 kg de coques et embouts qui produiront de l'ordre de 0,6 CSD-C, mais pas plus.

Un taux de l'ordre de 0,65 CSD-C/t de combustible traité est ainsi bien enveloppe, reconnu et documenté. Tout

autre valeur significativement différente ne peut être que le résultat d'un biais d'interprétation.

En tenant compte du fait que les deux types de colis CSD-V et CSD-C ont un volume hors-tout de 194 litres¹⁴, **une tonne de combustible traité produit 0,272 m3 hors-tout de déchets conditionnés en colis primaires.**

Les combustibles usés

Dans le cas de combustibles usés de réacteurs 900 MWe, les dimensions d'un assemblage sont de 0,214 m x 0,214 m x 4,12 m, soit un volume de 0,189 m³ (Dossier-2005¹³).

Une tonne de métal lourd de combustible correspond donc à un volume hors-tout de 0,408 m³.

Le rapport de volume d'une tonne en assemblage nu ou en colis CSD primaires après traitement est donc de l'ordre de 1,5 (0,408/0,272). **Mais ce rapport n'est pas le rapport des volumes ultimes à gérer.**

La comparaison des volumes à gérer s'entend, pour un exploitant, comme la comparaison des volumes dans une situation de gestion donnée (par exemple en entreposage, en transport, en stockage) et suivant des modalités réelles, envisagées et accessibles.

La comparaison des volumes à gérer dépend donc de l'étape et des modalités de gestion considérées.

Elle est pertinente pour les déchets :

- Dans le process de traitement (non conditionnés) ;
- En situation d'entreposage ;
- En situation de transport ;
- En situation de stockage ;
et, dans chacun de ces cas,
- Suivant les modalités mises en œuvre ou envisagées.

Elle diffère donc d'un pays à l'autre, en France, Belgique, Suède, Finlande, Allemagne, Royaume-Uni, Suisse, aux USA, Japon....

A l'étranger, en situation ultime, c'est à dire en situation de stockage, des taux de réduction de volume jusqu' à 5,90 peuvent ainsi être évalués.

En France, la comparaison des volumes à gérer pour les déchets ultimes porte sur la gestion en situation de stockage (ultime) et suivant le design envisagé en condition de stockage en France (Cigéo).

Suivant l'ancien design de stockage du Dossier-2005¹³, le taux de réduction des volumes à mettre au stockage peut dépasser 18, car ce design prévoyait la mise en place de conteneurs de stockage, anneaux d'argile, colis-conteneurs intercalaires...plus pénalisants en cas de stockage des combustibles usés, nécessitant près de 30,6 m³/t. «Oublier» ces éléments pénalisants, ou

croiser les conceptions de différentes époques, ou considérer des conceptions envisagées dans d'autres pays, permettrait éventuellement de minimiser l'apport du traitement. Mais ce serait se référer à des situations ni accessibles en France, ni même envisageables ailleurs pour des déchets français.

Suivant les concepts actuellement considérés pour le stockage en France (Cigéo), **le facteur de réduction de volume nominal est bien estimé être voisin de 5.** Cette évaluation se détaille comme suit.

1.2 FLUX ACTUEL EN CONDITIONS DE STOCKAGE EN FRANCE

Les CSD-V (HA vitrifiés)

Pour un colis CSD-V le stockage est prévu en conteneur d'acier noir, cylindrique, de 1,6 m et de 0,57 m de diamètre soit un volume de 0,408 m³. Dans le concept actuel, ce conteneur serait mis en place sans colis intercalaire¹⁵. Le volume à gérer est donc de 0,408 m³ par CSD-V, **soit 0,306 m3/t de combustible traité** (0,75 CSD-V/t).

