

**Rapport du groupe de travail sur
la valorisation de matériaux de
très faible activité**

Sommaire

| | |
|--|------------------|
| 1. <u>Contexte</u> | <u>4</u> |
| <u>1.1 Le contexte réglementaire français conduit en phase de démantèlement des installations nucléaires à la production d'une quantité significative de déchets qualifiés de très faible activité, dont certains ne sont pas radioactifs au sens de l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement</u> | <u>4</u> |
| <u>1.2 Les exploitants nucléaires ont évalué à environ 900 000 tonnes la masse de matériaux métalliques TFA susceptibles d'entrer dans une filière de valorisation</u> | <u>6</u> |
| 2. <u>À partir des projets industriels français ainsi que du retour d'expérience français et européen, le groupe de travail s'est attaché à identifier les leviers et verrous associés à la mise en œuvre de la valorisation de matériaux TFA en France</u> | <u>6</u> |
| 3. <u>Retour d'expérience des filières de valorisation</u> | <u>8</u> |
| <u>3.1 Retour d'expérience des filières de valorisation en France</u> | <u>8</u> |
| <u>3.2 Retour d'expérience des filières de valorisation à l'étranger</u> | <u>10</u> |
| 4. <u>Les projets de valorisation en France</u> | <u>13</u> |
| <u>4.1 Valorisation de matériaux métalliques</u> | <u>14</u> |
| <u>4.2 Valorisation de gravats TFA</u> | <u>16</u> |
| 5. <u>Recommandations</u> | <u>15</u> |
| <u>5.1 Typologies des substances admissibles dans des filières de valorisation</u> | <u>15</u> |
| <u>5.2 Traitements permettant d'obtenir les caractéristiques requises</u> | <u>16</u> |
| <u>5.3 Contraintes sur les installations de la filière de valorisation</u> | <u>17</u> |
| <u>5.4 La traçabilité</u> | <u>18</u> |
| <u>5.5 Les débouchés</u> | <u>19</u> |
| <u>5.6 Optimisation des filières de gestion</u> | <u>20</u> |
| <u>5.7 Modalités d'information/participation des parties prenantes</u> | <u>20</u> |
| <u>5.8 Le cadre réglementaire</u> | <u>21</u> |
| 6. <u>Conclusion/perspectives</u> | <u>23</u> |

Recommandations et propositions du groupe de travail

Annexe 1 : filières de valorisation

Annexe 2 : modalités envisageables de valorisation des aciers l'usine George Besse d'Eurodif

Annexe 3 : comportement des radionucléides et valeurs de référence associées

Nota : Dans le présent document :

I - une installation sera qualifiée de « nucléaire » si elle relève du statut des installations nucléaires de base (INB), des installations nucléaires de base secrètes (INBS) ou des installations classées pour la protection de l'environnement et que celle-ci est i) classée selon les rubriques 17XX ou 27XX¹ ou ii) implantée au sein du périmètre d'une INB ou d'une INBS et nécessaire à son fonctionnement.

À l'inverse, une installation sera qualifiée de « conventionnelle » si elle relève du régime des ICPE et ne peut être qualifiée d'« installation nucléaire » ;

II – seront qualifiées de « zones à production possible de déchets nucléaires », les zones où les déchets produits sont contaminés, activés ou susceptibles de l'être dans les INB et les INBS ;

III - seront qualifiés de « matériaux TFA », les déchets, matériaux, équipements... issus de zones où les déchets produits sont contaminés, activés ou susceptibles de l'être.

L'édition 2012 de l'Inventaire national des matières et des déchets radioactifs prévoit un volume total des déchets de très faible activité (TFA) de 1 300 000 m³ à la fin 2030, soit le double de la capacité autorisée de l'installation de stockage du Cires. Les principaux volumes sont constitués par des déchets issus des opérations de démantèlement et d'assainissement (gravats, ferrailles...).

