



RAPPORT PNGMDR

EVALUATION DES MODALITES DE REALISATION D'UNE FILIERE DE VALORISATION DES MATERIAUX METALLIQUES ISSUS DU DEMANTELEMENT DES INSTALLATIONS NUCLEAIRES

Date de publication : 31 décembre 2014 Révision : 1

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	4
1.1. FORMULATION DE LA DEMANDE	4
1.2. CONCLUSIONS DE L'ETUDE PRECEDENTE	4
1.3. HISTORIQUE DU RECYCLAGE	5
2. ETAT DES LIEUX	6
2.1. CONTEXTE REGLEMENTAIRE	6
2.1.1. Définitions et autres concepts	6
2.1.2. Hiérarchisation des modes de gestion	7
2.1.3. Historique et enjeux de la définition d'une substance radioactive	8
2.2. INVENTAIRES ET FLUX	10
2.2.1. Evolution de l'inventaire et flux associés : données quantitatives	10
2.2.2. Données qualitatives : Caractéristiques des gisements	10
2.3. LES GRANDS GISEMENTS :	12
2.3.1. Diffuseurs de l'usine Georges Besse 1	12
2.3.2. Générateurs de vapeur du parc EDF	13
2.3.3. Les métaux multi-sources	13
2.4. LES CAPACITES DE STOCKAGE	14
2.4.1. Des besoins croissants et un comblement plus rapide que prévu	14
2.4.2. Caractéristique des déchets livrés	14
2.5. RESUME	15
3. LES PRODUITS FINIS SIDERURGIQUES EN MATERIAUX RECYCLES	16
3.1. CONTENEURS A BASE DE METAL RECYCLE	16
3.1.1. Conteneurs FMA-VC de type « coque confinante »	16
3.1.2. Conteneurs FMA-VC de type « caisson blindé »	16
3.1.3. Autres conteneurs	17
3.2. AUTRES PRODUITS FINIS SIDERURGIQUES	17
3.3. RESUME	17
4. LES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES EXISTANTES EN EUROPE OU EN COURS D'ETUDE EN FRANCE	18
4.1. SOLUTIONS INDUSTRIELLES EXISTANTES	18
4.1.1. Le traitement de ferrailles FA par fusion en France : Centraco	18
4.1.2. Le traitement dans des fonderies européennes : Studsvik et Siempelkamp	18
4.1.3. Des filières industrielles fonctionnelles en Grande Bretagne	19
4.1.4. Retour d'expérience européen	19
4.2. LES SOLUTIONS INDUSTRIELLES EN COURS D'ETUDE	19
4.2.1. Traitement et recyclage des GV du parc REP	19
4.2.2. Traitement et recyclage des diffuseurs de GB1	21
5. PLAN D' ACTIONS	24
6. ETUDE D'UNE APPROCHE PROPORTIONNEE AUX ENJEUX SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX	25
6.1. PRINCIPE	25
6.2. ENJEUX DE LA DEMARCHE ET BENEFICES ATTENDUS	27
6.3. DECLINAISON SUR LES PROJETS	28
6.3.1. GV du parc REP	28
6.3.2. Diffuseurs de GB1	29
6.3.3. Lots de matériaux métalliques divers	30

6.4.	RESUME.....	31
7.	LES CONDITIONS DE LA REUSSITE _____	32
7.1.	UN RECYCLAGE ASSOCIE AU CONTROLE DES MATERIAUX APRES DECONTAMINATION ET HOMOGENEISATION	32
7.2.	LA PRISE EN COMPTE DES CONDITIONS SOCIETALES D'INTEGRATION DES FILIERES DE RECYCLAGE.....	32
7.3.	LA PRISE EN COMPTE DES REALITES INDUSTRIELLES	33
8.	CONCLUSION _____	34
	ANNEXE : DEMANTELEMENT DES DIFFUSEURS DE GB1 _____	34

1. INTRODUCTION

1.1. FORMULATION DE LA DEMANDE

Ce rapport répond aux prescriptions du décret n° 2013-1304 du 27 décembre 2013 pris pour application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs. Celui-ci précise dans l'article 3 les orientations générales rappelées ci-dessous :

Art. 3. – « Les producteurs et les détenteurs de déchets radioactifs ont la responsabilité d'en assurer ou d'en faire assurer la gestion selon les orientations énoncées à l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement », à savoir : « La réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs est recherchée notamment ... le traitement et le conditionnement des déchets radioactifs

A cette fin :

- 1. La cohérence du dispositif de gestion des déchets radioactifs doit être recherchée, de même que son optimisation technique et économique ;*
- 2. Les installations de stockage de déchets radioactifs, peu nombreuses et aux capacités limitées, doivent être utilisées au mieux par les différents acteurs ;*
- 3. Les filières de gestion des déchets radioactifs prennent en compte les volumes de déchets transportés et les distances à parcourir. »*

Dans ce cadre, il est demandé dans l'article 12 que : « L'ANDRA, Areva, le CEA et EDF évaluent les modalités de réalisation d'une filière de valorisation des matériaux métalliques et remettent un rapport synthétisant les différents travaux réalisés, avant le 31 décembre 2014, aux ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire. ». Cette demande reprend dans un cadre élargi la demande du précédent décret PNGMDR d'« étude sur l'intérêt et la faisabilité de la valorisation de déchets métalliques TFA au sein de la filière nucléaire », formulée dans les décrets et arrêté du 23 avril 2012 relatifs au Plan national de gestion des Matières et Déchets Radioactifs (2010-2012).

1.2. CONCLUSIONS DE L'ETUDE PRECEDENTE

Mai 2012, EDF, AREVA, le CEA et l'Andra répondaient conjointement aux décrets et arrêté du 23 avril 2012 relatifs au Plan national de gestion des Matières et Déchets Radioactifs (2010-2012) en adressant à l'Etat une « étude sur l'intérêt et la faisabilité de la valorisation de déchets métalliques TFA au sein de la filière nucléaire ».

Cette étude dressait un bilan des métaux ferreux et non ferreux susceptibles d'être recyclés, le tonnage correspondant s'élevant entre 236 000 et 340 000 tonnes sur une période d'une trentaine d'années, soit 8 à 11 000 tonnes en moyenne par an.

Compte tenu de la formulation de la demande du décret d'avril 2012 le potentiel de recyclage n'avait principalement été évalué qu'au sein d'installations nucléaires. Les études avaient permis aux différents acteurs de recenser trois familles de produits émergents susceptibles de constituer des débouchés pour une filière française de recyclage interne au nucléaire : les conteneurs de stockages pour les déchets nucléaires, les emballages de transport et les armatures métalliques destinés à renforcer les bétons d'installations nouvelles :

- ✓ les emballages de transport de déchets n'avaient pas été prioritairement retenus dans la mesure où ils cumulent un haut niveau d'exigences de sûreté et un tonnage annuel limité.
- ✓ la fabrication d'armatures métalliques représentait un besoin estimé de l'ordre de 100 000 tonnes de métal mais impliquait un passage sur des installations lourdes et de forte capacité (laminoirs) non dédiées à cette activité (compte-tenu du faible gisement), ce qui n'était pas compatible avec les exigences réglementaires actuelles de traçabilité.
- ✓ la fabrication, dans une fonderie dédiée, de conteneurs métalliques de stockage de déchets, en remplacement des conteneurs à base de béton utilisés pour stocker les déchets au CSFMA représentait un besoin estimé à 200 000 tonnes de métal sur la période 2012-2041.

Le rapport concluait qu'une fonderie dédiée semblait plus adaptée, mais que la faisabilité industrielle de sa mise en œuvre dans une filière de recyclage sous forme de conteneurs en fonte pour déchets de Faible et Moyenne Activité (FMA) n'était pas actuellement démontrée (équilibre économique non garanti et fragile) et que certaines conditions de développement restaient à instruire et notamment :

- ✓ la faisabilité d'utilisation de ces conteneurs (en particulier l'impact potentiel sur le référentiel de sûreté du centre de stockage du CSFMA) ;
- ✓ l'évaluation de l'impact du changement de concept pour les installations réalisant le conditionnement et celles réalisant le stockage des déchets ;
- ✓ l'optimisation du dimensionnement de l'installation de traitement en cohérence avec les flux de matériaux métalliques et les débouchés raisonnablement accessibles.

Quelques années plus tard, il convient de reconsidérer ces données et conclusions, dans un contexte ayant sensiblement évolué (estimation affinée en 2014 des quantités de matériaux métalliques issus des chantiers de démantèlement, consolidation du retour d'expérience sur le niveau d'activité des déchets TFA stockés dans les alvéoles du CIRES et parution en décembre 2013 de la directive européenne 2013-59 que les états membres doivent transcrire en droit national avant janvier 2018).

1.3. HISTORIQUE DU RECYCLAGE

La recherche de solutions de recyclage de métaux de l'industrie nucléaire a commencé il y a plus de 30 ans. Elle a été principalement portée par les producteurs, souhaitant réduire les volumes de déchets stockés, essentiellement FMA-VC, et les coûts associés.



Figure 1 : Étude des facteurs de partage sur de l'acier de G1- 1987

Le CEA a exploité de 1992 à 1995 un four de fusion de déchets métalliques issus du démantèlement de G1 et G2-G3 à Marcoule. L'exploitation du four n'a pas été poursuivie après ces démantèlements.

Un four de décontamination de plomb à Marcoule a fonctionné de 2003 jusqu'à fin 2013. Son arrêt est lié à l'arrêt et au démantèlement de l'installation au sein de laquelle il était implanté. Une réflexion est en cours par les producteurs pour évaluer l'opportunité d'une nouvelle filière mettant en œuvre une installation de décontamination par fusion dans le contexte industriel et réglementaire actuel.

En raison de la pérennité des installations nucléaires en France, il est apparu dans les années 90 que les quantités de déchets de très faible activité attendues pendant une vingtaine d'années seraient très faibles. Le développement de filières de traitement-recyclage de matériaux métalliques pour des déchets susceptibles d'être radioactifs ou de très faible radioactivité ne présentait pas alors de caractère d'urgence. L'intérêt économique étant faible, la réalisation d'un stockage de déchets de très faible radioactivité a répondu aux problématiques du moment.

Plusieurs expériences ont cependant été développées portant principalement sur le traitement (décontamination) et sur la faisabilité administrative de mise en place de filière au cas par cas (voir rapport 2012) pour des déchets de très faible (TFA) ou faible activité (FA). Ces expériences n'ont pas abouti ni conduit à la pérennisation des pratiques, sauf pour la filière Centraco qui permet de densifier les déchets métalliques destinés à l'ANDRA (CSFMA ou CIRES) et d'en recycler une faible part sous forme de protection radiologique (cf. §4.1.1).

2. ETAT DES LIEUX

2.1. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Les objectifs de la demande du PNGMDR (2013-2015) sont de préserver la ressource de stockage aux déchets ultimes et d'inscrire la gestion des déchets des installations nucléaires dans le cadre général de la gestion de tous les déchets, telle que définie dans les textes réglementaires.

Les textes auxquels on fait référence dans les paragraphes qui suivent sont :

- le code de l'environnement et de la santé,
- la directive européenne 2008/98/CE du 19 novembre 2008,
- la directive européenne 2011/70/Euratom du 19 juillet 2011,
- la directive 2013/59/Euratom, fixant les normes de base en radioprotection. Cette directive remplace la directive 96/29. Elle doit être déclinée en droit français avant le 6 février 2018.

Les définitions relatives à la gestion des déchets précisées dans ces textes sont rappelées ici en préalable.

2.1.1. Définitions et autres concepts

La **directive européenne 2008/98/CE** précise, dans son article 3, les définitions suivantes :

- ✓ " **déchets** " : toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire ;
- ✓ " **traitement** " : toute opération de valorisation ou d'élimination, y compris la préparation qui précède la valorisation ou l'élimination ;
- ✓ " **valorisation** " : toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en remplaçant d'autres matières qui auraient été utilisées à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, dans l'usine ou dans l'ensemble de l'économie ;
- ✓ " **recyclage** " : toute opération de valorisation par laquelle les déchets sont retraités en produits, matières ou substances aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Cela inclut le retraitement des matières organiques, mais n'inclut pas la valorisation énergétique, la conversion pour l'utilisation comme combustible ou pour des opérations de remblayage ;
- ✓ " **élimination** " : toute opération qui n'est pas de la valorisation même lorsque ladite opération a comme conséquence secondaire la récupération de substances ou d'énergie (ex : mise en stockage, incinération ...).

Le **code de l'environnement**, dans l'article L542-1-1, indique également :

- ✓ « Une matière radioactive est une substance radioactive pour laquelle une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement. »
- ✓ « Les **déchets radioactifs** sont des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée. »
- ✓ « Les **déchets radioactifs ultimes** sont des déchets radioactifs qui ne peuvent plus être traités dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de leur part valorisable ou par réduction de leur caractère polluant ou dangereux. »

Par ailleurs, l'article L 541-4 du code de l'environnement prévoit que les dispositions relatives au chapitre déchets (Titre IV chapitre 1^{er}) s'appliquent sans préjudice des dispositions spéciales concernant notamment les déchets radioactifs. En d'autres termes, les principes généraux de gestion des déchets sont applicables aux déchets radioactifs sauf disposition contraire spécifique au régime des déchets radioactifs. On remarquera utilement en ce sens que les déchets radioactifs ne font pas partie de la liste d'exclusion au champ d'application du chapitre 1^{er} précité telle que prévue par l'article L 541-4-1 du code de l'environnement.

Ceci étant exposé, il convient alors de rappeler que la réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs passe par le tri, et l'élimination des substances radioactives de leur support en vue de la préparation des actions de valorisation et recyclage. Ces actions ont pour but de mettre fin au statut de déchet, selon la définition de l'article L541-4-3 du code de l'environnement.

« **Un déchet cesse d'être un déchet** après avoir été traité dans une installation visée à l'article L. 214-1 soumise à autorisation ou à déclaration ou dans une installation visée à l'article L. 511-1 soumise à autorisation, à enregistrement ou à déclaration et avoir subi une opération de valorisation, notamment de recyclage ou de préparation en vue de la réutilisation, s'il répond à des critères remplissant l'ensemble des conditions suivantes :

- ✓ la substance ou l'objet est couramment utilisé à des fins spécifiques ;
- ✓ il existe une demande pour une telle substance ou objet ou elle répond à un marché ;

- ✓ la substance ou l'objet remplit les exigences techniques aux fins spécifiques et respecte la législation et les normes applicables aux produits ;
- ✓ son utilisation n'aura pas d'effets globaux nocifs pour l'environnement ou la santé humaine.

Ces critères sont fixés par l'autorité administrative compétente. Ils comprennent le cas échéant des teneurs limites en substances polluantes et sont fixés en prenant en compte les effets nocifs des substances ou de l'objet sur l'environnement. »

Il est ainsi recommandé, dans le cadre de la démarche de développement durable, de transformer autant que faire se peut les déchets en matériaux recyclables.

Enfin, l'**Arrêté du 7 février 2012** fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base définit les ZPPDN : « **Zone à production possible de déchets nucléaires** : zone dans laquelle les déchets produits sont contaminés ou activés ou susceptibles de l'être. »

On peut en déduire une notion par défaut des déchets nucléaires : **Déchets nucléaires** déchets résultant d'activités nucléaires, contaminés ou activés ou susceptibles de l'être.

D'un point de vue réglementaire, l'approche retenue est fondée sur un zonage des installations séparant les zones où des déchets ne peuvent pas avoir de radioactivité ajoutée et des zones où des déchets sont susceptibles d'être radioactifs. Seuls les matériaux issus de zones à déchets conventionnels (c'est-à-dire ne pouvant pas avoir de radioactivité ajoutée) peuvent rejoindre les filières industrielles de recyclage.

Cette manière de procéder est imposée réglementairement par des dispositions de l'arrêté INB de février 2012 qui abroge le décret du 31/12/1999 en maintenant l'exigence réglementaire d'un zonage « déchets » des installations nucléaires de base.