Les CSD-C (MA-VL compactés)

Suivant la conception du Dossier-2005¹³ les colis CSD-C étaient placés en stockage en conteneurs béton de 4,80 m³ pour 4 colis soit 1,20 m³/CSD-C, soit 0,78 m³/t de combustible traité. Dans la conception actuelle (à l'étude depuis 2014), certains colis, dont les CSD-C, seraient mis au stockage sans conteneur de stockage^{15, 17, 18, 19} (réduction de 50% du nombre des alvéoles et de l'emprise MAVL^{15,19}). Ainsi, pour les colis CSD-C :

- En cas de mise en stockage sans conteneur, le volume à gérer serait celui du colis nu, soit celui de 0,65 CSD-C/t, **0,126 m3/t de combustible traité** ;
- L'Andra envisage néanmoins la mise en stockage en paniers de 4 CSD-C qui réduirait seulement d'un facteur 3,35 les volumes à stocker par rapport à la mise en stockage en conteneur béton, **soit 0,233 m3/t de combustible traité** ;
- Si les paniers devaient avoir un encombrement du type des racks d'exploitation des CSD-C à la Hague, les volumes à manipuler seraient de **0,228 m3/t de combustible traité** ;
- Si ces paniers devaient être similaires à ceux des entreposages de CSD-C en Belgique²⁰, les volumes seraient de **0,26 m3/t de combustible traité.**

Les combustibles usés

Sur la période 2012-2015 l'Andra a montré la faisabilité du stockage éventuel des combustibles usés sans la

mise en place d'anneaux d'argile (bentonite)²¹, puis sans la mise en place de colis intercalaires. Les volumes à manipuler seraient ainsi limités à celui des conteneurs de stockage, usuellement pour 4 assemblages.

Ces conteneurs cylindriques avaient un volume de 5,57 m³ (Dossier-2005¹³), soit 3,01 **m³/t de combustible**. Ils pourraient aussi être d'un diamètre plus réduit²², avec un volume de 4.80 m³, soit 2,60 **m³/t de combustible**.

Au bilan, les volumes à comparer sont repris dans le tableau suivant. Ils montrent des taux de réduction de l'ordre de 5 (4,6 à 7).

CSD-V	CSD-C	CSD-V+CSD-C	Combustible	ratio
0,306	0,126	0,432	3,01 à 2,60	7,0 à 6,0
	0,233	0,539		5,6 à 4,8
	0,228	0,534		5,6 à 4,9
	0,260	0,566		5,3 à 4,6
Volumes à stocker en m ³ pour 1 tonne de combustible utilisé				

1.3 FLUX HISTORIQUE MOYEN EN CONDITIONS DE STOCKAGE EN FRANCE

Ce rapport de volume de 5 rend compte de la situation actuelle avec les technologies de traitement-recyclage arrivées à maturité, notamment grâce à la vitrification et au compactage. On peut s'interroger sur sa valeur historique, en prenant en compte l'ensemble des déchets MA-VL produits depuis le début du traitement à La Hague.

A partir des données de l'Inventaire National ¹¹ « Global Chance » (Cahier d'acteur N°8) recense l'ensemble de ces déchets MA-VL parmi 10 types de colis et conteneurs de stockage MA-VL. Global Chance prétend obtenir ainsi la démonstration que « *le retraitement n'a pas réduit les volumes de déchets à vie longue à gérer d'un facteur 5 mais il les a au contraire augmentés d'un facteur 1,088 avant enfouissement* ».

Ce résultat, inexact, est obtenu par l'intermédiaire - d'erreur sur la méthode, -d'erreur sur les données, - d'erreur sur les concepts en vigueur -d'erreur de calcul et -d'erreur d'interprétation.

Sur la **méthode** - comme dit plus haut, il s'agit ici d'apprécier un taux de réduction historique. Il n'y a donc pas lieu de pratiquer de comparaison avec le taux de réduction voisin de 5 récent, actuel obtenu par optimisation des procédés et des concepts.

Sur les **données** - les dimensions des conteneurs de stockage ont évolué ^{23, 24}. Il conviendrait pour le moins de faire les calculs de volume avec les dimensions actualisées.

Sur les **concepts** - on considère aujourd'hui que certains colis de déchets seront mis en stockage sans conteneur de stockage. Il convient donc de ne pas comptabiliser le volume additionnel de ces conteneurs.