La perspective de la production d'une telle quantité de déchets TFA et le souci de s'inscrire dans une démarche d'économie circulaire conduisent à étudier de nouvelles pistes d'optimisation, dans le respect des principes définis au titre IV du livre V du code de l'environnement et au chapitre III du titre III du livre III de la partie I du code de la santé publique¹.

L'un des axes de travail du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) 2013-2015 et du décret en établissant les prescriptions porte ainsi sur la valorisation des matériaux métalliques et des gravats, notamment ceux de très faible activité. EDF, AREVA, le CEA et l'Andra ont d'ailleurs rendu dans ce cadre des études sur les pistes possibles de développement de ces filières.

Dans ce contexte, l'ASN et la DGEC ont souhaité que la question des conditions de valorisation et de recyclage de certaines substances puisse être abordée au sein d'un groupe de travail pluraliste, composé de représentants des exploitants nucléaires, de l'Andra, des ministères, des autorités de sûreté, de membres de CLI, d'industriels et d'experts français et étrangers. Les réflexions de ce groupe et les recommandations qui en sont issues constituent des premières pistes sur les conditions envisageables de valorisation de matériaux TFA.

1. Contexte

1.1 Le contexte réglementaire français conduit en phase de démantèlement des installations nucléaires à la production d'une quantité significative de déchets qualifiés de très faible activité, dont certains ne sont pas radioactifs au sens de l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement

Selon l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement, une substance est radioactive si elle contient des radionucléides, naturels ou artificiels, dont l'activité ou la concentration justifie un contrôle de radioprotection. Les déchets radioactifs sont les substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée.

Au sein des installations nucléaires, le principe du zonage déchets permet d'identifier les « zones à production possible de déchets nucléaires » (ZppDN) dans lesquelles les déchets produits sont contaminés, activés ou susceptibles de l'être et qui devront être gérés comme s'ils étaient radioactifs dans une filière spécifique et renforcée, sauf s'il est démontré qu'ils n'ont pu, en aucune façon et à aucun moment être contaminés ou activés. L'identification de ces ZppDN est basée notamment sur l'historique et le retour d'expérience, la conception et le mode fonctionnement de l'installation.

¹ Les principes de gestion sont notamment décrits dans le chapitre 1 du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs disponible sur les sites internet :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Plan-de-gestion-pour-la-periode.html>.

<http://www.asn.fr/Informer/Dossiers/La-gestion-des-dechets-radioactifs/Le-cadre-reglementaire/Le-Plan-national-de-gestion-des-matieres-et-des-dechets-radioactifs-PNGMDR>.

Cette stratégie a été élaborée dans les années 90, en lien avec les exploitants nucléaires. Elle est particulièrement adaptée à la gestion des déchets en phase de fonctionnement car elle permet de limiter la caractérisation des déchets, qui peut se révéler onéreuse et difficile, et ce d'autant plus que la contamination est très faible, voire inexistante. Dans cette situation, les installations génèrent peu de déchets dont il faudrait déterminer s'ils justifient ou non un contrôle de radioprotection en raison de l'activité ou de la concentration des substances radioactives qu'ils contiennent. Toutefois, les installations entrant en phase de démantèlement, et en particulier celles mises en service avant l'application du principe de zonage, ne disposent pas d'un zonage optimisé. À titre d'exemples, certaines zones ont été classées en ZppDN en l'absence de connaissance précise de l'historique des activités conduites dans ces zones ou pour faciliter les conditions d'exploitation. Ainsi, cette approche conservatrice est de nature à générer des quantités importantes de déchets (gravats, ferrailles, etc.) devant être gérées dans des filières spécifiques sans que certains d'entre eux ne soient nécessairement radioactifs au sens de l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement.

La question de la possibilité et des conditions de la valorisation de matériaux issus de ZppDN se pose afin notamment de respecter la hiérarchie des modes de gestion des déchets fixée à l'article L. 541-1 du code de l'environnement et ainsi de limiter le volume des déchets ultimes à stocker afin de préserver la capacité de stockage au Cires.