Par ailleurs, le code de la santé publique dans son Article R1333-3, modifié par Décret n°2007-1582 du 7 novembre 2007 - art. 3 JORF 9 novembre 2007, interdit « l'utilisation, pour la fabrication des biens de consommation et des produits de construction, des matériaux et des déchets provenant d'une activité nucléaire, lorsque ceux-ci sont contaminés ou susceptibles de l'être par des radionucléides, y compris par activation, du fait de cette activité. » tout en prévoyant dans son article suivant R1333-4 la possibilité de dérogation à cette interdiction.

2.1.2. Hiérarchisation des modes de gestion

La **Directive européenne 2008/98/CE** fixe les priorités d'action dans la gestion des déchets selon une hiérarchie à 5 niveaux : Prévention ; Réutilisation ; Tri et recyclage (produits, matières) ; Valorisation (énergie) ; Élimination (incinération sans récupération d'énergie, mise en décharge).

Ces dispositions sont transposées dans l'**article L541-1 du code de l'environnement** qui précise que « les dispositions de l'article L125-1 ont pour objet :

1° En priorité, de prévenir et de réduire la production et la nocivité des déchets, notamment en agissant sur la conception, la fabrication et la distribution des substances et produits et en favorisant le réemploi, ainsi que de diminuer les incidences globales de l'utilisation des ressources et d'améliorer l'efficacité de leur utilisation ;

2° De mettre en œuvre une hiérarchie des modes de traitement des déchets consistant à privilégier, dans l'ordre :

- a) La préparation en vue de la réutilisation ;
- b) Le recyclage ;
- c) Toute autre valorisation, notamment la valorisation énergétique ;
- d) L'élimination ;

3° D'assurer que la gestion des déchets se fait sans mettre en danger la santé humaine et sans nuire à l'environnement, notamment sans créer de risque pour l'eau, l'air, le sol, la faune ou la flore, sans provoquer de nuisances sonores ou olfactives et sans porter atteinte aux paysages et aux sites présentant un intérêt particulier ;

4° D'organiser le transport des déchets et de le limiter en distance et en volume ;

5° D'assurer l'information du public sur les effets pour l'environnement et la santé publique des opérations de production et de gestion des déchets, sous réserve des règles de confidentialité prévues par la loi, ainsi que sur les mesures destinées à en prévenir ou à en compenser les effets préjudiciables. »

Les déchets radioactifs sont exclus du champ de la directive 2008/98/CE, ce qui n'empêche pas que ces dispositions s'appliquent aux déchets issus de zones susceptibles d'être radioactives.

A contrario, le code de l'environnement qui décline cette directive n'exclut pas les déchets radioactifs.

« Les gestionnaires de déchets, comme les acteurs économiques et les pouvoirs publics suivent cet ordre de priorités lors de leur gestion d'un déchet » (ordre qui peut néanmoins être modifié si cela se justifie : cf. article L541-2-1 I. du code de l'environnement).

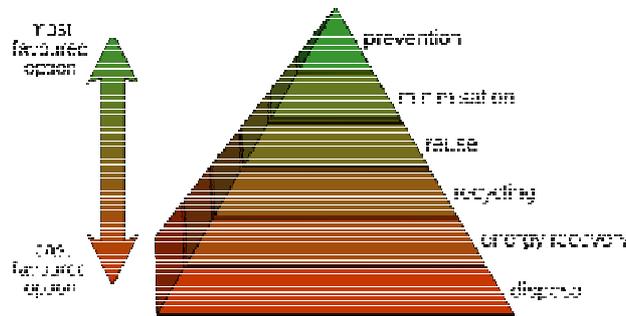


Figure 2 : hiérarchisation des modes de gestion

Ces principes sont d'ailleurs repris dans la directive 2011/70/Euratom portant notamment sur la gestion des déchets radioactifs : « la production des déchets radioactifs est maintenue au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, en matière d'activité et de volume, au moyen de mesures de conception appropriées et de pratiques d'exploitation et de démantèlement, y compris le recyclage et la réutilisation des matières ».

Au-delà des éléments analysés dans le présent document qui traitera essentiellement de matériaux ferreux, ces modalités devront être examinées dans le cadre d'une réflexion plus globale sur la gestion et le recyclage des déchets issus du démantèlement des installations nucléaires, dont les matériaux métalliques ne constituent qu'une part minoritaire par rapport aux matériaux de déconstruction des structures et d'assainissement des sites (gravats, bétons, terres).

L'objectif de valorisation des matériaux métalliques porte d'une part sur les déchets métalliques ferreux qui constituent le principal gisement en volume de matériaux métalliques et d'autre part sur les matériaux non ferreux dont le recyclage peut être facilité du point de vue technico-économique par une plus grande valeur intrinsèque.

2.1.3. Historique et enjeux de la définition d'une substance radioactive

Dans les années 60, une substance était réglementairement considérée comme radioactive à partir de $2\mu\text{Ci}/\text{kg}$ ($74\text{ Bq}/\text{g}$, cf. Décret 1963 et courrier SCPRI) pour les radionucléides artificiels, valeur arrondie lors du changement d'unité à $100\text{ Bq}/\text{g}$. Elle était de $500\text{ Bq}/\text{g}$ pour les radionucléides naturels en considérant les têtes de séries (^{238}U et ^{232}Th). Les radionucléides ont alors été rangés en 3 puis 4 classes par rapport à l'impact par inhalation. Les doses efficaces de référence correspondantes étaient de $50\text{ mSv}/\text{an}$ pour les travailleurs et $5\text{ mSv}/\text{an}$ pour le public. Ces niveaux, du fait qu'ils étaient physiquement inatteignables même pour l'élément pur, conduisaient à ne pas classer les radionucléides à vie très longue, notamment l'uranium et le thorium, considérés comme de très faible radiotoxicité, (classe 4).

Au début des années 1990, une première évolution importante est apparue, avec la préparation de la directive 96-29 sur les normes de base de radioprotection. S'appuyant sur la nouvelle limite de dose de $1\text{ mSv}/\text{an}$ pour le public, il fut défini des critères d'exemption (par radionucléide) d'activité totale (Bq) et d'activité massique (Bq/g) en dessous-desquels les substances ne sont pas dangereuses et n'impliquent pas de mesures de radioprotection. Les valeurs furent arrondies aux puissances de 10. À titre d'exemple, les valeurs passèrent à $10\text{ Bq}/\text{g}$ pour les principaux radionucléides émetteurs gamma ($\text{Co}60$, $\text{Cs}137$, $\text{Ra}226$), $1\text{ Bq}/\text{g}$ pour les émetteurs alpha ($\text{Pu}239$ $\text{Am}241$...) et $10\text{ Bq}/\text{g}$ pour l'uranium, soit globalement une baisse d'un facteur 10 et 100 respectivement. Les valeurs en activité totale ont été définies pour des petits volumes concentrés. Les autorités françaises lors de la transcription de la directive ont repris les valeurs européennes en introduisant une limitation de la quantité présente dans l'installation à 1 tonne pour l'utilisation du critère d'activité massique. Cet ajout a conduit en pratique à éliminer ce critère dans le secteur industriel, les quantités de matériaux s'exprimant généralement toujours en tonnes voire centaines ou milliers de tonnes.

En 1996, la directive 96-29/Euratom (article 5) précise que « le recyclage ou la réutilisation de telles substances ou matières peuvent être dispensés du respect des exigences de la directive pour autant qu'ils respectent les seuils de libération fixés par les autorités compétentes nationales. », ces seuils devant respecter pour tout citoyen le critère d'exposition de base de $10\text{ }\mu\text{Sv}$ par an.

La directive 96-29 ne fournit pas pour la libération de valeurs d'activité ou d'activité massique.

Depuis 2013, la directive 13-59/Euratom sur les normes de base de radioprotection remplace la directive 96-29/Euratom. Elle doit être transposée en droit français avant le 6 février 2018.

En cohérence avec l'annexe 13-7 du code de la santé publique et l'article L542-1-1 du code de l'environnement, la directive 13-59/Euratom précise « qu'une substance radioactive est toute substance contenant un ou plusieurs radionucléides dont l'activité ou la concentration d'activité ne peut être négligée du point de vue de la radioprotection ».

Elle définit :

- des valeurs en activité massique et activité totale (tableau A, partie 1, et tableau B de l'annexe VII) en dessous desquelles les pratiques sont réputées sans risque radiologique, sans autre examen.
- des valeurs génériques plus élevées utilisables pour des quantités considérées « modérées » (tableau B).
- des valeurs plus élevées spécifiques à une installation ou un type d'installations, dépendant des caractéristiques de cette installation et des quantités traitées notamment pour de grands volumes de matériaux issus des démantèlements qui peuvent être retenues par les états membres, sur la base des critères radiologique suivants :
 - ➔ les travailleurs ne doivent pas relever de la catégorie des travailleurs exposés (< 1 mSv/an),
 - ➔ pour l'exposition des personnes du public, il est satisfait aux critères généraux ci-après dans toutes les circonstances réalisables :
 - pour les radionucléides artificiels : la dose efficace pouvant être reçue par une personne du public en raison de la pratique faisant l'objet d'une exemption est de l'ordre de 10 microSv ou moins par an,
 - pour les radionucléides naturels : la dose ajoutée, en tenant compte du bruit de fond émis par les sources de radioactivité naturelle, susceptible d'être reçue par un individu du fait de la pratique faisant l'objet d'une exemption est de l'ordre de 1 mSv ou moins par an.

Dans tous les cas, ces valeurs résultent de la déclinaison de critères dosimétriques. Le critère d'exposition des travailleurs reste de 1 mSv/an et celui des personnes du public varie de 10microSv/an (par pratique) pour des expositions à des rayonnements issus de radionucléides artificiels, à 1 mSv/an pour une exposition provenant de RN naturels.

Selon cette même directive, le législateur européen précise :

« Les États membres devraient tirer avantage de l'application d'une approche graduée du contrôle réglementaire, qui devrait être proportionnelle à l'ampleur et à la probabilité des expositions résultant des pratiques exercées, et à la mesure des effets que le contrôle réglementaire peut avoir sur la réduction de ces expositions ou sur l'amélioration de la sûreté des installations ».

La directive 13-59/Euratom fournit ainsi de façon plus affirmée que la directive 96-29/Euratom un cadre permettant de mettre en place une stratégie de gestion s'appuyant sur des installations ou procédés de traitement et de tri de déchets visant à réduire significativement les quantités de déchets radioactifs au profit de matériaux recyclables, par séparation des substances radioactives de leurs supports.

La situation française diffère aujourd'hui de celle des autres pays par l'absence de critère d'activité massique pour la définition des substances radioactives dangereuses pour des masses significatives et par conséquent de critère de décontamination pour la gestion des déchets radioactifs des installations nucléaires de base.

Conformément à l'arrêté INB du 7 février 2012 en vigueur (abrogeant l'arrêté du 31 décembre 1999) exigeant un zonage déchets mis en place au sein des installations, tout déchet issus de zones à production possible de déchets contaminés ou activés appelés « déchets nucléaires » ne peut être envoyés que dans des filières autorisées (à traiter ou éliminer des déchets ou matériaux radioactifs).

2.2. INVENTAIRES ET FLUX

2.2.1. Evolution de l'inventaire et flux associés : données quantitatives

Dans le cadre du rapport PNGMDR 2012, l'inventaire global de déchets métalliques TFA pour la période trentenaire à venir (de 2012 à 2041) a été estimé dans une fourchette entre 250 000 t et 375 000 t. Pour ce rapport, le champ d'observation a été étendu au-delà de la période trentenaire de manière à fournir une prévision de l'inventaire à terminaison (ie à la fin des opérations d'exploitation et de démantèlement des installations nucléaires existantes ou décidées). Outre une actualisation des inventaires déjà fournis par les exploitants nucléaires, certains gisements complémentaires ont été pris en compte, en particulier les déchets de démantèlement du parc REP et les parties TFA des générateurs de vapeur, portant l'inventaire de déchets métalliques TFA à environ 900 000 tonnes.

La figure ci-dessous présente de manière macroscopique les flux annuels que l'on peut raisonnablement attendre pour le prochain demi-siècle.

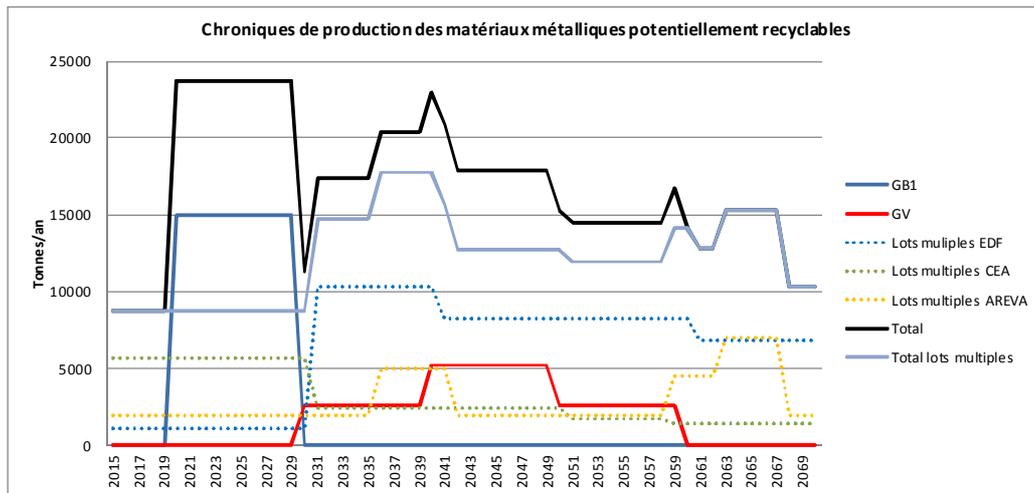


Figure 3 : Chronogramme simplifié des productions de matériaux métalliques potentiellement recyclables susceptibles d'être radioactifs

Le flux moyen de matériaux métalliques (en très grande majorité ferreux) potentiellement recyclable est estimé entre 15 000 et 25 000 tonnes/an

Ces flux n'intègrent pas les déchets FA qui, après décontamination, pourraient relever de cette même filière.

En cumulé sur la période 2015-2070, c'est environ 900 000 tonnes de matériaux métalliques qui doivent être considérées.

Du fait notamment de l'allongement de la durée d'observation, cette estimation représente près du triple de celle faite précédemment sur une période trentenaire.

2.2.2. Données qualitatives : Caractéristiques des gisements

Les gisements métalliques sont à préciser et étudier en fonction de différentes caractéristiques et notamment des radionucléides susceptibles d'être rencontrés, du gabarit (tailles et/ou masses), du nombre et de l'homogénéité des matériels concernés, de leur localisation (en un point ou sur l'ensemble du territoire national), susceptibles d'impacter la complexité des opérations qu'ils doivent subir (transport, tri, découpe, décontamination, ...) avant de pouvoir être recyclés.

La connaissance des radionucléides est importante dans la mesure où elle conditionne les moyens de préparation (tri, découpe, ...) et de décontamination, lesquels à leur tour conditionnent la part susceptible d'être valorisée.

Il convient par ailleurs de distinguer les radionucléides résultant de dépôt en surface et ceux résultant d'activation ou distribués dans la masse, ceux à demi-vie relativement courtes et ceux à demi-vie longue.

Enfin, dans le cadre de la mise en œuvre d'un processus de décontamination par fusion, il faut tenir compte de leur aptitude à s'incorporer dans la masse du métal ou au contraire de s'en extraire (le tableau ci-dessous illustre le comportement des différents radionucléides dans ce cadre, en lien avec les valeurs de références associées).