Sur le **calcul** - le volume global à stocker de 70 628 m³ du cahier d'acteur N°8 est inexact. Pour les raisons ci-dessus mais également par erreur de calcul. Le volume à stocker des CSD-C est compté pour 1002 m³, comme résultat de la multiplication de 3,9 x 2570 (tableau 2-Cahier N°8). Il manque donc 9021 m³ dans le bilan de 70 628 m³, soit une erreur de 13%, qui est ensuite reprise dans les interprétations.

Sur les **interprétations**, ce volume à stocker inexact est ensuite comparé à un tonnage de combustibles usés traités de 22974 t, sans rapport. L'Inventaire National regroupe l'ensemble des déchets MA-VL présents sur site, y compris les déchets à conditionner, y compris ceux issus des premiers traitements sur le site, y compris ceux résultant du traitement des combustibles étrangers. Les volumes MA-VL à stocker, évalués à partir de l'Inventaire National correspondent ainsi au traitement de 33 300 t, à fin 2016. L'erreur induite par l'utilisation d'une valeur de 22974 t est donc de près de 45% de cette valeur.

On comprend qu'un taux de réduction volumique évalué par ce type de raisonnement, et avec ce type de niveau d'erreur, ne peut qu'être largement faussé.

La correction de ces erreurs (à partir de données publiées) permet bien de montrer que le traitement des combustibles usés a historiquement réduit le volume à gérer pour la mise en stockage des déchets HA/MA-VL. Même si, bien entendu, le taux de réduction historique reste inférieur au taux de 5 en vigueur depuis des années.

CONCLUSION

Même en préservant certaines alternatives encore ouvertes (modalités du stockage de certains colis) pour la mise en stockage des déchets ultimes du traitement en France, les éléments publiés permettent bien de vérifier que **le traitement-recyclage réduit les volumes ultimes à stocker d'un facteur de l'ordre 5**.

Le taux historique moyen, certes plus bas, révèle clairement l'impact des optimisations de production (réduction des volumes des déchets d'exploitation) et de conditionnement (notamment la compaction en CSD-C) réalisées à La Hague qui permettent d'assurer un facteur de réduction de volume nominal de l'ordre de 5 avec la technologie du recyclage arrivée à maturité.

NOTES

1 : Le taux de réduction de 4,6 à 7 est obtenu dans une hypothèse où les combustibles MOX et URE sont eux-mêmes traités. Si ce type de combustibles devaient être stockés, la comparaison des volumes se ferait alors en ajoutant le MOX usé et/ou l'URE usé aux volumes à stocker. Les URE usés sont stockés 4 par 4 sous des volumes identiques aux combustibles usés UNE. Les Mox usés sont stockés 1 par 1 mais dans des conteneurs plus petits de 0,78 m³. Le facteur de réduction serait dans ce cas de l'ordre de 3,1 à 6,3.

2 : il est rappelé que le facteur de réduction de volume est un élément à considérer mais n'est pas un critère unique de choix. Comme dit ci-dessus produire des combustibles URE ou MOX peut dégrader ce facteur si ces derniers combustibles ne sont pas traités. Il est pourtant clairement bénéfique de valoriser les combustibles usés UNE en URE ou MOX, même si ces derniers devaient partiellement ne pas être traités.

De même, la valeur de ce facteur, n'est pas un critère d'optimisation du stockage. Par exemple, l'évolution du design de Cigéo réduit plus significativement les volumes à stocker dans l'éventualité où les combustibles usés seraient mis en stockage, qu'elle ne réduit les volumes des colis HA/MAVL à stocker. Le taux de réduction de volume a ainsi reculé (de 18 vers 5), mais clairement l'optimisation de Cigéo apporte d'autres avantages conséquents en termes de sûreté ou de coût.