En effet, les principes généraux de gestion des déchets définis aux chapitres I et II du titre IV du livre V du code de l'environnement s'appuient sur une hiérarchisation des modes de gestion des déchets, privilégiant la prévention et la réduction à la source du volume et de la nocivité des déchets, puis la réutilisation, le recyclage, la valorisation, et enfin dans un dernier temps l'élimination. Des options alternatives au stockage de déchets au Cires doivent par conséquent être analysées.

Pour autant, l'article R.1333-3 du code de la santé publique interdit, sauf dérogation, l'utilisation de matériaux ou de déchets provenant d'activités nucléaires et susceptibles d'être contaminés par des radionucléides dans la fabrication de biens de consommation et de produits de construction. Ainsi, les conditions pour leur valorisation sont contraintes.

Conformément aux prescriptions du PNGMDR, de l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux INB et de la décision de l'ASN du 21 avril 2015 relative à l'étude sur la gestion des déchets et au bilan des déchets produits dans les installations nucléaires de base, les déchets produits dans les ZppDN² doivent être gérés comme des déchets radioactifs et faire l'objet d'une gestion spécifique et renforcée. En France, l'absence de seuils de libération et la mise en place de filières spécifiques de gestion des déchets radioactifs ont pour objectifs de garantir une traçabilité et un isolement de ces déchets. Par cohérence, le processus de valorisation de matières ou équipements ayant séjourné en ZppDN doit aussi répondre aux exigences de gestion spécifique et renforcée.

² Sauf, s'il est démontré qu'ils n'ont pu, en aucune façon et à aucun moment, être contaminés ou activés en application de l'article 3.1.3 de la décision n° 2015-DC-508 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 21 avril 2015.

1.2 Les exploitants nucléaires ont évalué à environ 900 000 tonnes la masse de matériaux métalliques TFA susceptibles d'entrer dans une filière de valorisation

Le PNGMDR 2013-2015 a demandé aux exploitants nucléaires d'étudier les modalités de réalisation d'une filière de valorisation des matériaux métalliques et à l'Andra une étude sur la mise en place d'une filière de valorisation des gravats de très faible activité sur le centre du Cires.

Les exploitants nucléaires ont en particulier évalué dans le cadre de ces travaux l'inventaire prévisionnel de ces matériaux. Ils estiment qu'environ 240 000 tonnes de gravats seront produits entre 2012 et 2033, dont 64 000 tonnes pourraient être valorisés. Concernant les matériaux métalliques, les producteurs évaluent sur la période 2015-2070 à plus de 900 000 tonnes les matériaux potentiellement valorisables. Cet inventaire, détaillé sur la figure ci-dessous, se décompose de la façon suivante : environ 140 000 tonnes d'aciers issus des diffuseurs de l'usine George Besse 1 (GB1), 100 000 tonnes provenant de la part valorisable des générateurs de vapeur du parc EDF, et 650 000 tonnes de métaux en vrac dont les exploitants nucléaires estiment qu'une partie significative est exempte d'activité.