éléments	répartition des radionucléides après fusion (Source : Siempelkamp Carla GB 02-09)			isotope	décroissance d'un facteur 50% tous les	Valeur tableau A	Valeur tableau B
	lingot	crasses	poussières			Directive 2013/59 Bq/g	Directive 2013/59 Bq/g
émetteurs alpha							
U				U _{nat}		1	10 (²³⁸ U)
Pu	1%		99%	Pu238 Pu239		0,1	1
Am						0,1	1
Th				Th232		1	
produits d'activation							
Cobalt	88%	11%	1%	Co60	5,3 ans	0,1	10
				Co57	271 jours	1	100
				Co58	70 jours	1	10
fer	90%	< 1%		Fe55	2,7 ans	1000	10 000
Nickel	90%	10%		Ni 63	100 ans	100	100 000
Manganèse	60%	39%	1%	Mn54	313 jours	0,1	10
Argent	< 1%	32%	68%	Ag110m	250 jours	0,1	10
zinc	36%	12%	52%	Zn65	244 jours	0,1	10
produits de fission							
Césium	<1 %	60%	40%	Cs134	2 ans	0,1	10
				Cs137	30 ans	0,1	10
antimoine	95%	4%	1%	Sb125	2,8 ans	0,1	100
ruthénium	67%	<1	33%	Ru106	1 an	0,1	100
strontium	< 1%	97	2%	Sr90	29 ans	1	100
Cérium	50%	50%	<1%	Ce144	284 jours	10	100
niobium	81%	17%	2%	Nb95	35 jours	1	10
Zirconium	28%	72%	-	Zr95	64 jours	1	10

Figure 4 : Comportement des radionucléides et valeurs de référence associées

2.2.2.1. Caractéristiques physiques : Lots homogènes / hétérogènes

Certains matériels / équipements identiques et en nombre important constituent des lots homogènes qui permettent d'envisager une automatisation des opérations de démontage, découpe, tri, contrôle et apportent une garantie sur la nature exacte du métal (ferreux, non ferreux, semi-précieux, précieux, % d'alliage) et des radionucléides potentiels ayant une incidence significative sur le prix du métal recyclé. La possibilité de réaliser des démonstrations sur un élément représentatif du lot est en outre susceptible d'apporter des garanties favorisant le déploiement d'une filière.

A l'inverse, certains gisements sont constitués de multiples lots de petites quantités, qui peuvent soit être traités en vrac (en général pour l'obtention de matériaux recyclés de plus bas niveau), ou être triés et regroupés et rejoindre des flux de même nature (cas notamment des métaux non-ferreux, semi-précieux et précieux : cuivre, aluminium, plomb, zirconium, rhodium, tungstène, iridium, platine, or...).

La part valorisable de certains composants métalliques n'est par ailleurs « accessible » qu'après d'éventuelles opérations de préparation dont il convient d'évaluer l'intérêt (dans le cas des fers à béton par exemple, la séparation métal / béton qui conduit à augmenter le volume de béton n'a d'intérêt que si le béton est lui-même recyclé).

2.2.2. Localisation

La localisation des gisements constitue un élément stratégique pour le positionnement des installations de préparation. On distingue notamment :

- ✓ le cas de lots importants et déjà regroupés en un seul lieu qui peut inciter à rechercher des solutions de gestion sur site,
- ✓ le cas de lots importants mais répartis géographiquement qui peut conduire à envisager l'opportunité d'un traitement au sein d'une installation centralisée accessible (moyennant des dispositions logistiques plus ou moins complexes pour l'acheminement),
- ✓ le cas des lots plus petits et/ou dispersés géographiquement pour lesquels il peut être envisagé des opérations de regroupement, notamment pour les métaux non ferreux (câbles en cuivre par exemple) et alliages spéciaux (inconel...).

2.3. LES GRANDS GISEMENTS :

A ce jour, 3 gisements importants de métaux ferreux sont identifiés :

- ✓ L'usine George Besse 1 d'AREVA (diffuseurs GB1),
- ✓ Les générateurs de vapeur des centrales EDF de type REP,
- ✓ Les lots multiples métalliques, qui concernent tous les exploitants nucléaires, EDF AREVA CEA et ANDRA.

2.3.1. Diffuseurs de l'usine Georges Besse 1

Dans le cadre de la modernisation de son outil industriel AREVA a arrêté définitivement la production de l'usine Georges Besse (INB 93) le 7 juin 2012.

Le démantèlement de l'usine Georges Besse d'EURODIF va nécessiter de traiter de l'ordre de 200 000 tonnes de matériels très faiblement contaminés composés pour l'essentiel de matériaux non dangereux tels que la céramique et des métaux ferreux et non ferreux. Ces matériels représentent un volume brut avant dépose et traitement d'environ 950 000 m³.

Le gisement métallique complet comprend :

- ✓ 140 000 tonnes d'acier au carbone valorisable,
- ✓ 10 000 tonnes environ d'autres métalliques ferreux en proportions diverses d'aciers, de fonte, d'inox, également valorisables,
- ✓ un mélange de métaux ferreux et non ferreux, essentiellement de l'aluminium et de l'acier, dont le potentiel de valorisation n'est pas démontré.

La production de ces ferrailles pourrait s'échelonner sur une période de l'ordre de 10 à 15 ans.

Les radioéléments présents dans les déchets sont ceux associés au spectre Uranium naturel commercial. Cet uranium présente divers enrichissement en isotope U235, sur une plage pouvant être située entre 0,2 % et 5 %.

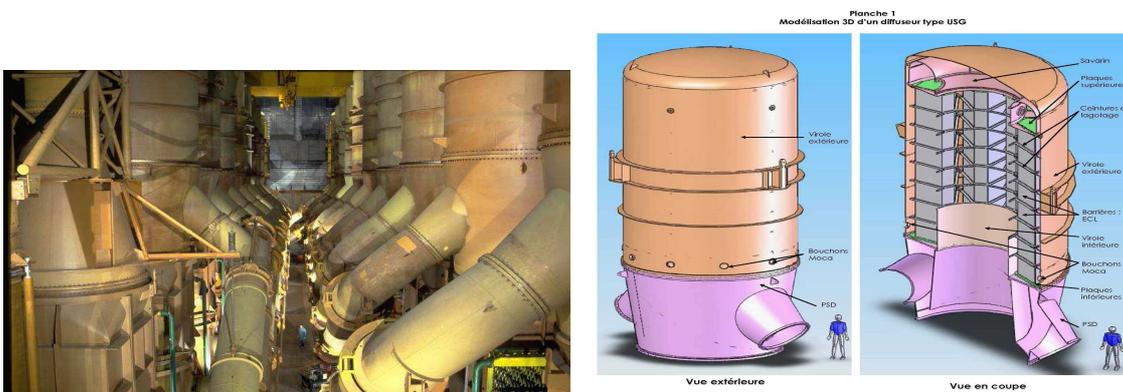


Figure 5 : Vues d'ensemble des diffuseurs de GB1 d'AREVA

2.3.2. Générateurs de vapeur du parc EDF

Les générateurs de vapeur du parc REP d'EDF constituent également un lot important et homogène de matériaux métalliques.

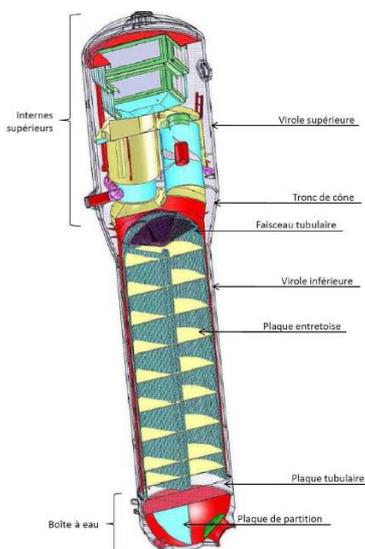


Figure 6 : Vue d'ensemble d'un générateur de vapeur (GV) du parc REP d'EDF

Ce gisement important est lié tant à l'exploitation des réacteurs nucléaires REP d'EDF (générateurs issus des opérations de remplacement – RGV) qu'à leurs démantèlements.

A ce jour, le programme de remplacement concerne l'ensemble des 34 tranches 900 MW (soit 102 GV à raison de 3 GV par réacteur). Fin 2014, 26 opérations « RGV » (soit le remplacement de 78 composants) ont été effectuées, la dernière intervention étant prévue vers 2030. Le programme de remplacement des GV du palier 1300 MW n'est pas encore engagé mais sera susceptible de représenter à terme 80 GV supplémentaires pour l'ensemble des 20 tranches 1300 MW (à raison de 4 GV par réacteur). L'ensemble des GV usés des paliers 900 et 1300 MWe représente ainsi une masse totale d'environ **65 000 tonnes** dont environ 85% d'acier (faiblement allié et inox) et 15% d'inconel.

Lorsque les REP parviendront en fin d'exploitation, les GV de remplacement devront à leur tour être traités après décontamination et/ou entreposage.

Au total, les GV représentent donc une masse totale de métaux de l'ordre de 130 000 tonnes dont 80 % environ peut être classé TFA après découpes (Cf. § 4.2.1).

2.3.3. Les métaux multi-sources

Les métaux multi-sources comprennent des métaux différents ainsi que de nombreuses nuances d'acier.

Pour illustrer la diversité des matériaux susceptibles d'être rencontrés, on peut se reporter à l'inventaire des déchets déjà livrés au centre de stockage TFA de l'ANDRA (CIRES). La provenance d'origine de ces déchets n'est néanmoins pas représentative des futurs démantèlements à venir ; par conséquent ces proportions ne peuvent pas être utilisées de manière fiable pour établir des prévisions.

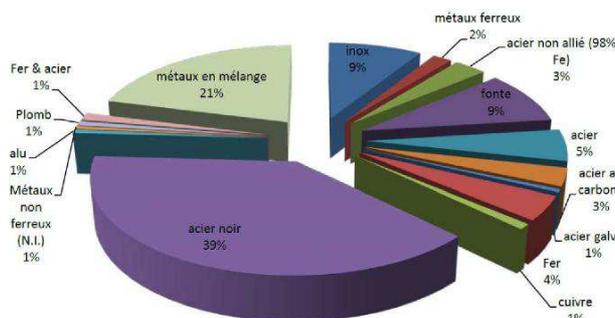


Figure 7 : Répartition des nuances métalliques reçues au CIRES (sur la base des déclarations des producteurs)

L'exploitation de ce type de gisement nécessite en amont des moyens d'entreposage, de tri, de découpe, de contrôle et éventuellement de compactage.

Ce gisement est estimé à près de **650 000 tonnes sur 55 ans**.

2.4. LES CAPACITES DE STOCKAGE

2.4.1. Des besoins croissants et un comblement plus rapide que prévu

Le centre de stockage TFA (CIRES) a été conçu pour prendre en charge sur une période d'exploitation de 30 ans (de 2003 à 2033), les déchets dits de « très faible activité » issues des Zones à Production Possible de Déchets Nucléaire (ZPPDN). Les prévisions de livraisons initialement estimées à 650 000 m³ sur cette période ont été utilisées pour dimensionner le centre.

Depuis 2003, les prévisions de production de déchets TFA ont été revues à la hausse par les producteurs, en tenant compte notamment du retour d'expérience des chantiers de démantèlement et de l'impact de la déclinaison de la méthodologie d'assainissement (sur la base du projet de guide 14 de l'ASN), l'atteinte d'un objectif de propreté pouvant en effet conduire à déplacer fortement la limite entre déchets nucléaires et déchets conventionnels, générant ainsi des volumes de déchets nucléaires bien supérieurs aux prévisions initiales.

Le taux de remplissage actuel du CIRES (47% fin 2014 selon les données fournies par l'ANDRA) et les prévisions croissantes de l'Inventaire National, laissent pressentir que la capacité initiale de 650 000 m³ sera remplie plus rapidement que prévu (entre 2020 et 2030). Une augmentation de la capacité administrative à 900 000 m³, soit de 250 000 m³ supplémentaires, à emprise constante, est en cours d'instruction.

De manière plus globale, les prévisions 2012 des producteurs à terminaison évaluent la production totale de déchets TFA à 2 000 0000 m³.

Un travail entre l'ANDRA et les producteurs est en cours pour réévaluer les besoins futurs de prise en charge de déchets TFA. Une proposition de schéma directeur industriel de gestion des déchets TFA, incluant de nouvelles capacités de stockage sera formulée à la mi-2015.

2.4.2. Caractéristique des déchets livrés

2.4.2.1. Caractéristiques physiques

Les colis de déchets métalliques ou à dominante métallique, ferreux et non ferreux, entiers ou morcelés éliminés au centre de stockage TFA de l'ANDRA (CIRES) représentent environ 25 % en masse du total des déchets livrés.

Sur la période 2004-2012, la densité moyenne des déchets métalliques stockés se situe autour de 1,2 (ce calcul inclut la densité des lingots livrés par Socodei ; en dehors de ces lingots la densité moyenne se situe plutôt autour de 1).

2.4.2.2. Caractéristiques radiologiques

L'activité radiologique des déchets livrés au CIRES est par principe très faible. Sur la base de l'analyse des activités (majorantes) déclarées par les producteurs (conformément aux modalités décrites dans les spécifications ANDRA), on constate que 23% des déchets ont une activité de l'ordre de 1 Bq/g et environ 65% des métaux TFA ont une activité inférieure à 5 Bq/g.

Ces activités déclarées sont « **majorantes** » dans la mesure où bien souvent, l'activité des déchets est inférieure à la limite de détection des appareils de mesure (qui est retenue par défaut pour la déclaration). Des mesures plus précises à très faible niveau (difficiles et coûteuses et souvent peu compatibles avec une gestion industrielle des déchets) ne présentent en effet aucun enjeu en terme de radioprotection. Les spécifications de l'ANDRA prévoient par ailleurs un système de déclarations forfaitaires (majorantes par principe) adapté aux contraintes des chantiers de démantèlement qui génère une surestimation automatique (mais pour autant acceptable).

Par conséquent, l'activité « réelle » des déchets livrés est largement inférieure à l'activité « déclarée » (d'un facteur 10 à 100 d'après les contrôles aléatoires effectués sur des colis par l'ANDRA).

Par ailleurs, EDF a réalisé une analyse sur la base de 23000 tonnes de déchets TFA, issus des démantèlements et stockés au CIRES. En comparant l'activité de ces déchets aux critères de traitement en filière conventionnelle existants dans des pays voisins de la France, cette étude montre qu'environ 50% d'entre eux sont inférieurs à ces critères.

Le suivi de la dosimétrie des opérateurs du stockage au CIRES (voir ci-dessous) confirme d'ailleurs que les activités livrées sur le centre ne présentent aucun enjeu en termes de radioprotection.

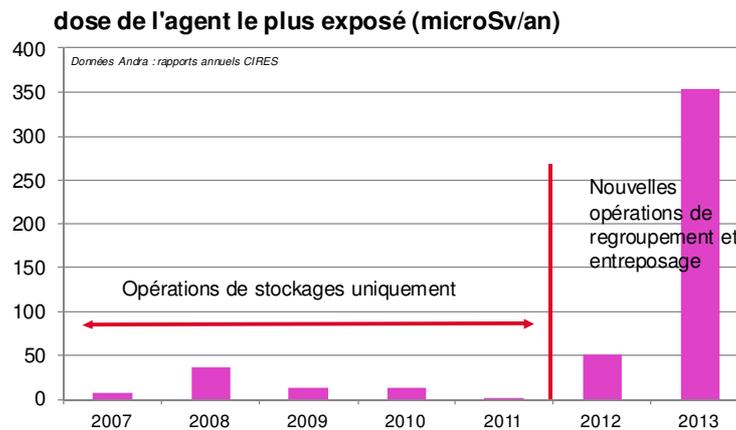


Figure 8 : Données dosimétriques des opérateurs du stockage au CIRES

Sur la base du retour d'expérience de 10 ans de stockage TFA, on constate en effet que la dosimétrie des opérateurs du stockage CIRES, 1 à 40 microSv/an (Présentation Andra faite en réunion PNGMDR le 16 février 2012), se situe à un niveau très bas, inférieur d'un facteur 25 au moins à la limite réglementaire applicable au public et ne nécessite aucune mesure de radioprotection pour les travailleurs de l'installation.