BIBLIOGRAPHIE

0, [Andra 2018],

https://inventaire.andra.fr/sites/default/files/documents/pdf/fr/inventaire_geographique_20180706_0.pdf

1, [IRSN 2018]

http://logi103.xiti.com/go.click?xts=410711&s2=3&p=GPU-Cycle_combustible-2016&clie=T&type=click&url=https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_gp/Documents/Usines/IRSN_Rapport_GPU_Cycle-2016_25052018.pdf

2, [HCTISN 2018]

http://www.hctisn.fr/IMG/pdf/HCTISN_rapport_cycle_2018_cle0af1f2.pdf

3, [Orano 2010 à 2017]

<https://www.orano.group/docs/default-source/orano-doc/groupe/publications-reference/document-home/rapport-2017-la-hague-traitement-combustible-use-etranger.pdf>

4, [GRS 2012]

<https://www.grs.de/sites/default/files/pdf/GRS-294.pdf>

5, [Andra 2009]

https://inventaire.andra.fr/sites/default/files/documents/pdf/fr/in-édition_2009_-_inventaire_geographique.pdf

6, [Andra2006]

<https://inventaire.andra.fr/sites/default/files/documents/pdf/fr/2006%20-%20Catalogue%20descriptif%20des%20familles.pdf>

7, [Andra2006]

https://inventaire.andra.fr/sites/default/files/documents/pdf/fr/in-édition_2006_-_inventaire_geographique.pdf

8, [ASN 2011]

<https://www.asn.fr/Reglementer/Participation-du-public/Installations-nucleaires-et-transport-de-substances-radioactives/Archives-des-participations-du-public/Poursuite-temporaire-de-l-entreposage-de-futs-ECE>

9, [Schneider et Marignac 2008]

<http://fissilematerials.org/library/rr04.pdf>,

10, [IRSN 2012]

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjEtba9KzhAhUKfxoKHYUMBX8QFjABegQIBRAC&url=http%3A%2F%2Fwww.irsn.fr%2FFFR%2Fexp%2Favis%2FDocuments%2FAVIS-IRSN-2012-00278.pdf&usg=AOvVaw1wICV8IFcyNuLIWwpRd_YV

11, [Andra 2018]

https://inventaire.andra.fr/sites/default/files/documents/pdf/fr/catalogue_des_familles_20181012.pdf

12, [ASN 2018]

<https://www.asn.fr/Informer/Dossiers-pedagogiques/Transport-des-substances-radioactives-en-france/Fiche-pedagogique-Le-transport-de-dechets-de-haute-activite>

13, [Andra 2005]

<https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-02/268.pdf>

14, [Andra 2009]

<https://inventaire.andra.fr/sites/default/files/documents/pdf/fr/2009%20-%20Catalogue%20descriptif%20des%20familles.pdf>

15, [Andra 2018]

https://meusehautemarne.andra.fr/sites/meuse/files/2019-01/Pr%C3%A9sentation%20Cig%C3%A9o_CLIS_VF%20bis.pdf

16, [Andra 2016]

https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-04/dossier-options-surete-apres-fermeture_0.pdf

17, [Andra 2016]

http://www.hctisn.fr/IMG/pdf/2_a_ANDRA_CIGEO_cle05f45c.pdf

18, [Areva, CEA, EDF 2016]

http://www.hctisn.fr/IMG/pdf/2_b_prod_CIGEO_cle8b723c.pdf

19, [CNE2 2018]

https://www.cne2.fr/telechargements/presentations/2018_10_11/CLIS_Rapport_12.pdf

20, [Synatom, Areva, Ondraf, Belgoproces 2018]

<http://synatom.be/uploads/files/publications/Retour%20d%C3%A9chets%20CSD-B%202017/26-06-18%20FR%20Dossier%20d'information%20CSD-B%20Final.pdf>

21, [Andra 2013]

<http://cpdp.debatpublic.fr/cdpd-cigeo/docs/rapport-etude/rapport-stockage-direct-combustibles-uses.pdf>

22, [ANDRA, 2015]

https://meusehautemarne.andra.fr/sites/meuse/files/2018-04/etude-cu_pngmdr_8-juin-2015.pdf

23, [Andra 2016]

https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-04/dossier-options-surete-apres-fermeture_0