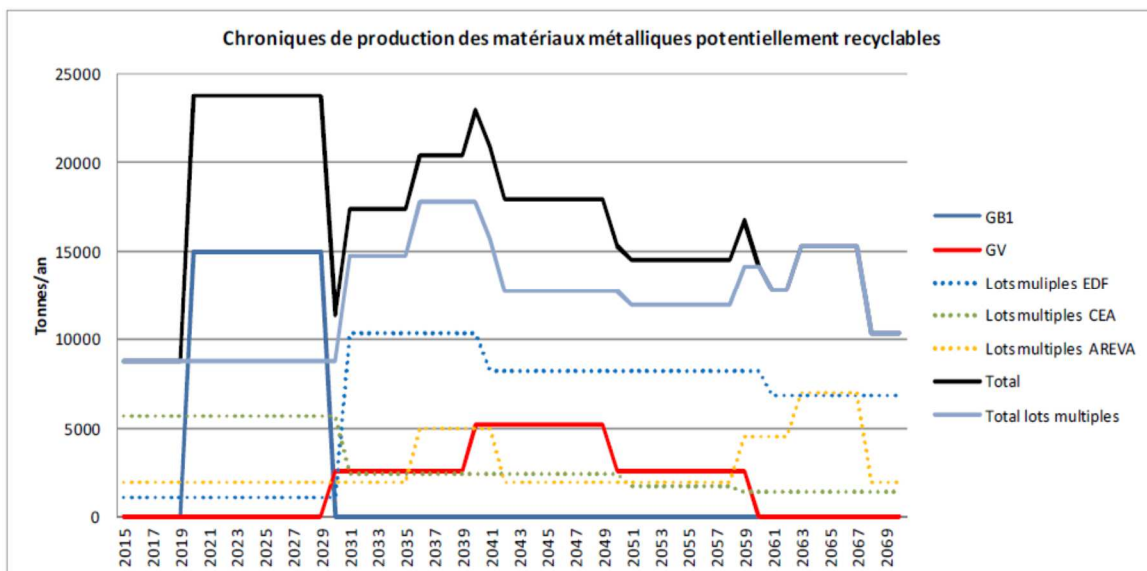


Figure 1 : chroniques de production des matériaux métalliques potentiellement recyclables.

Source : rapport AREVA, CEA, EDF remis au titre du PNGMDR 2013-2015 sur l'évaluation des modalités de réalisation d'une filière de valorisation des matériaux métalliques issus de démantèlement des installations nucléaires.

2. À partir des projets industriels français ainsi que du retour d'expérience français et européen, le groupe de travail s'est attaché à identifier les leviers et verrous associés à la mise en œuvre de la valorisation de matériaux TFA en France

Le groupe de travail a eu pour mission de préciser selon quelles conditions le recyclage des matériaux TFA provenant d'installations nucléaires (INB et INBS) pouvait être envisagé. Il devait préciser, dans le cadre de la réglementation française, les dispositions concrètes (notamment en termes techniques, administratifs, de dialogue avec les parties prenantes, ...) nécessaires pour mettre en place une ou plusieurs types de filière de valorisation pour ces matériaux, mais également identifier les difficultés potentielles associées à la mise en place de ces filières.

La fiche de cadrage du groupe identifiait en particulier les thématiques suivantes, sur lesquelles le groupe de travail s'est attaché à formuler des recommandations :

- les typologies des matériaux TFA admissibles dans ces filières de valorisation ;
- le cas échéant, les conditions de gestion des matériaux TFA en provenance d'installations nucléaires dans des installations traitant également un flux de matières ou de déchets conventionnels ;
- les modalités de traçabilité des déchets, matières, produits induits... pour toutes les étapes de gestion ;
- les conditions de réutilisation envisageables en tenant compte des exigences fixées dans le code de la santé publique (articles R. 1333-2 à R. 1333-5) ;
- les modalités d'information et de participation des parties prenantes (riverains, élus, associations, syndicats, salariés...) ;
- les éventuelles précisions du cadre réglementaire qui seraient nécessaires.

Concernant chacune de ces questions, le groupe de travail s'est intéressé à l'ensemble des impacts environnementaux.

Pour alimenter ses travaux, le groupe a pris connaissance des études réalisées par les exploitants nucléaires dans le cadre du PNGMDR et a eu l'occasion d'auditionner des acteurs ayant mis en œuvre des filières de valorisation en France et en Europe lors de cinq réunions plénières dans le courant du premier semestre 2015. Les auditions réalisées furent les suivantes :

- Studsvik a présenté son modèle industriel et l'acceptation sociétale de ce modèle en Suède et au Royaume-Uni, où ils sont implantés ;
- SOCODEI a présenté le retour d'expérience de la filière Centraco ;
- le CEA a présenté le retour d'expérience de la filière Plomb ;
- AREVA a présenté le retour d'expérience des filières FEURSmétal et ASCOmétal ;
- EDF, AREVA, le CEA d'une part, et l'Andra d'autre part ont présenté le résultat de l'étude qu'ils ont réalisée dans le cadre du PNGMDR sur la valorisation des matériaux métalliques TFA ;
- l'Andra a présenté le résultat de l'étude qu'elle a réalisée dans le cadre du PNGMDR sur la valorisation des gravats TFA ;
- l'Öko Institut (association allemande) et un membre de l'ESK (groupe d'experts allemand) ont présenté le retour d'expérience de la libération en Allemagne ;
- un expert belge a présenté le retour d'expérience de la mise en œuvre de la libération en Belgique ;
- AREVA a présenté les différentes options étudiées autour du projet de démantèlement de GB1.