NOTA : « On peut noter une augmentation des doses reçues en 2013 comparativement aux précédentes années, notamment avant 2012. Cette évolution est liée à la mise en exploitation, en 2012, des bâtiments de regroupement et d'entreposage des déchets non électronucléaires qui nécessitent la manipulation des colis de déchets dont le niveau d'activité est plus important que celui des déchets TFA. » Réf. Andra 2013

2.5. RESUME

Environ 900 000 tonnes de matériaux métalliques vont être produits (il s'agit soit d'une multitude de composants divers, soit de gisements homogènes importants comme les diffuseurs de GB1 ou les générateurs de vapeur du parc EDF). Ces matériaux présentent un potentiel de valorisation important (en particulier pour les moins actifs d'entre eux) qui permet d'envisager des solutions de recyclage en cohérence avec la hiérarchisation des actions de gestion de déchets préconisées notamment par le code de l'environnement.

Le centre de stockage TFA (CIRES) a été conçu pour prendre en charge les déchets TFA sur une période d'exploitation de 30 ans (de 2003 à 2033). Les capacités de stockages actuelles (650 000 m³) correspondent à environ un tiers des volumes de déchets TFA estimés à terminaison.

3. LES PRODUITS FINIS SIDERURGIQUES EN MATERIAUX RECYCLES

Compte-tenu de la réglementation nucléaire actuelle, les produits finis fabriqués à partir de déchets nucléaires nécessitent (pour la fabrication de biens de consommations et d'équipements) une dérogation au titre du Code de la Santé Publique. C'est d'ailleurs l'une des raisons pour laquelle des études de filière se sont orientées vers des utilisations dans les centres de stockage de déchets radioactifs.

3.1. CONTENEURS A BASE DE METAL RECYCLE

3.1.1. Conteneurs FMA-VC de type « coque confinante »

ANDRA et EDF ont travaillé indépendamment sur des concepts de conteneurs en fonte destinés à remplacer les coques béton existantes.

Pour EDF, les principaux utilisateurs de ce type de conteneurs sont les CNPE en exploitation. Une analyse a été menée pour identifier les impacts potentiels et notamment l'ensemble des modifications à prévoir sur chaque CNPE. Par ailleurs, pour une grande partie des colis, les gains volumiques induits par l'utilisation de conteneurs en fonte sont quasi inexistantes. Sur la base de cette analyse, seuls certains colis produits par des machines mobiles sont potentiellement susceptibles de présenter un intérêt (moyennant des adaptations de ces machines), correspondant à un besoin en fonte de l'ordre de 1000 tonnes/an.

Compte-tenu de ce faible besoin d'une part et des incertitudes relatives à l'acceptabilité de ce type de conteneur en stockage d'autre part, ce type de débouché n'est pour l'instant pas retenu par EDF.

3.1.2. Conteneurs FMA-VC de type « caisson blindé »

Les études actuellement menées par EDF concernent **exclusivement** les conteneurs de stockage FMA-VC à base de fonte de type « caisson blindé » en remplacement des actuels caissons pré-bétonnés.

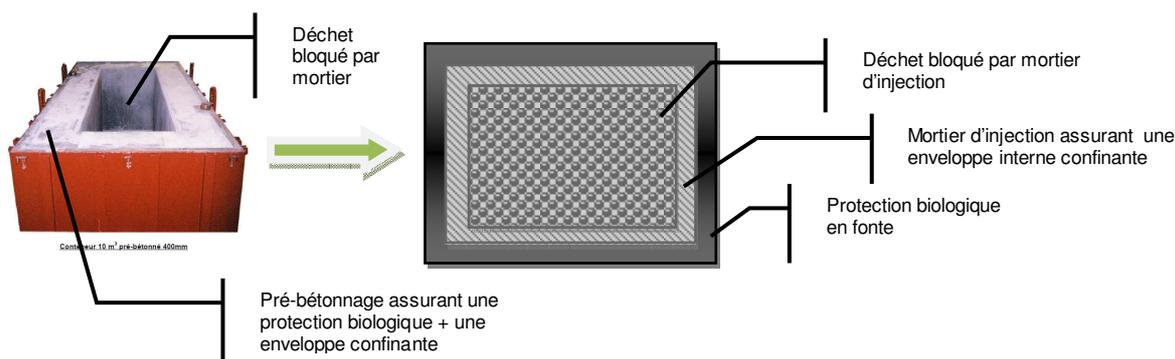


Figure 9 : Remplacement des caissons métalliques pré-bétonnés par des caissons blindés

A ce stade, ce type de conteneur est ce qui permet de répondre le mieux aux conditions de développement évoquées dans le rapport 2012 :

- ✓ le métal recyclé utilisé en remplacement de la majeure partie du béton assure uniquement la fonction de protection biologique (et non celle de confinement comme ce serait nécessairement le cas pour un conteneur en fonte destiné à remplacer des coques béton) ce qui permet de limiter les incertitudes et les impacts sur les référentiels de sûreté du CSA,
- ✓ sa conception est la plus proche possible de l'existant pour limiter l'impact pour les utilisateurs : compatibles avec les procédés d'exploitation du CSA d'une part et avec les procédés et référentiels de sûreté des sites de production de déchets d'autre part,
- ✓ le volume utile est optimisé (par rapport à un caisson pré-bétonné) ce qui permet d'optimiser les coûts de stockage et de favoriser ainsi l'équilibre économique de la filière,
- ✓ ce type de conteneur peut être utilisé pour conditionner :
 - ➔ les déchets FMA générés par les chantiers de démantèlement des installations EDF, principaux utilisateurs de ce type de conteneur et dont les processus de conditionnement sont plus facilement adaptables que sur des installations existantes en exploitation,
 - ➔ éventuellement les déchets FMA induits par le traitement des GV (en particulier le circuit primaire dans le cas où le GV est découpé sans décontamination préalable).

Les besoins pour ce type de conteneurs restent néanmoins assez limités ; la quantité de fonte recyclée nécessaire à la réalisation de ce type de conteneurs est à ce jour estimée à :

- ✓ **20 000 tonnes** pour conditionner les déchets de démantèlement du parc de 1^{ère} génération (dans l'hypothèse d'un début de traitement à horizon 2025),
- ✓ **50 000 à 100 000 tonnes** pour conditionner les déchets de démantèlement du parc REP,
- ✓ **10 000 à 20 000 tonnes** pour conditionner les déchets FMA induits par le traitement des GV usés.

Le conteneur FMA-VC de type caisson blindé ayant été identifié comme un débouché accessible, une étude d'opportunité de réalisation d'un tel conteneur optimisé en fonte recyclée pour le stockage des déchets de démantèlement FMA-VC est en cours dans l'objectif de :

- ✓ définir un schéma de principe d'un concept de conteneur répondant aux exigences ANDRA,
- ✓ valider avec l'ANDRA l'acceptabilité de ce type de conteneur en stockage,
- ✓ déterminer les éléments technico-économiques qui permettront de confirmer ou non l'intérêt de poursuivre le développement de ce type de conteneur.

Quelles que soient les conclusions de cette étude, ce type de débouché ne sera de toute façon pas suffisant pour assurer le recyclage de l'ensemble du gisement, d'où la nécessité d'investiguer d'autres voies.

3.1.3. Autres conteneurs

Le rapport PNGMDR 2012 précisait qu'une filière de recyclage devrait par ailleurs privilégier des débouchés dans des projets neufs tels que les conteneurs pour les futurs stockages. A ce stade de nos connaissances, les incertitudes sur les concepts de ces stockages et sur les plannings de déploiement associés ainsi que les exigences en vigueur ne permettent pas aux exploitants nucléaires producteurs de déchets d'envisager des solutions industrielles de recyclage de leurs matériaux métalliques pour les futurs stockages. La pertinence de cette option reste à démontrer et, a minima, une définition claire et pérenne des exigences attendues sur les produits destinés aux stockages est nécessaire. De plus, toutes les conséquences techniques et financières liées à des changements de conteneurs (conteneurs métalliques en remplacement de conteneurs en béton) pour les stockages, existant ou futurs, n'ont pas été instruites à ce stade, en particulier sur les installations productrices (conditionnement des colis, et manutention) et sur leurs transports.

3.2. AUTRES PRODUITS FINIS SIDERURGIQUES

L'Union Européenne a produit 13,8 millions de tonnes d'acier brut par mois en 2013, la France en produisant le dixième, avec 850 000 t/mois par la filière fonte et 457 000 t par la filière électrique. Les quantités d'acier TFA issues des installations nucléaires sont très faibles par rapport au volume de ferrailles recyclées en France ou en Europe.

Les aciéries de conversion qui travaillent principalement à partir de minerai de fer consomment la ferraille en complément de la ressource vierge. Ce complément est de l'ordre de 5 à 25 %. Les aciéries électriques assurent, en revanche, un recyclage intégral, puisque leur approvisionnement est réalisé de 100 % de ferrailles recyclées. Les produits qui en sortent sont des aciers neufs réalisés à partir d'aciers usagés par mélange de différentes qualités.

En Europe, 54% de la production d'acier est issue du recyclage.

Les deux principaux secteurs utilisateurs d'aciers sont le BTP et le secteur automobile. L'origine des matériaux dans ces secteurs est aujourd'hui totalement internationale.

D'un point de vue de la réglementation nucléaire actuelle française, des dérogations (Code de la Santé Publique) peuvent être accordées pour utiliser des matériaux métalliques issues de ZPPDN dans la fabrication de biens de consommation et de produits de construction. Les démonstrations à réaliser pour confirmer la pertinence des solutions de recyclage, basées sur des scénarii complexes et multiples, imposent de lourdes études et n'ont pas permis à ce stade de développer de valorisation. S'agissant d'un processus dérogatoire, des demandes de ce type doivent en outre présenter un caractère particulier.

3.3. RESUME

Compte-tenu du contexte réglementaire nucléaire français, on constate que les possibilités de recyclage de matériaux métalliques actuellement identifiées sont relativement limitées tant en termes de variété (types de produits finis) que de quantité. Les pistes identifiées sont actuellement instruites par les producteurs, notamment à travers des études technico-économiques (voir §4.1.2) représentant un potentiel de valorisation de l'ordre de 80 000 à 140 000 tonnes sous forme de caissons blindés.

Pour développer et sécuriser ces pistes, un travail de définition claire des exigences attendues pour les produits destinés au stockage est nécessaire, y compris pour les conteneurs FMA-VC de type caisson blindé, travail qui implique les exploitants nucléaires producteurs, l'exploitant du stockage et les autorités de sûreté.

4. LES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES EXISTANTES EN EUROPE OU EN COURS D'ETUDE EN FRANCE

Des solutions industrielles existent tant en France qu'à l'étranger. Ces solutions sont encadrées par une réglementation rigoureuse et s'inscrivent dans des stratégies nationales bien établies. Les industriels français ont aujourd'hui de grands chantiers de démantèlement à conduire. Ce chapitre rappelle les moyens existants, présente les principaux chantiers à venir.

4.1. SOLUTIONS INDUSTRIELLES EXISTANTES

4.1.1. Le traitement de ferrailles FA par fusion en France : Centraco

L'atelier de fusion métallique de Centraco est le fruit d'une co-entreprise initialement EDF-COGEMA, créée en 1996. Dimensionnée pour traiter les ferrailles autrefois destinées au CS-FMA, l'installation n'est pas économiquement adaptée pour traiter des matériaux TFA.

Cette installation, rénovée actuellement en vue de son redémarrage, est utilisée par EDF pour densifier par fusion des déchets métalliques FA voire dans certains cas des mélanges de déchets FA/TFA non triés radiologiquement (en raison de géométries complexes par exemple). Les lingots produits sont stockés au CIREs ou au CSA en fonction de leurs niveaux d'activité. Sa capacité de traitement est de l'ordre de 4 500 tonnes par an – pour environ 1 700 tonnes/an traitées en moyenne.

L'installation a déjà permis de démontrer la faisabilité du recyclage de matériaux métalliques puisqu'une partie du gisement traité est recyclé sous la forme de protections radiologiques cylindriques utilisées dans des conteneurs de stockage (environ 600 tonnes recyclées entre 1999 et 2011). Cette expérience est décrite plus en détail dans le rapport PNGMDR de mai 2012.



Figure 10 : Fabrication de protections biologiques - Centraco

4.1.2. Le traitement dans des fonderies européennes : Studsvik et Siempelkamp

Le rapport PNGMDR 2012 présentait les principales filières de recyclage de matériaux métalliques issus des installations nucléaires en Europe : recyclage direct après déclassement des déchets dans la plupart des pays et recyclage par des filières spécifiques de fusion intégrant ou non une démarche de reclassement du déchet en matériau valorisé (cas de Studsvik en Suède et Siempelkamp en Allemagne).

Pour les fonderies de Studsvik (1987-1500 t/an) et Siempelkamp (1999-1200 t/an), les capacités de traitement sont environ 2 à 3 fois supérieures à leur production moyenne.

La fonderie de Studsvik s'est largement ouverte sur le marché international, en raison notamment de la faiblesse du marché intérieur et de sa capacité à traiter des gros composants. L'aciérie de Siempelkamp reste principalement à usage interne allemand. Le programme d'arrêt des réacteurs nucléaires dans ce pays posera la question d'un flux important d'ici quelques années.

Les capacités de ces installations sont cependant insuffisantes comparées au flux attendus de déchets « susceptibles d'être radioactifs » dans les cinquante années à venir.

4.1.3. Des filières industrielles fonctionnelles en Grande Bretagne

Le recyclage des métaux au Royaume Uni a fortement évolué depuis 10 ans, dans un contexte où le site de stockage de faible activité arrivait à saturation, grâce à :

- ✓ Un tri / recyclage, dès la source, des métaux « non radioactifs » (au sens de la directive européenne 96-29),
- ✓ L'existence de critères d'acceptation dans les installations de traitement élimination,
- ✓ La création d'une installation de tri décontamination contrôle prenant les déchets de toute origine en GB :

L'usine de recyclage de métaux (MRF Metal Recycling Facility) dont l'exploitant est Studsvik UK Ltd est une petite usine « à faible dangerosité » située à Lillhall près de Workington en Cumbria. Le MRF reçoit des déchets métalliques à bas niveau de contamination de l'ensemble des clients de l'industrie nucléaire. Le traitement des lots de déchets inclut la mise aux dimensions (si nécessaire) par des techniques de découpes à chaud ou froid et de la décontamination.

- ✓ L'utilisation des aciéries existantes autorisées de l'Union Européenne (notamment l'aciérie de Studsvik en Suède).



Figure 11 : Lilly hall Studsvik

4.1.4. Retour d'expérience européen

La France est entourée de pays qui pratiquent depuis plusieurs années le principe de la libération de matériaux et déchets du contrôle réglementaire parce que ceux-ci sont considérés par les autorités compétentes de ces pays comme pas ou plus radioactifs de telle manière qu'ils pourraient causer des dangers ou des nuisances pour l'environnement et pour l'humain. Le retour d'expérience de ces pays illustre des pratiques de libération sous contrôle stricte de leurs autorités.

Ainsi, l'expérience dans le cadre des programmes de démantèlement de la centrale nucléaire BR3, de l'usine de retraitement EUROCHEMIC et d'autres programmes d'assainissement en Belgique depuis maintenant 20 ans a permis de conclure que de l'ordre de 95% des matériaux présents en zone nucléaire peuvent être libérés du contrôle réglementaire, après traitement adéquat et avec des procédures et des contrôles strictes sous la surveillance des autorités compétentes. Cette pratique n'a connu à ce jour aucune faille.

4.2. LES SOLUTIONS INDUSTRIELLES EN COURS D'ETUDE

4.2.1. Traitement et recyclage des GV du parc REP

La solution de référence envisagée par EDF consiste à traiter les GV usés issus des opérations de remplacement (RGV) au moment du démantèlement du parc REP afin de pouvoir utiliser les ressources (notamment les infrastructures) mises en œuvre pour le démantèlement du Circuit Primaire Principal (CPP). Ce planning permet en outre de réduire la dosimétrie opérationnelle induite par le traitement de ces GV. En l'absence de filière de recyclage, le traitement envisagé consiste à décontaminer les GV préalablement à leur découpe dans une perspective de conditionnement en colis standard destinés à un stockage au CIRE (environ 90% des déchets) et au CSA (principalement les colis de déchets induits par les opérations de décontamination).