Le groupe de travail, pluraliste, est composé d'un nombre équilibré de représentants par catégories :

- membres de commissions locales d'information (CLI),
- experts techniques (IRSN...),
- producteurs de déchets (AREVA, CEA, EDF),
- exploitants d'installations de gestion de déchets (Andra, Studsvik, Socodei),
- autorité de contrôle (ASN, ASND),
- Ministères (DGEC, DGPR).

La présidence du groupe de travail a été assurée par Alain Dorison, ingénieur général des mines au Conseil général de l'économie, de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGEIET). Le secrétariat du groupe de travail a été confié à l'ASN.

3. Retour d'expérience des filières de valorisation

Cette partie présente le retour d'expérience des filières de valorisation en France et dans certains pays européens, ainsi que les constats qui peuvent en être tirés.

3.1 Retour d'expérience des filières de valorisation en France

En France, deux filières de recyclage ont été mises en place dans les années 2000. Après des étapes de fusion et mise en forme, elles permettent le recyclage de matériaux radioactifs en produits finis à destination d'installations nucléaires :

- La filière de recyclage de Centraco (Marcoule), installation exploitée par SOCODEI³ qui permet le recyclage de matériaux métalliques sous forme de protections radiologiques intégrées (PRI) au sein de coques béton destinées à la réalisation de colis pour des déchets radioactifs de type FMA-VC. L'ensemble des étapes de traitement (fusion et mise en forme réalisées à Centraco) ainsi que l'utilisation des produits finis (utilisation des coques dans des installations nucléaires) sont réalisés dans des INB ;
- La filière de recyclage de plomb du CEA sur le site de Marcoule qui a permis le recyclage de plomb décontaminé dans des installations nucléaires sous forme de protection biologique. Une première étape de fusion était réalisée dans un four situé dans un atelier du centre CEA de Marcoule (relevant du régime des INBS) puis les lingots obtenus étaient façonnés dans des fonderies conventionnelles. Cette filière a été arrêtée en 2013 en raison du démantèlement de l'installation dans laquelle le four de fusion se situait. Des études sont en cours en vue de redévelopper une filière analogue. Un premier rapport est disponible sur les sites internet⁴ du ministère et de l'ASN.

Deux autres filières de valorisation avaient été envisagées mais n'ont finalement pas pu être exploitées. Ces filières prévoyaient une étape de décontamination (sans fusion) dans une installation nucléaire, puis un traitement dans une fonderie conventionnelle. Il était prévu que les lingots produits par cette dernière ne soient alors plus soumis à un suivi particulier.

- La filière ASCOMétal du nom de l'entreprise qui devait réaliser les opérations de fusion de métaux décontaminés. Cette filière, projetée à la fin des années 1990, n'a finalement pas été mise en place en raison d'un changement d'actionnariat.
- La filière FEURSmétal du nom de l'entreprise qui devait réaliser les opérations de fusion. Dans ce cas, ce projet de filière envisagé au début des années 2000, a été abandonné à la suite de recours portés par des personnes physiques, une association de protection pour la défense de la santé et de l'environnement et l'association CRIIRAD sur la procédure administrative d'autorisation ayant abouti à une annulation de l'arrêté préfectoral autorisant les essais préalables à sa mise en place.

Des informations complémentaires sur ces filières sont disponibles en annexe 1.

³La Société de Conditionnement des Déchets et effluents Industriels.