Figure 12 : Entreposage de décroissance d'un GV usés sur CNPE

Dans le cadre de l'optimisation des filières, EDF a engagé depuis mi-2012 l'étude de faisabilité d'une filière de fusion / valorisation des générateurs de vapeur (GV) usés au sein d'une installation centralisée potentiellement utilisable pour traiter d'autres déchets métalliques.

Compte-tenu du nombre, du gabarit et du contenu radiologique des GV, l'opportunité d'une filière de gestion au sein d'une installation centralisée de type ICPE géographiquement accessible aux gros composants semble la solution la plus intéressante. Une telle installation permet en effet d'optimiser les opérations de segmentation des GV en mettant en œuvre des moyens mutualisés plus industriels (procédés de décontamination, moyens de manutention, outils de découpe, protections biologiques et confinement, ...). Une telle installation peut ainsi produire des colis de déchets relativement denses destinés au stockage (les épaisseurs importantes des principaux éléments métalliques constitutifs des GV associées à un rangement optimisé permettent de produire des colis de densité élevée). Dans un objectif de développement d'une filière de fusion / recyclage, l'installation de segmentation centralisée peut être complétée d'un atelier de fusion voire d'un atelier de fabrication de produits en fonte (ce dernier pouvant également être envisagé sur un autre site).

La nature du gisement permet par ailleurs d'apporter des garanties dans l'optique de mise en œuvre d'une filière industrielle de traitement :

- ✓ Le gisement est disponible en ce sens qu'une grande partie des GV usés est déjà entreposée sur les CNPE et que les futures opérations de remplacement de GV (RGV) sont programmées, ce qui permet d'apporter des garanties en termes de flux à traiter dans une installation industrielle ;
- ✓ Le gisement est standardisé au sens où les composants à traiter sont identiques (1 lot pour les GV équipant les tranches 900 MWe et 1 lot pour les 1300 MWe), ce qui rend le procédé de traitement plus facilement industrialisable ;
- ✓ Le gisement est bien caractérisé (physiquement et radiologiquement) ce qui facilite les opérations de tri par nature physique et radiologique (circuit primaire et secondaire distincts).

La part recyclable dépend des scénarios de traitement envisagés et des niveaux de tri et/ou de décontamination réalisés sur les parties primaires du GV :

Scénarios envisagés	Estimation de la part valorisée (% massique)
Valorisation de la partie supérieure du GV uniquement	30%
Valorisation de toute la partie secondaire du GV	55%
Valorisation de la partie secondaire + partie primaire hors faisceau tubulaire	80%
Valorisation de tout le GV	100%

Figure 13 : part valorisée en fonction des scénarios de traitement retenus

Le retour d'expérience du traitement des GV Suédois de Ringhals (équivalent aux GV français équipant les tranches 900 MWe) au sein de la filière développée par Studsvik fait état d'un taux de recyclage de l'ordre de 80 à 85%.



Figure 14 : Traitement d'un GV dans l'installation de Studsvik en Suède

Appliqué aux GV du parc REP, ce taux conduirait à produire environ 50 000 tonnes de lingots valorisables à partir des GV usés et jusqu'à 100 000 tonnes en considérant également les GV de démantèlement. Cette quantité est donc cohérente avec les besoins estimés en conteneurs blindés (entre 80 000 et 140 000 tonnes). Néanmoins, dans la perspective d'utiliser l'installation de traitement de GV pour traiter également d'autres déchets métalliques (ce qui serait susceptible de favoriser sa rentabilité), les débouchés identifiés sont aujourd'hui insuffisants.

Le choix de centraliser le traitement implique de pouvoir transporter les GV en l'état (ou éventuellement après un pré-traitement sommaire). Compte-tenu de leurs gabarits et de leurs caractéristiques radiologiques (après entreposage de décroissance), le transport des GV usés s'inscrit aujourd'hui dans un processus dérogatoire (demande d'arrangement spécial) peu compatible avec une démarche industrielle. Un travail réglementaire est donc nécessaire pour permettre un transport standardisé.

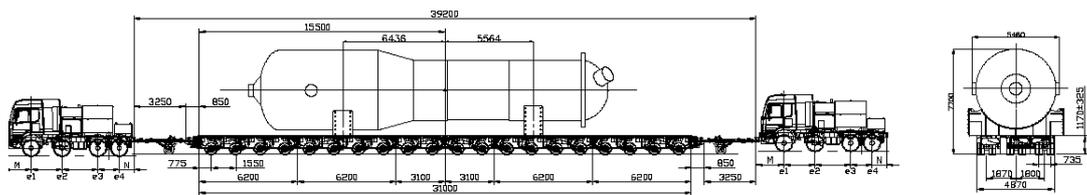


Figure 15 : Convoi routier de GV 1300 MWe monobloc

Des études sont actuellement en cours dans le but d'établir l'ensemble des éléments technico-économiques nécessaires à la décision d'engagement dans une filière de valorisation des GV. La réalisation d'un essai grandeur réelle dans l'installation de traitement de GV existante en Suède pourrait constituer une première étape permettant de valider la faisabilité et les contraintes associées à une telle filière.

4.2.2. Traitement et recyclage des diffuseurs de GB1

La filière de recyclage des métaux de GB1 comprend 5 étapes, dont les 4 premières s'effectuent sur le site de l'installation nucléaire de base.

La première est une opération de décontamination des circuits, la seconde de construction d'ateliers et dépose des diffuseurs, la troisième est la préparation des charges avec séparation des parties non métalliques, la quatrième est une fusion décontaminante permettant d'obtenir des lingots décontaminés, et la dernière est une seconde fusion dans le secteur métallurgique qui correspond à la levée du statut de déchet.

Les différentes étapes sont développées ci-dessous.

4.2.2.1. Opération préalable : Décontamination par rinçage gazeux

En fonctionnement, la cascade de diffuseurs de l'usine GB1 contenait jusqu'à 3 000 tonnes d'UF6.

Après arrêt de l'usine et vidange de son contenu gazeux, la quantité d'uranium résiduel dans les équipements est estimée à environ 300 tonnes.

Un programme de récupération de cet uranium résiduel est donc actuellement mis en œuvre avant les opérations de démantèlement.

Ce programme, baptisé PRISME (Projet de Rinçage Intensif Suivi de la Mise sous air des équipements d'Eurodif), consiste en un rinçage gazeux des installations pour permettre la régénération, par du tri fluorure de chlore – ClF₃, de l'uranium piégé dans les équipements procédé au cours de la période d'exploitation.

Cet uranium est récupéré pour être réutilisé dans le cycle du combustible.

Le programme PRISME doit se poursuivre jusqu'en début 2016.

D'une manière générale, les matériaux métalliques n'ont pas été activés radiologiquement et ne présentent à l'issue de ce traitement qu'une contamination surfacique de faible niveau. Il y a peu de pénétration de l'uranium dans l'acier. Les investigations réalisées permettent d'estimer la quantité d'uranium résiduel dans ces ferrailles à environ 6 tonnes. À l'échelle du lot, cette quantité est considérée comme très faible puisque l'activité radiologique moyenne est inférieure à 2 Bq/g.

4.2.2.2. Démantèlement de la cascade de diffusion

Les différentes étapes du démantèlement, commençant par l'aménagement et la construction des ateliers nécessaires à cette opération et se terminant par un compactage, sont présentées en annexe.

4.2.2.3. Fusion décontaminante sur site

4.2.2.3.1. Généralités

À l'issue de ces opérations, AREVA envisage de recourir à une fusion décontaminante en vue d'une valorisation.

Pour les matériaux métalliques issus du démantèlement de GB1, cette filière se justifie par l'économie de ressource de stockage et par l'homogénéité et la qualité des nuances d'aciers à valoriser.

Le caractère décontaminant du procédé de fusion pour les ferrailles contaminées est bien connu. Il est considéré comme particulièrement adapté et efficace pour les matériaux métalliques issus du démantèlement de GB1 qui ne sont pas activés et dont l'uranium sera piégé et concentré dans le **laitier** en laissant un lingot de métal recyclable décontaminé.

Les installations opérationnelles actuelles réalisant la fusion de déchets métalliques contaminés, ainsi que les données disponibles sur des études de caractérisation, indiquent que dans le cas de l'uranium l'activité massique résiduelle des lingots est inférieure à 1 Bq/g en uranium total.



Le laitier

Ensemble des matières qui se forment à la surface des métaux en fusion et qui rassemblent les impuretés.

La fusion d'acier génère environ 6% en masse de laitier.

Des essais de performance réalisés sur des ferrailles contaminées d'EURODIF confirment ces observations et indiquent que les déchets induits par ce procédé relèveraient de la filière de stockage TFA. L'économie globale en volume de stockage est évaluée à environ 115 000 m³.

Une telle installation de fusion devrait être localisée sur le site au plus près de la production de déchets, pour éviter tout transport sur route.

4.2.2.3.2. Statut des matières, zonage, lignes de défense

Les ferrailles d'EURODIF potentiellement recyclables sont issues d'équipements mettant en œuvre le procédé et véhiculant l'uranium, ainsi que des composants métalliques issus des zones à déchets nucléaires produisant des déchets contaminés ou susceptibles de l'être.

Chaque bain de fusion pourrait faire l'objet d'une prise d'échantillon sur le métal liquide avant coulée, garantissant d'une bonne homogénéisation et d'une excellente détermination de la présence ou non de radioéléments dans le métal après décontamination.

Ainsi les ferrailles d'origine feraient l'objet d'un passage systématique par un processus éprouvé de décontamination. Les lingots résultant de la mise en œuvre du procédé de fusion seraient seuls autorisés en recyclage en filière conventionnelle, à l'issue du contrôle d'analyse, confirmant leur propreté radiologique, sur chaque coulée.

4.2.2.3.3. Approche méthodologique

Plusieurs études ont été réalisées par EURODIF afin d'identifier les opportunités et les risques de la mise en œuvre d'un procédé de fusion en vue d'un recyclage des déchets métalliques.

Toutes les installations industrielles pratiquant la fusion en vue d'un recyclage des déchets métalliques disposent de nombreuses données amont sur des essais réalisés en laboratoire ou à l'échelle pilote, avec de nombreuses déclinaisons de procédé.

Le retour d'expérience mondial connu sur les 5 à 6 installations de fusion de ferrailles contaminées est de 80 à 100 000 tonnes cumulées depuis une vingtaine d'années.

En règle générale les matières issues de la fusion sont réutilisées et recyclées hors de l'industrie nucléaire, selon la réglementation en vigueur dans les pays ayant mis en œuvre la fusion.

Les deux grandes familles d'origine des ferrailles contaminées sont « l'amont cycle de l'uranium », et « les réacteurs ». Le Rex concerne majoritairement des métalliques provenant de la filière « réacteurs » et plus modestement ceux provenant de la filière « amont du cycle ».

Les valeurs radiologiques d'acceptation en installations de fusion pour décontamination sont de l'ordre de celles qui sont attendues pour les ferrailles provenant du démantèlement d'EURODIF, avec une valeur moyenne comprise entre 1 et 5 Bq/g pour les radioéléments α .

Plusieurs techniques et technologies sont mises en œuvre pour décontaminer les ferrailles :

- ✓ Technologie de four : emploi de fours à induction, davantage développé au vu de sa relative simplicité de mise en œuvre, et de fours à arc. Le choix entre ces technologies peut dépendre des besoins en traitement métallurgique complémentaire pour obtenir une nuance métallurgique désirée (brassage du métal liquide, apport et/ou extraction d'éléments tels que le phosphore, le manganèse, etc.). L'utilisation successive de plusieurs fours est parfois observée pour améliorer l'efficacité de la fusion décontaminante.
- ✓ Utilisation d'additifs pour amplifier le phénomène d'extraction des éléments radioactifs dans les laitiers. Parfois plusieurs laitiers successifs sont réalisés pour augmenter la performance de décontamination.
- ✓ Mise en œuvre de techniques de refusions, de mélanges avec d'autres ferrailles, pour obtenir ou s'approcher de la qualité requise du métal et garantir amplement le niveau d'activité résiduelle des lingots.

Ces aspects sont aujourd'hui bien maîtrisés par les industriels spécialistes de la fusion de déchets métalliques contaminés.

De nombreuses études d'impact des installations de fusion primaire / décontaminante sont disponibles dans la littérature. Elles convergent vers les ordres de grandeur d'impacts suivants :

- ✓ Pour les opérateurs intervenant sur les phases « laitiers », les doses sont de plusieurs dizaines de $\mu\text{Sv}/\text{an}$, sans atteindre le seuil imposant des contrôles de radioprotection des travailleurs de 1 mSv/an,
- ✓ Les postes de travail les plus exposés (de l'ordre de 1 mSv/an) concernent des laitiers primaires (ou de première fusion), lesquels sont destinés au stockage TFA de déchets radioactifs,
- ✓ Les doses publiques sont toujours très inférieures au seuil de 10 $\mu\text{Sv}/\text{an}$, et les doses des « travailleurs » de l'installation traitant du métal sont généralement du même ordre.

4.2.2.4. Seconde fusion pour façonnage en installation hors site des lingots décontaminés

Concernant la valorisation des aciers décontaminés, compte tenu des flux en jeu, une consultation d'études menée par AREVA est en cours pour consolider l'analyse technico économique de faisabilité industrielle de l'ensemble de la filière incluant la possibilité d'un façonnage des aciers décontaminés par des sidérurgistes. L'application du décret 2012-602 du 30 avril 2012 devra accompagner ce processus pour sortir les lingots du statut de déchets et permettre leur réemploi comme matière première dans l'industrie de la fonderie.

5. PLAN D' ACTIONS

Le plan d'action des producteurs consiste à :

1. Poursuivre et concrétiser les études sur les solutions industrielles envisagées pour les deux lots homogènes (GBI et GV) et développer les synergies et mutualisation possibles

AREVA et EDF poursuivent actuellement leurs études respectives sur ces projets et envisagent dans ce cadre d'investiguer de manière plus précise l'intérêt de mutualiser tout ou partie des installations, en tenant compte des contraintes propres à chacun des projets (flux à traiter, spectre radiologique, gabarit, localisation / accessibilité, ...). Compte-tenu des chroniques de traitement envisagées à ce stade, la mise en commun de moyens industriels de traitement est en effet susceptible de favoriser la rentabilité économique du traitement.

Dans le cadre du traitement des GV, les opérations de préparation envisagées (transport, décontamination éventuelle et segmentation du GV) sont susceptibles de générer des flux de matériaux à recycler relativement modestes par rapport aux capacités industrielles habituelles des fours de fusion. Par ailleurs, l'utilisation de fours de plus grandes capacités peut permettre de limiter les opérations de segmentation (qui peuvent être lourdes pour des composants métalliques de fortes épaisseurs).

En conséquence, le traitement d'autres matériaux métalliques des différents propriétaires, en complément de l'inventaire initial, peut favoriser le développement d'une filière de recyclage, dans la limite néanmoins de la compatibilité des matériaux à recycler (natures physique et radiologique) et des quantités de produits de valorisation identifiées.

2. Caractériser l'ensemble des débouchés possibles de valorisation selon la réglementation en vigueur

Ceci concerne notamment l'acceptabilité en stockage des conteneurs FMA à base de métal recyclé (caissons blindés, conteneurs en fonte).

3. Mettre en évidence l'intérêt d'évolutions réglementaires auprès de pouvoirs publics et des parties prenantes pour développer des filières de valorisation notamment pour l'ensemble des lots divers, majoritaires en volume, pour lesquels ne sont pas à ce stade identifiées de solutions industrielles.

Le chapitre suivant détaille une approche alternative qui permet de développer les débouchés pour les trois gisements identifiés.

6. ETUDE D'UNE APPROCHE PROPORTIONNEE AUX ENJEUX SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTAUX

6.1. PRINCIPE

La stratégie actuelle requise par la réglementation, et mise en place par les exploitants nucléaires, s'appuie sur la connaissance des procédés et de l'historique (fonctionnement, d'exploitation, de maintenance, de contrôles radiologiques,..) des installations, qui permet d'établir avec un niveau de confiance élevé un zonage différenciant les zones susceptibles de contenir des radionucléides (« Zones à Production Possible de Déchets Nucléaire » : ZPPDN) de celles n'en contenant pas : on parle de « zonage déchets ».

Cette approche permet ainsi de distinguer des zones sans radioactivité ajoutée et des zones susceptibles d'être radioactives.

En complément du « zonage déchet », il est possible d'envisager une approche plus graduée faisant intervenir des catégories de matériaux recyclables et des modes de gestion associés.

Ces zones peuvent générer plusieurs types de déchets et matériaux, qu'il convient d'explicitier, en s'appuyant par exemple sur la directive européenne 13-59. La figure ci-dessous précise les quatre catégories de matériaux susceptibles d'être recyclés, avec ou sans traitement préalable.

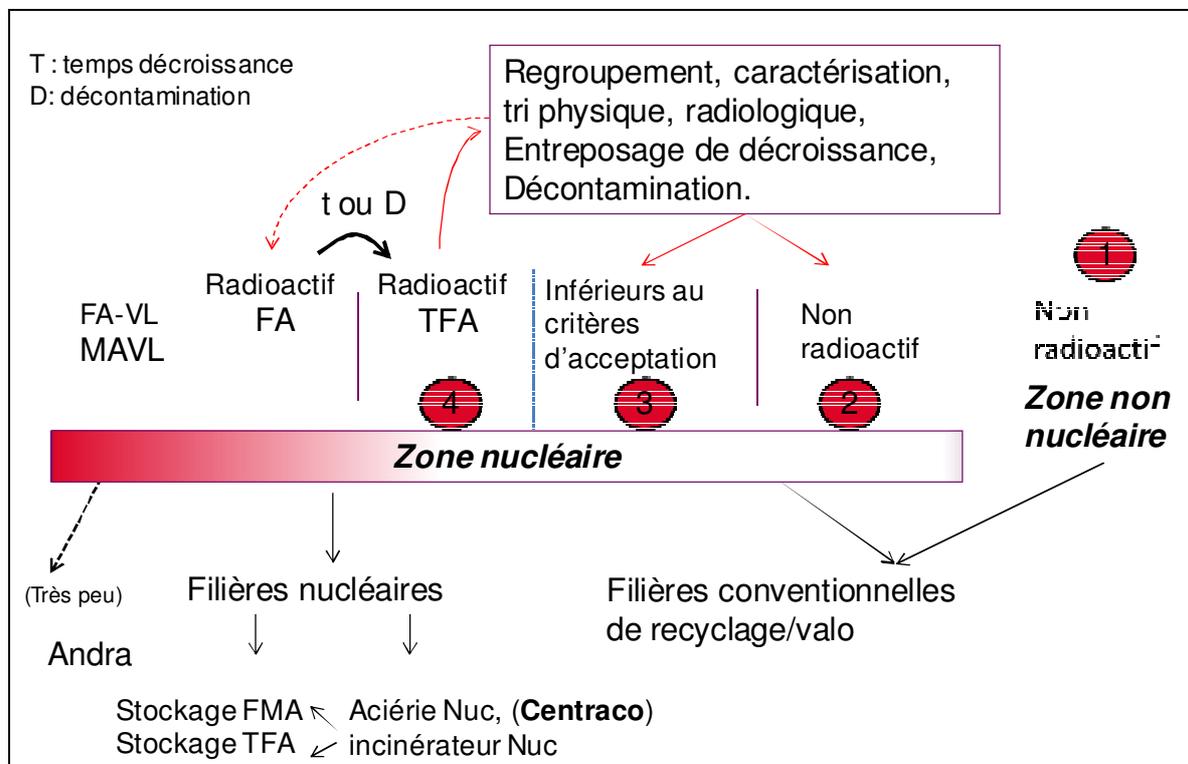


Figure 16 : Niveaux de radioactivité des déchets d'une installation nucléaire

- 1 - Matériaux issus de zone sans radioactivité ajoutée
- 2 - Matériaux non-radioactifs issus de ZPPDN
- 3 - Matériaux d'activité non significative issus de ZPPDN
- 4 - Matériaux de très faible activité issus de ZPPDN

1- **Matériaux issus de zone sans radioactivité ajoutée :**

Ce niveau concerne des produits qui n'ont pas été en contact avec des substances radioactives ou pu être soumis à des rayonnements générant de l'activation.

Compte-tenu de l'existence du zonage, la propreté radiologique de ces matériaux est confirmée en exploitation au niveau de seuils d'activité massique définis par radionucléide. Ces seuils sont aujourd'hui issus de la directive 96-29 et seront actualisés au regard du tableau B de la directive européenne 2013/59 ; aucune disposition de radioprotection n'est requise.

2- **Matériaux non-radioactifs issus de zones à production possible de déchets susceptibles d'être radioactive (zone ZPPDN) :**

Ces matériaux sont directement issus des ZPPDN des INB ou ont transité par des installations de traitement mettant en œuvre des moyens de tri ou de décontamination. Ils sont sans aucun danger radiologique au sens des codes de la santé, du travail et de la réglementation des transports.

La gestion de ces matériaux ne relève pas de la réglementation de Radioprotection au sens de la directive Européenne Euratom 2013/59 pour des activités inférieures aux valeurs d'activité massique de son tableau A. Ils ne nécessitent donc pas ultérieurement de mesures de radioprotection, quels qu'en soient l'usage et la quantité.

Les niveaux suivants (3 et 4) font en revanche apparaître une très faible radioactivité massique qui implique une gestion adaptée, dans des filières agréées.

3- **Matériaux d'activité non significative**

Il s'agit de matériaux dont la radioactivité respecte les critères d'acceptation d'installations ICPE radioactive de traitement de déchets. Au titre de la nomenclature des INB, ces installations ne devraient pas relever d'un régime INB.

Les critères d'acceptation de matériaux dans les différentes installations industrielles de traitement et de recyclage seront nécessairement définis en distinguant les statuts des installations concernées. Entre autres, dans le cas des ICPE, leur classement dans une rubrique à créer dans la nomenclature pourrait par exemple se fonder sur un calcul d'activité totale ne tenant compte que des matériaux d'activités massiques supérieures à celles retenues pour l'exemption en droit français, après transcription de la directive « normes de base en radioprotection » (2013/59).

Les précisions et/ou évolutions réglementaires attendues comme modalité favorable au développement de telles filières, concernent soit le statut des matières, soit le statut des installations, soit les deux comme proposé ci-dessus.

On considère ici sur la base des différentes études internationales et nationales que les nouvelles installations ainsi autorisées pourraient disposer de critères d'acceptation correspondant aux valeurs d'activité massique à des fins d'exemption précisées en première colonne du tableau B de la directive 2013/59, voire supérieurs en fonction de l'impact radiologique sur le personnel de l'installation réceptrice de ces flux de métaux (installation de fusion par exemple) : La notion de quantité modérée est à apprécier selon le ratio entre le flux de matériaux issus du démantèlement et les flux industriels standards de l'installation réceptrice. Par ailleurs, la directive européenne précise dans son article 39, que des valeurs « spécifiques, ainsi que les recommandations communautaires correspondantes, restent des outils importants pour la gestion de gros volumes de matières résultant du démantèlement d'installations autorisées. »

Le traitement dans ces installations permet de garantir l'absence de danger radiologique, quels que soient l'usage ultérieur et la quantité de matériaux métalliques. Ceci est atteint notamment par l'effet d'homogénéisation des procédés industriels (fusion pour les métaux ferreux) ainsi que par décontamination du métal lors de la fusion par exemple (concentration de la radioactivité dans les scories ou les laitiers, soutirés ou écrémés, puis éliminés en filières dédiées).

4- **Matériaux de très faible activité**

Ces matériaux présentent une radioactivité supérieure aux critères spécifiques retenus au niveau 3 précédent.

Différentes possibilités de gestion existent :

a) **Gestion en stockage :**

Le stockage reste une option à considérer, soit en Installations de Stockage (ICPE nucléaire autorisée) soit éventuellement in situ dans un centre de l'exploitant (notamment pour le fer à béton géré avec ses gravats). L'acceptation des déchets en stockage se conçoit sur la base du calcul d'impact dont le résultat doit rester aussi bas que raisonnablement possible en deçà de la dose public de 1 mSv.an^{-1} pour l'agent le plus exposé de l'installation, à l'identique de la démarche d'acceptation des déchets à radioactivité naturelle renforcée dans les ISDD chimiques actuelles¹ ou le centre CIREs de l'ANDRA.

b) **Gestion optimisée :**

Une optimisation significative pourrait résulter de la définition de règles génériques pour une gestion conditionnelle des produits en filière nucléaire. La réutilisation de matériaux dans des zones à production possible de déchets radioactifs d'installations nucléaires fait partie de moyens de gestion optimisée.

c) **Décontamination :**

Pour l'ensemble des métaux, une autre option pourrait s'appuyer sur l'existence d'installations de décontamination qui pourraient par exemple résulter d'initiatives d'exploitants ou d'industriels.

La décontamination par entreposages de décroissance sur quelques dizaines d'années pour des métaux contenant des radionucléides à périodes courtes peut être considérée.

La décontamination ouvrirait la porte à la gestion des métaux via les solutions envisagées précédemment aux niveaux 2 et 3, dans des installations aval de recyclage exemptées, déclarées ou autorisées.

Au-delà des catégories précitées et des modes de gestion envisagés ci-dessus, les déchets présentant des niveaux de radioactivité supérieurs rejoignent *a minima* les filières de Faible et Moyenne Activité (niveau 5).

6.2. ENJEUX DE LA DEMARCHE ET BENEFICES ATTENDUS

De manière générale, une approche proportionnée aux enjeux sanitaires et environnementaux est susceptible :

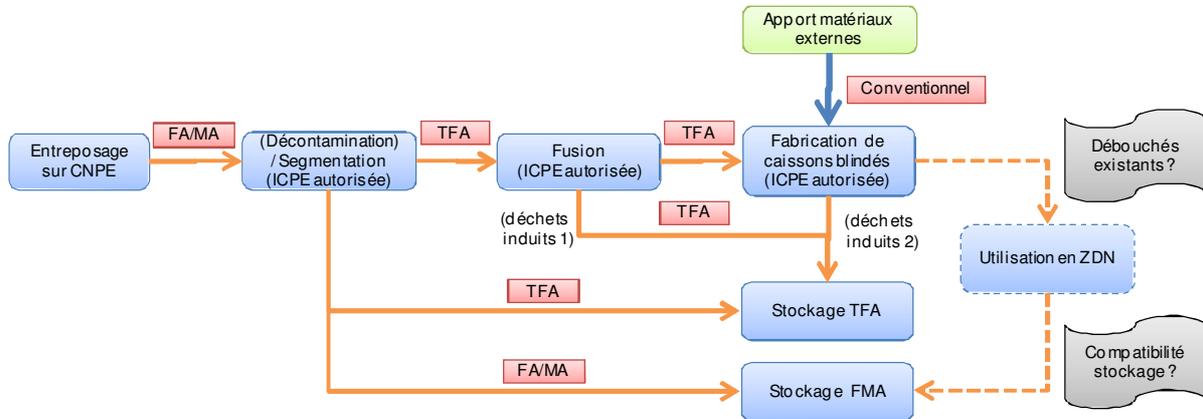
- ✓ De favoriser, à travers le recyclage, la mise en place d'un système d'économie circulaire requis par ailleurs par le projet de loi de transition énergétique et la hiérarchisation des modes de traitement
- ✓ De limiter ainsi la quantité de déchets stockés au CIREs
- ✓ D'élargir le champ des débouchés pour le métal recyclé
- ✓ De faciliter les conditions de mise en œuvre des solutions de recyclage et d'en favoriser l'équilibre économique
- ✓ D'assurer une cohérence :
 - avec les autres matériaux analogues provenant des autres pays de l'union européenne, et gérés conformément aux directives européennes en vigueur (cf § 2.2.1), dans un contexte de libre échange des biens et des marchandises par ailleurs existant au sein de la communauté européenne,
 - avec l'état final recherché dans le cadre du déclassement des installations nucléaires (après assainissement des structures).
- ✓ De sécuriser le coût et la durée des programmes d'assainissement démantèlement en favorisant l'industrialisation des projets de démantèlement qui pourraient par exemple envisager de transférer de manière plus systématique, car économiquement plus viable, la gestion et le traitement des matériaux métalliques vers des installations spécialisées existantes (gestion de type « RIP & Ship »), ce qui dans certains cas permet de travailler dans de meilleures conditions de sécurité/sûreté et de mettre en œuvre des procédés de décontamination à grande échelle.

¹ Circulaire du 25/07/06 relative aux installations classées - Acceptation de déchets à radioactivité naturelle renforcée ou concentrée dans les centres de stockage de déchets : « *L'étude d'acceptabilité évalue notamment le caractère négligeable ou pas de l'impact radiologique du déchet lors de son élimination. Le critère qui doit être considéré dans ce cadre est la valeur de 1 mSv par an en valeur ajoutée au rayonnement naturel pour le groupe de population le plus exposé au risque radiologique. Compte tenu de la situation particulière envisagée (réception et stockage de déchets) et des voies de transfert correspondantes, le groupe concerné sera en général le personnel du centre de stockage.* »

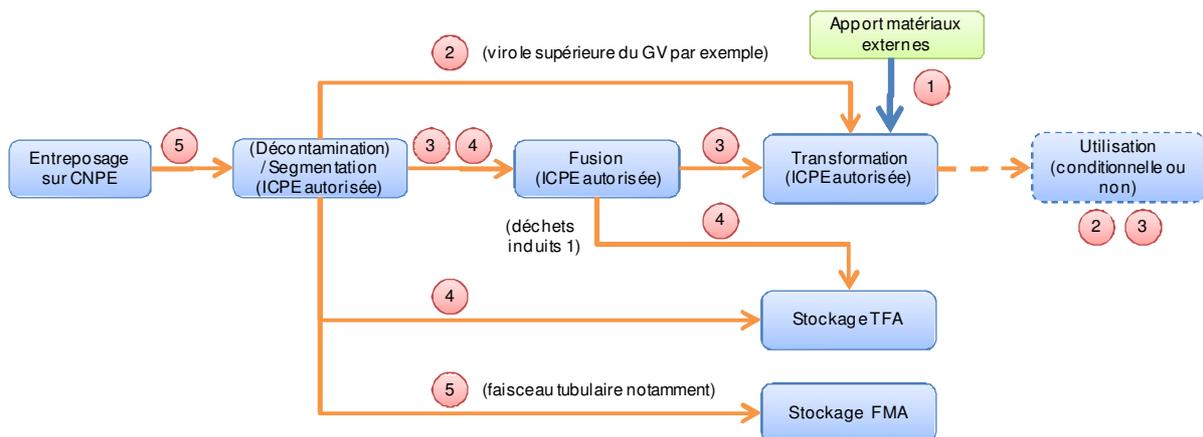
6.3. DECLINAISON SUR LES PROJETS

6.3.1. GV du parc REP

Le contexte réglementaire actuel conduit EDF à chercher des solutions de recyclage sous forme de produits finis utilisables en zone à déchets nucléaires. Le schéma actuellement étudié dans le cadre de la gestion des générateurs de vapeur d'EDF est le suivant :



Selon une approche proportionnée aux enjeux sanitaires et environnementaux, le nouveau schéma de gestion décrit ci-dessous pourrait être envisagé :