⁴ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Rapports-realises-au-titre-du-PNGMDR-2013-2015>.
<http://professionnels.asn.fr/Installations-nucleaires/Dechets-radioactifs-et-demantelement/Plan-national-de-gestion-des-matieres-et-dechets-radioactifs/PNGMDR-2013-2015>.

Constats :

À la suite des présentations et discussions sur les projets présentés, les constats suivants ont été faits :

La valorisation est conditionnée par la qualité des matériaux reçus :

- une préparation des matériaux métalliques (tri, découpe, voire, le cas échéant, grenailage ou décontamination chimique...) avant la première fusion est nécessaire ;
- les caractéristiques radiologiques mais également les caractéristiques physico-chimiques doivent être prises en compte. À titre d'exemple, un meilleur tri des ferrailles (visant à limiter celles contenant des quantités importantes de chrome) permettrait d'augmenter la quantité des ferrailles valorisables sous forme de protections radiologiques intégrées à Centraco.

La fusion permet à la fois une décontamination par ségrégation de certains radioéléments dans certaines phases (bain, laitier...) et une **caractérisation fiable** du contenu radiologique des produits finis, d'autant plus dans le cas où l'on dispose d'une bonne connaissance des caractéristiques des matériaux reçus :

- au cours de la fusion, en fonction de leurs caractéristiques thermodynamiques et chimiques, certains éléments passent du bain de fusion au laitier (c'est le cas notamment de l'uranium) ou dans les fumées et les cendres volantes (hydrogène, césium). Ces comportements et donc la performance de la décontamination du bain de fusion peuvent être prévus, puis vérifiés par des mesures ;
- la fusion apporte la garantie d'une bonne homogénéité et donc une très bonne représentativité des échantillons mesurés pour les lingots produits ;
- des protocoles de mesures et des contrôles radiologiques redondants permettent de renforcer la confiance dans le contenu radiologique des lingots obtenus. Il est souligné que les émetteurs beta purs de faible énergie sont difficiles à mesurer.

La traçabilité des matériaux au cours du procédé industriel de valorisation peut être encadrée. Ainsi, les arrêtés préfectoraux des installations de façonnage du plomb (installations conventionnelles) fixent des exigences relatives à la séparation des flux du plomb provenant de zones à production possibles de déchets nucléaires des flux du plomb provenant d'installations conventionnelles avec notamment :

- un entreposage du plomb provenant d'installations nucléaires dans une zone dédiée, ainsi que des lots spécifiques de produits finis,
- la récupération des scories et des produits non conformes qui sont retournés à l'expéditeur (Marcoule).

Le retour d'expérience montre que ces modalités de traçabilité n'ont pas conduit à des difficultés particulières sur le plan technique ou organisationnel. Certains exploitants soulignent qu'elles complexifient le recours à des installations conventionnelles.

Les procédures d'autorisation actuelles sont longues et complexes :

- les mises en service de l'installation Centraco et de la filière plomb ont nécessité cinq années d'instruction chacune ;
- la liste des autorisations nécessaires et la chronologie de ces autorisations doivent être clairement établies (ex : le traitement de matériaux provenant de zones à production possible de déchets nucléaires en vue d'une réutilisation hors de l'industrie nucléaire ne peut être envisagé sans un arrêté ministériel l'autorisant en application de l'article R. 1333-4 du code de la santé publique) ;

- les exploitants considèrent que de telles procédures sont complexes et ont été considérées jusque-là comme dissuasives.

L'information des parties prenantes est essentielle à toutes les étapes du projet :

- l'information des parties prenantes est indispensable (CLI, syndicats, CHSCT, CE...) en amont du processus d'autorisation ; l'exposition du public et des travailleurs doit notamment y être présentée ;
- l'adhésion du personnel au projet par des actions de sensibilisation ainsi que la formation de celui-ci aux enjeux sont essentielles.

L'impact sanitaire des installations de valorisation sur le public est considéré très faible :

Le retour d'expérience montre que l'exposition du public est inférieure à 2 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour l'installation mettant en forme le plomb (celle des salariés inférieure à 7 $\mu\text{Sv}/\text{an}$). Les impacts sont par ailleurs limités lors des premières étapes de traitement.