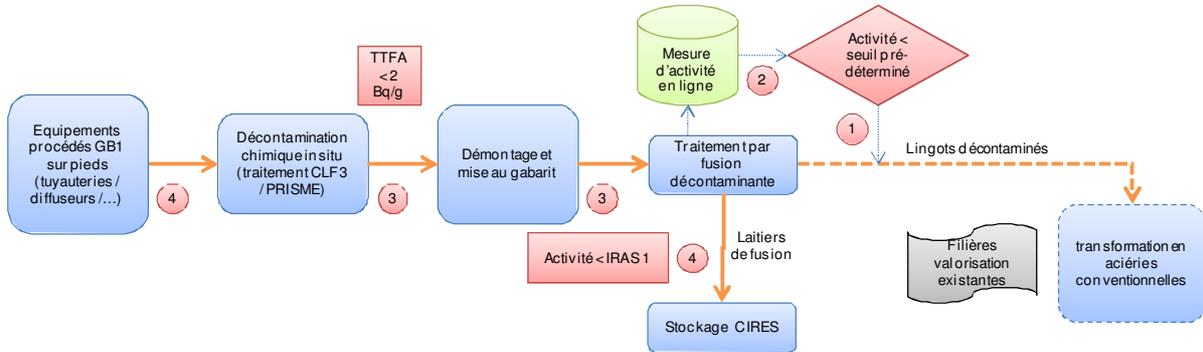


Une approche proportionnée permettrait ainsi :

- ✓ De supprimer les risques liés à l'utilisation de conteneurs blindés à base de fonte recyclée (acceptabilité en stockage notamment) ;
- ✓ D'augmenter la rentabilité de la filière en :
 - Elargissant le nombre, la nature et le champ d'utilisation des produits finis et laissant ainsi la possibilité d'étendre le flux à traiter à d'autres matériaux métalliques,
 - Donnant la possibilité d'utiliser des installations existantes (hors industrie nucléaire) ayant par ailleurs pour conséquence d'une part de limiter les déchets de démantèlement et d'autre part de donner accès à des procédés de transformation permettant d'élargir la gamme de produits finis réalisables ;
- ✓ De limiter les déchets à gérer au sein de la filière nucléaire (et notamment les matériaux induits par la mise en œuvre des procédés de fabrication des produits finis dans le cas où la transformation des matériaux métalliques serait réalisée dans une installation non nucléaire) ;
- ✓ De simplifier les modes de gestion pour certaines parties du GV dont l'historique et la géométrie le permettent ;
- ✓ De réserver le recyclage sous forme de conteneurs destinés au stockage FMA-VC à des matériaux plus actifs (niveau 4 ou plus).

6.3.2. Diffuseurs de GB1

Le schéma ci-dessous présente l'ensemble des opérations à réaliser, la séparation progressive des supports et de l'uranium, de l'installation en place jusqu'à la seconde refonte de façonnage dans le cadre d'une démarche optimale.

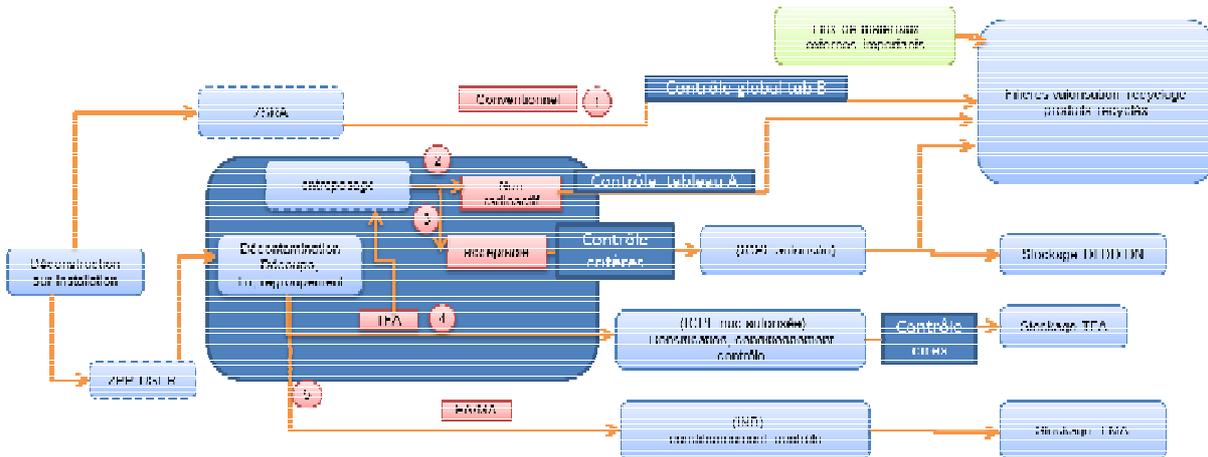
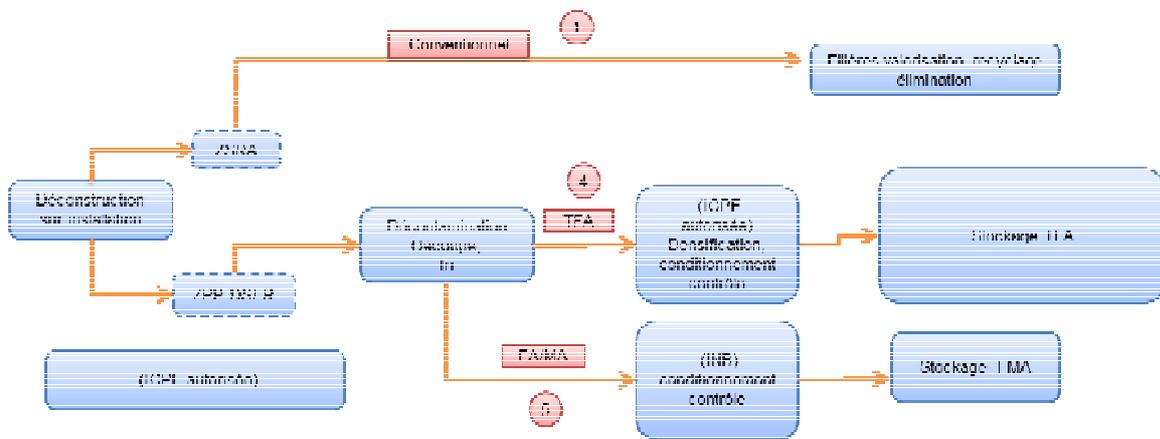


Il n'est pas présenté de schéma relatif aux possibilités actuelles. L'opération de fusion décontaminante serait simplement remplacée par une opération de compaction mécanique puis l'ensemble envoyé au stockage CIRES de l'ANDRA.

6.3.3. Lots de matériaux métalliques divers

Ce gisement existe chez les trois exploitants nucléaires, le CEA étant actuellement le plus concerné, car le plus engagé dans le démantèlement de ses anciennes installations.

Dans le cadre d'une approche proportionnée aux enjeux sanitaires et environnementaux, l'objectif pourrait être de constituer des filières composées d'une installation nucléaire autorisée de tri, préparation, contrôle, associée à un parc de regroupement et d'entreposage et d'installations pour valorisation recyclage à terme de déchets non radioactifs. Dans le premier schéma, correspondant à la situation actuelle, de l'ordre de 10% des déchets sont issus de zone sans radioactivité ajoutée et dans quelques machines de physique (accélérateurs, ...) générant très peu de radioactivité jusqu'à 50% (cf. rapport 2012). Le passage à une gestion proportionnée permet de monter à des proportions dépassant 90% en installations non nucléaire, lesquelles garantissent par ailleurs, compte tenu des flux en jeu des expositions jusqu'à 10 000 fois inférieures à la limite pour le public, elle-même se situant plus d'un facteur 100 en dessous des premiers effets cellulaires observables. Notons que dans les installations de recyclage, les flux sortant de sous-produits ne conduisent pas à la génération de déchets radioactifs, en raison des masses comparativement importantes générées par les autres déchets industriels ou minerais.



Centre de REgroupement, de Caractérisation, de Tri par activité et nature, d'ENTreposage de décroissance et de Décontamination à but de Recyclage et élimination des matériaux issus du démantèlement (CRECTENDRE) pour les installations CEA (en bleu foncé).

Objet : L'objectif est de proposer la mise en œuvre d'installations de tri et d'entreposage de matériaux actuellement classés déchets TFA administratif, issus du démantèlement des installations, en vue de la valorisation ultérieure de ces matériaux dans une filière appropriée, dès lors qu'elle sera autorisée.

Motivations :

- ✓ Étendre un principe déjà en vigueur de préparation de lots de déchets, et exploiter le retour d'expérience des centres disposant de telles installations de regroupement et d'entreposage des TFA, en attente d'expédition au CIREs ;
- ✓ Constituer des lots de matériaux triés par nature physico-chimique et répondant aux critères techniques d'acceptation des installations aval de valorisation et recyclage de matériaux ou de stockage de déchets : Ces lots sont préparés pour différents types de métaux ferreux, différents métaux non ferreux, des gravats inertes calibrés ou non, des mélanges connus (gravats et ferrailles de démolition de bétons armés) ;
- ✓ Traiter par décroissance, et pour certains lots, par décontamination mécanique ou chimique ;
- ✓ Réserver le CIREs aux déchets TFA ultimes de faible valeur et ainsi protéger la ressource du stockage.

Hypothèses et choix de dimensionnement :

Le premier objectif est de préparer des lots homogènes de matériaux recevables dans des installations européennes de recyclage ou stockage, au sens de la directive européenne 13-59 sur les normes de base de la radioprotection.

Le second objectif du tri doit être de n'expédier que des déchets TFA réellement radioactifs et de faible valeur vers la filière Andra au CIREs dès lors que des filières alternatives seront ouvertes.

Pour le dimensionnement des installations à l'étude, l'entreposage pourrait être envisagé pour une durée de plusieurs décennies. Les entrepôts sont adaptés à la nature physique des matériaux entreposés : à titre d'exemples, les gravats peuvent être en tas sur une surface drainée, les métaux sont à l'abri des intempéries, soit sous des bâti-bulles soit dans des bâtiments existants.

Statut réglementaire : Le cadre réglementaire envisagé pourrait être celui d'une ICPE pour les fonctions de décontamination, de tri et de caractérisation. Les entrepôts seront eux des installations de droit commun car ne présentant aucune nuisance.

Le CEA pourra envisager l'utilisation de moyens des autres exploitants nucléaires de type ICPE autorisée pour des déchets présentant un niveau de radioactivité suffisant et destinés à suivre des voies soumises à condition, car le CEA n'envisage pas de développer ses propres moyens lourds de recyclage (fusion, etc.).

6.4. RESUME

On constate sur ces trois exemples, des possibilités d'évolution ayant un impact direct sur le remplissage de la ressource en stockage.

De telles évolutions sont susceptibles de favoriser les conditions de mise en œuvre de filières de recyclage et notamment leur rentabilité.

Cette approche qui s'inscrit dans l'extension des principes en vigueur pour les déchets industriels et dangereux aux déchets susceptibles d'être radioactifs permettrait :

- Une harmonisation au niveau européen pour la circulation de produits par ailleurs très internationalisés,
- De favoriser la valorisation de certains matériaux non ferreux et semi-précieux présents en petites quantités, en s'appuyant probablement davantage sur des installations existantes.

Cette approche aurait aussi des conséquences sur l'amont de la filière en démantèlement, en particulier sur les méthodes de travail sur les chantiers.

7. LES CONDITIONS DE LA REUSSITE

7.1. UN RECYCLAGE ASSOCIE AU CONTROLE DES MATERIAUX APRES DECONTAMINATION ET HOMOGENEISATION

Dans plusieurs pays, notamment en Europe, des filières de traitement de déchets susceptibles d'être radioactifs puis de valorisation des matériaux métalliques résultant du traitement ont été mises en place avec succès. Le retour de ces matériaux dans le flux industriel du recyclage nécessite un contrôle de la qualité des matériaux. Le déclassement des matériaux métalliques issus de zones nucléaires s'effectue dans le prolongement d'opérations de décontamination ou de tri des déchets qui permettent ensuite de valoriser le matériau dans le secteur industriel métallurgique. La France dispose également d'un savoir-faire et d'un outil industriel à travers l'installation Centraco qui permet de réaliser de telles opérations de décontamination et d'homogénéisation de déchets métalliques par fusion (préalablement à leur stockage pour la majeure partie ou en vue d'un recyclage sous forme de protections biologiques pour la filière nucléaire).

Au sein de la Communauté Européenne, ces différences de pratiques n'ont pas induit de difficultés particulières, ces matières n'étant pas considérées comme dangereuses quant à leur exportation ou à leur importation.

Des contrôles aux différentes étapes des filières permettent en effet de garantir la disparition puis l'inexistence de la dangerosité des métaux².

Les notions de tonnage et d'activité totale ne sont pas déterminantes aux très faibles niveaux d'activité massique indiqués dans la réglementation européenne, en raison de l'auto-absorption des rayonnements, voire de l'absorption des rayonnements naturels par le matériau (l'acier ne contient pas de radionucléides naturel et de ce fait réduit le rayonnement ambiant provenant des sols, bétons, plâtres et étoiles de l'environnement (2400 µSv/an en valeur moyenne en France)).

La gestion des hétérogénéités est un point important qui impacte directement les pratiques de tri et de contrôle. L'usage en démantèlement est de retirer les points facilement détectables et significativement plus élevés que la moyenne et de les gérer comme déchets dans des filières nucléaires. Il a été indiqué dans différents chapitres que les procédés industriels de fusion conduisaient obligatoirement à des réductions de la concentration du fait de l'homogénéisation et de la nécessité de mélange de nature ou d'origine pour obtenir la qualité requise du produit. Outre les garanties apportées en termes de contrôle, cette homogénéisation est par conséquent également satisfaisante en termes d'impact. Elle ne doit pas pour autant être considérée comme une pratique de dilution.

D'une manière plus générale, dès lors que les techniques de gestion ont un coût proportionné aux enjeux de radioprotection, la question de la dilution ne se pose pas car les difficultés techniques de mélange de matériaux solides sont rapidement plus contraignantes qu'un tri efficace et une bonne orientation dès l'origine.

7.2. LA PRISE EN COMPTE DES CONDITIONS SOCIETALES D'INTEGRATION DES FILIERES DE RECYCLAGE

Au-delà des frontières, l'utilisation dans le secteur conventionnel de matériaux après décontamination et après contrôle est présentée par les exploitants nucléaires et leurs autorités comme une bonne pratique d'économie circulaire et donc de développement durable.

La perception des dangers par les populations dépend de la confiance dans les acteurs des filières et de leur contrôle indépendant. L'acceptation des filières dépend des enjeux collectifs associés qu'ils soient environnementaux, sociaux ou économiques.

Par ailleurs, la valorisation des matériaux constitue un élément motivant dans la conduite du démantèlement d'autant plus qu'elle fournit également l'occasion d'accroître l'activité industrielle métallurgique régionale.

Le déclassement de métaux après contrôle dans les pays où il est pratiqué ne rencontre pas d'opposition des opinions publiques. Cette pratique est généralement accompagnée d'efforts d'information et d'éducation de la population.

Les exploitants nucléaires, favorables à l'émergence de solutions long terme, économiquement viables et respectueuses de la santé et de l'environnement qui préservent la rareté de la "ressource" stockage souhaitent étudier les conditions sociétales de l'intégration de ces nouvelles filières, en abordant cette question sans éluder toutes les considérations sociétales, éthiques, sanitaires et environnementales et économiques. Ils s'associent en ce sens à la démarche en cours au sein du Groupe de Travail du PNGMDR DGEC-ASN sur « la valorisation des substances radioactives de très faible activité issus des installations nucléaires de base ».

² Le contrôle en final des intrants en aciéries est un élément bénéfique et peut contribuer en particulier à récupérer des sources perdues industrielles ou médicales.