Le choix du partenaire industriel est essentiel :

- une culture préexistante de maîtrise des risques constitue un élément favorable à la mise en œuvre des filières de valorisation de matériaux provenant de zones à production possible de déchets nucléaires. Le traitement de matériaux décontaminés issus d'INB (plomb) a ainsi pu être réalisé dans des installations conventionnelles ;
- la stabilité et la pérennité du partenaire industriel sont nécessaires (direction, actionnaires, climat social...).

L'équilibre économique des filières de valorisation n'est pas garanti :

- la fusion de ferrailles FA à Centraco permet leur densification et le déclassement d'une partie de la catégorie FA à la catégorie TFA ; Le recyclage sous forme de protection radiologique intégrée est compétitif car il s'inscrit dans une activité complémentaire à celles du site qui fait appel à un procédé spécifique adapté à des quantités limitées ;
- la viabilité de la filière plomb était précaire compte tenu des coûts liés au traitement préalable du plomb avant fusion. Cette filière permettait néanmoins de disposer d'un exutoire pour le plomb FMA. Celui-ci est considéré comme un élément toxique et son stockage au CSA est limité ;
- par son coût modéré, le stockage TFA en France ne favorise pas la recherche et le développement de filières de valorisation pour les matériaux TFA, en l'absence de garantie relative à la commercialisation des produits finis ;
- la caractérisation radiologique peut être lourde dans le bilan économique suivant la nature et le flux des matières à valoriser.

Une analyse globale doit être menée :

- l'évaluation ne doit pas être limitée à son opportunité économique. Une approche intégrée de type analyse de cycle de vie présentant les impacts environnementaux à chacune des étapes (extraction, transformation, distribution, valorisation, élimination...) doit être adoptée pour comparer les différentes options (stockage ou valorisation).

3.2 Retour d'expérience des filières de valorisation à l'étranger

Le groupe de travail s'est intéressé aux modalités de valorisation par Studsvik, groupe suédois qui exploite un four de fusion en Suède mais également une installation de décontamination au Royaume-Uni, ainsi qu'aux modalités de gestion des déchets en Allemagne et en Belgique.

3.2.1 La filière de valorisation de Studsvik en Suède

Studsvik dispose en Suède depuis 1987 d'une installation de tri, découpe, décontamination, fusion dédiée à la gestion de déchets métalliques suédois et étrangers produisant des lingots destinés au recyclage dans l'industrie conventionnelle. Celle-ci traite des déchets métalliques de tout type, en vrac ou de gros composants, comme des générateurs de vapeur, en provenance de plus d'une dizaine de pays.

Les principales opérations réalisées sur l'installation sont la découpe et mise au gabarit, le grenailage, si nécessaire, pour permettre notamment une décontamination surfacique des pièces métalliques avant fusion. Les matériaux sont ensuite traités par fusion décontaminante en vue de la production de lingots. Ces lingots sont recyclés dans l'industrie conventionnelle après vérification de leur conformité. La part recyclée dans l'industrie représente en moyenne 95% de la masse traitée dans l'installation, les 5% restant sont les déchets radioactifs ultimes qui sont retournés dans le pays d'origine pour y être gérés en tant que tels.

Les conditions de recyclage dans l'industrie conventionnelle reposent sur la réglementation suédoise qui définit des seuils de libération sur la base des seuils définis dans la réglementation européenne. Leur mise en œuvre est précisée dans des guides qui demandent notamment la définition d'un programme de contrôle établi par l'industriel et validé par l'autorité de sûreté. Ce programme de contrôle prévoit des mesures dans chaque batch de fusion dont les résultats sont comparés aux valeurs de seuils de libération. En fonction des résultats (voir annexe 1), les lingots :

- sont recyclés sans contraintes dans l'industrie conventionnelle. Plus aucune traçabilité des lingots complémentaire à celle du secteur n'est alors assurée, ces lingots circulent donc librement sur le marché mondial ;
- sont destinés à une seconde fusion dans le cadre d'un contrat entre Studsvik et un fondeur, contrat qui définit précisément les modalités d'utilisation par le fondeur des lingots produits dans l'installation Studsvik. Cette seconde fusion, par association avec des lingots conventionnels, vise à garantir une marge par rapport aux seuils de libération ;
- sont retournés au client ou mis en entreposage de décroissance.