7.3. LA PRISE EN COMPTE DES REALITES INDUSTRIELLES

A l'instar de ce qui a été observé pour le recyclage des métaux pour l'industrie hors nucléaire, le recyclage des métaux est une activité industrielle qui se développe aujourd'hui dans plusieurs pays, dès lors qu'un cadre réglementaire proportionné aux enjeux est mis en place et permet d'assurer la rentabilité de l'activité.

Au Royaume-Uni, en Suède et en Allemagne, les exploitants contrôlent les matériaux en sortie de traitement et les comparent aux critères de déclasserement définis réglementairement (de façon spécifique ou générique) selon des modes opératoires validés par les autorités.

Les stratégies de gestion en Suède et au Royaume-Uni sont basées sur l'approche proportionnée. Le processus d'incitation se fonde sur la mise en place d'une politique de hiérarchisation des modes de gestion des déchets, sur la mise en place d'un tissu industriel répondant aux besoins de traitement et sur une planification des flux et inventaires des productions de matériaux recyclables.

Les politiques de gestion des matériaux et déchets radioactifs encouragent ainsi leur décontamination et caractérisation en vue de leur déclasserement après contrôle.

Les métaux constituent un capital et le recyclage est une ressource importante notamment si l'on ne dispose pas de ressources minérales naturelles. L'industrie nucléaire avec un inventaire immobilisé voisin du million de tonnes d'acier, dont une proportion importante de bonne qualité est, avec une constante de temps longue, un fournisseur de métal à recycler non négligeable. Ceci est également vrai pour des métaux non ferreux et métaux semi-précieux.

Pour le recyclage de métaux issus de « zones à production possible de déchets susceptibles d'être radioactifs », la France dispose d'un marché intérieur important, qui peut lui permettre d'agir également sur le marché européen et international.

Le fait que la réglementation française ne soit pas en concordance avec les réglementations des autres pays pénalise la compétitivité de notre industrie de recyclage. Une harmonisation paraît accessible dans la mesure où les règles de radioprotection sont établies depuis plus d'un demi-siècle dans le secteur nucléaire à l'échelle internationale en s'appuyant sur le CIRP et l'AIEA en utilisant des marges de protection importantes.

La mise en place ou l'utilisation de moyens pérennes de traitement, adaptés à la gestion des matériaux issus des installations nucléaires, devraient présenter un intérêt quels que soient les choix énergétiques des sociétés occidentales et la longévité des centrales,

Les matériaux issus de zones nucléaires peuvent suivre des filières spécifiques de traitement, recyclage et réutilisation selon des critères radiologiques d'acceptation propres aux différentes installations de la filière jusqu'à et y compris l'utilisation finale des produits et sous-produits, (gestion conditionnelle en filière totalement nucléaire). Ils peuvent également après traitement et contrôle de leur caractère non radioactif rejoindre une filière d'installations industrielles sans aucune contrainte de radioprotection (gestion inconditionnelle).

La gestion conditionnelle en filière totalement nucléaire ne peut concerner qu'une fraction du gisement.

Dans la constitution de filières, la question du respect des critères radiologiques est importante. L'existence d'étape d'homogénéisation ou de contrôle surfacique intégral à l'aide d'appareils de mesure industriels constitue un élément très positif dans la garantie qui peut être apportée. En pratique, les enjeux pour les matériaux de catégories 1 à 3 (tels que définies au §4.2.1) ne sont pas de nature sanitaire, et une approche graduée favorise l'affinage du tri et l'amélioration des techniques de contrôle.

8. CONCLUSION

Ce rapport répond aux prescriptions du décret n° 20 13-1304 du 27 décembre 2013 : « L'ANDRA, Areva, le CEA et EDF évaluent les modalités de réalisation d'une filière de valorisation des matériaux métalliques et remettent un rapport synthétisant les différents travaux réalisés, avant le 31 décembre 2014, aux ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire. ». Cette demande fait suite à une première demande formulée dans les décrets et arrêté du 23 avril 2012 relatifs au Plan national de gestion des Matières et Déchets Radioactifs (2010-2012).

En 2012, l'étude a dressé un bilan des métaux ferreux et non ferreux susceptibles d'être recyclés, le tonnage correspondant s'élevant entre 236 000 et 340 000 tonnes sur une période d'une trentaine d'années. Le rapport concluait qu'une fonderie dédiée semblait plus adaptée, mais que la faisabilité industrielle de sa mise en œuvre dans une filière de recyclage sous forme de conteneurs en fonte pour déchets de Faible et Moyenne Activité (FMA) n'était pas actuellement démontrée (équilibre économique non garanti et fragile) et que certaines conditions de développement restaient à instruire.

Trois années plus tard, le champ d'observation a été étendu au-delà de la période trentenaire de manière à fournir une prévision de l'inventaire à terminaison (2015-2069). Le présent rapport met en évidence les éléments suivants :

- ✓ L'inventaire des matériaux métalliques TFA s'élève, sur la période étudiée, à environ 900 000 tonnes (incluant les déchets métalliques du parc REP et les parties TFA des GV) ;
- ✓ Les débouchés actuellement étudiés en termes de valorisation représentent un potentiel de 80 000 à 140 000 tonnes sous forme de caissons blindés ;
- ✓ Les flux de matériaux susceptibles d'être radioactifs, sont en forte croissance en raison de l'accélération des chantiers de démantèlement et des marges prises du fait de la difficulté de prouver, sans références quantifiées, l'inexistence de toute trace de radioactivité dans des installations ayant été assainies après 60 ans de fonctionnement ;
- ✓ En cas d'élimination sous forme de déchets, la capacité de stockage existante correspondrait à environ un tiers des volumes de déchets TFA estimés à terminaison ;
- ✓ Le cadre réglementaire actuel incite à développer le recyclage et à utiliser au mieux les capacités de stockage des déchets radioactifs : il ne permet cependant pas d'assurer systématiquement la robustesse des filières de recyclage ;
- ✓ Des solutions industrielles de traitement / recyclage de métaux existent en France et en Europe et des projets sont à l'étude, notamment pour les grands gisements homogènes que constituent les générateurs de vapeur du parc EDF et les diffuseurs de GB1.

L'adoption d'une approche graduée a pour les trois exemples étudiés, un impact direct sur le remplissage de la ressource en stockage. Une telle évolution est susceptible de favoriser les conditions de mise en œuvre de filières de recyclage et notamment leur robustesse et leur viabilité économique.

Une approche qui s'inscrirait dans l'extension des principes en vigueur pour les déchets industriels et dangereux aux déchets susceptibles d'être radioactifs, permettrait également :

- ✓ Une harmonisation au niveau européen pour la circulation de produits par ailleurs très internationalisés.
- ✓ De favoriser aussi la valorisation de certains matériaux non ferreux et semi-précieux présents en petites quantités, en s'appuyant sur des installations existantes.

Le plan d'action élaboré par les producteurs consiste à :

1. Poursuivre et concrétiser les études sur les solutions industrielles envisagées principalement pour les deux lots homogènes (GB1 et GV) et développer les synergies et mutualisations possibles,
2. Caractériser l'ensemble des débouchés possibles de valorisation selon la réglementation en vigueur,
3. Mettre en évidence l'intérêt d'évolutions réglementaires auprès de pouvoirs publics et des parties prenantes pour développer des filières de valorisation, notamment pour l'ensemble des lots divers, majoritaires en volume, pour lesquels ne sont pas à ce stade identifiées de solutions industrielles

Les conditions identifiées de la réussite concernent :

- ✓ Le recyclage associé au contrôle des matériaux après décontamination et homogénéisation ;
- ✓ La prise en compte des conditions sociétales d'intégration des filières de recyclage ;
- ✓ La prise en compte des réalités industrielles

ANNEXE : Démantèlement des diffuseurs de GB1

1. Construction et aménagement des Ateliers de préparation du démantèlement

En application de l'objectif de réduction de volume des déchets radioactifs, au regard de l'article L.542-1-2 du Code de l'environnement, les équipements les plus volumineux subissent un traitement dans des unités spécifiques construites à cet effet.

Ces unités assurent les fonctions de DEConstruction des diffuseurs (DEC), Traitement des Barrières (TB), Mise Au Gabarit (MAG), Traitement et Conditionnement (TC).

2. Démantèlement de la cascade de diffusion

Dépose des étages de diffusion

De manière générale, les matériels sont déposés de la tête de groupe vers le fond de groupe, en commençant par les matériels conventionnels accessibles, puis par les matériels contaminés, les tuyauteries et enfin les étages de diffusion. La dépose est réalisée à l'aide de portiques roulants.

Les étages de diffusion sont dissociés en 3 parties : diffuseur et Pièce sous Diffuseur (PSD), échangeur, Pièce Support compresseur (PSK).

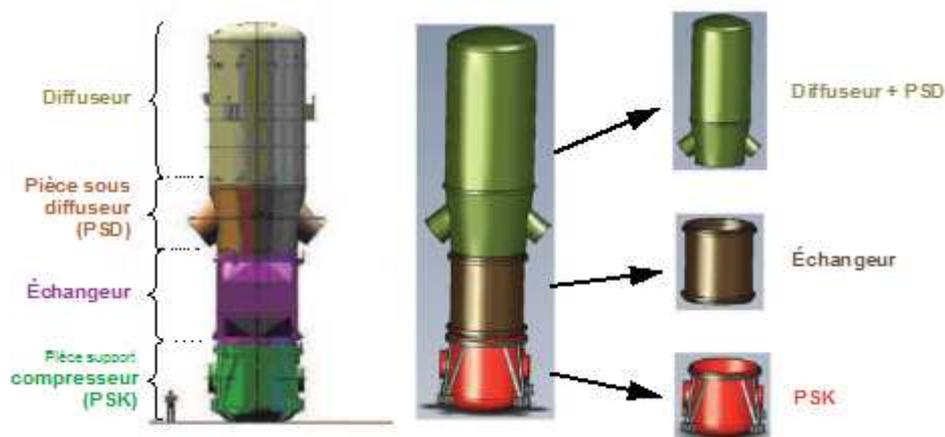


Figure 17 : Dépose des étages de diffusion en trois parties

3. Transfert des ensembles diffuseurs+PSD

Les diffuseurs+PSD sont déposés et manutentionnés verticalement dans les usines. Ils doivent être basculés en position horizontale avant leur traitement dans les unités dédiées.

Afin de réaliser cette opération, un poste de basculement adapté à la taille des diffuseurs déposés est aménagé dans chaque usine.

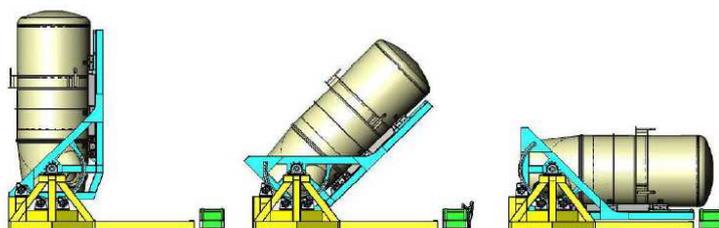


Figure 18 : Principe de basculement d'un diffuseur

4. Déconstruction des diffuseurs+PSD (dans l'unité DEC)

Les opérations de déconstruction des diffuseurs consistent à :

- ✓ découper la paroi du diffuseur ; les internes du diffuseur sont alors accessibles pour être extraits,
- ✓ extraire les barrières et autres éléments de l'intérieur du diffuseur : ces opérations sont réalisées par une pelle mécanique équipée de différents outils tels que godet broyeur, grappin de tri, cisaille, etc. Les changements d'outils sont réalisés à distance depuis la salle de conduite. Lors de leur retrait, les internes tombent au sol et traversent une grille et arrivent par gravitation dans l'unité de traitement des barrières (TB, voir page suivante),
- ✓ découper les éléments métalliques du diffuseur : après l'extraction des internes du diffuseur, la structure métallique du diffuseur est découpée en morceaux métalliques compatibles avec le gabarit de la presse-cisaille de l'unité TC. Cette mise au gabarit est réalisée par une cisaille hydraulique installée sur la pelle mécanique.

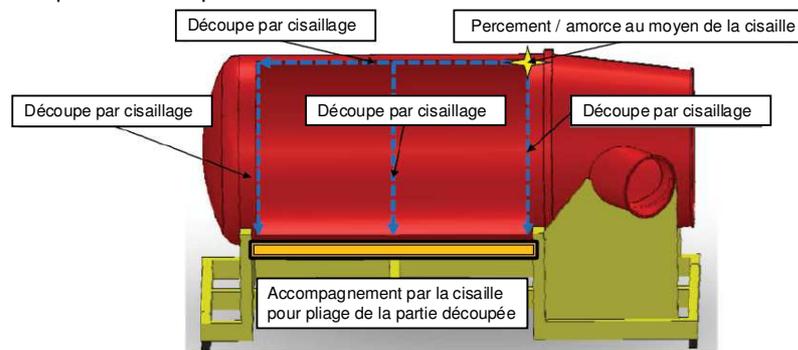


Figure 19 : DEC – Principe de découpe de la lucarne dans le diffuseur

Certaines parties des matériels à traiter sont trop massives pour être directement découpées à la cisaille hydraulique, en particulier les plaques tubulaires des diffuseurs et la PSD. Ces matériels subissent un affaiblissement de leur structure par un procédé de découpe à chaud (oxycoupage) ou à froid (cisailage). Cette opération est réalisée au contact par un opérateur installé sur une nacelle. Une fois les structures affaiblies, la découpe du diffuseur peut être réalisée.

Les matériels métalliques découpés sont regroupés dans des bacs convoyés vers la presse-cisaille de l'unité TC.

5. Tri séparation des matériaux non métalliques des barrières et caractérisation (dans l'unité TB)

Les morceaux de barrières, qui traversent la grille dans le local de déconstruction, aboutissent, mélangés à leurs embouts et à des petits éléments métalliques, dans une trémie d'alimentation.

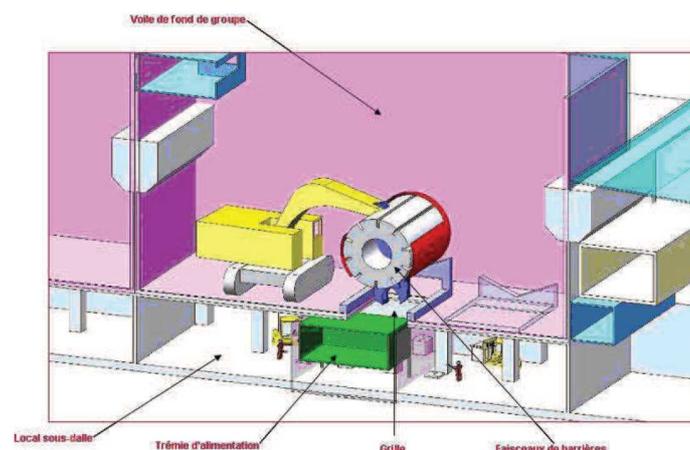


Figure 20 : Unité de traitement des barrières (vue en coupe)

Les barrières sont ensuite broyées puis conditionnées en Grand Récipient Vrac Souple (GRVS ou « Big Bag »). Les GRVS de barrières sont caractérisés (mesures à un poste dédié) puis transférés dans un entreposage dédié avant envoi au CIRES (CSTFA). L'expédition est réalisée dans un hall extérieur monté en inter-usines.

6. Mise au gabarit (dans l'unité MAG)

Certains équipements, comme les PSK, compresseurs, tuyauteries et vannes, ne sont pas directement compatibles avec le gabarit de la presse-cisaille de l'unité TC. Ils font l'objet d'une « mise au gabarit » réalisée par une cisaille hydraulique installée sur une pelle mécanique.

Les équipements le nécessitant font l'objet d'un affaiblissement de structure (préférentiellement par découpe à chaud). Les matériels métalliques découpés sont regroupés dans des bacs convoyés vers la presse-cisaille de l'unité TC.

7. Réduction de volume des matériels métalliques (dans l'unité TC)

L'unité TC assure l'opération de réduction de volume des matériels métalliques et leur conditionnement en déchets, par compactage et cisailage dans une presse cisaille.