Concernant l'installation de fusion/décontamination en Suède, l'exposition maximale du groupe de référence du public est évaluée à $1,1 \cdot 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{an}$. La dose est d'environ 1,24 mSv/an en moyenne par opérateur.

L'acceptation de ces opérations par la communauté locale, le public ou les associations de défense de l'environnement ne pose pas de problème majeur selon Studsvik et est acquise pour la question du recyclage. En matière de communication, Studsvik organise ou participe à de nombreuses conférences internationales qui sont autant d'occasions de répondre aux questions d'un large public.

Constats :

Les constats relatifs à la qualité des matériaux reçus, à l'homogénéisation de la contamination dans le bain, à la performance de la décontamination mentionnés dans le §3.1, ainsi que la faiblesse des impacts sanitaires sur le public sont confirmés par le retour d'expérience de Studsvik sur près de trente ans.

La traçabilité des déchets induits par le traitement est encadrée. Celle des lingots produits cesse dans le cas où ces derniers sont libérés (libération inconditionnelle). Lorsque l'activité du lingot est inférieure au seuil de libération mais supérieure au dixième de celui-ci, la libération est

conditionnelle et implique une procédure entre Studsvik et l'installation réceptrice. La traçabilité des lingots est alors maintenue.

La compétitivité de la filière de valorisation par rapport au stockage est assurée, en raison notamment des coûts évités de stockage des déchets radioactifs qui sont élevés et de la valorisation des matériaux.

L'information des parties prenantes est notamment réalisée via des visites de l'installation et des conférences.

3.2.2 Modalités de gestion des déchets et acceptation sociétale

À la suite des auditions menées sur les modalités de gestion des déchets en Belgique, en Allemagne, en Suède et au Royaume-Uni, les constats et observations suivantes ont été formulés.

Information des parties prenantes et acceptation sociétale :

Dans les pays susmentionnés, le choix de la libération n'a pas fait l'objet d'un débat et l'information au niveau national relative à ses modalités de mise en œuvre est relativement limitée. Les modalités de gestion des déchets (libération conditionnelle/inconditionnelle) sont décrites dans les dossiers de demande d'autorisation de démantèlement et sont donc soumises à consultation du public. À cette occasion, la libération n'a pas fait l'objet d'opposition marquée.

Il convient de noter dans ces pays que les questions d'acceptabilité des solutions de libération conditionnelle (stockage dans des installations conventionnelles par exemple) sont plus prégnantes que celles liées à la libération inconditionnelle. Ce constat peut être expliqué par les difficultés d'appropriation des scénarios d'exposition pour lesquels il est difficile de démontrer le caractère effectivement pénalisant des scénarios qui ont été considérés et par le fait que le caractère « nucléaire » des déchets reste affiché dans le cas de la libération conditionnelle, ce qui permet au public une identification plus facile.

Hiérarchie des modes de traitement des déchets :

La mise en œuvre d'une hiérarchie des modes de traitement (tri en vue d'une réutilisation, valorisation, stockage pour les déchets ultimes) est favorisée par la volonté d'éviter le stockage (coût et acceptation sociétale) et par l'autorisation libérer les matériaux. Les exploitants axent ainsi leurs efforts sur le tri et la décontamination.

Ainsi, le recyclage des déchets métalliques, le cas échéant après décontamination, est considéré comme une « meilleure technique disponible » au Royaume-Uni.

Modalités de libération :

Les modalités de libération reposent sur les seuils définis au niveau national sur la base des recommandations internationales. Les modalités de libération incluent :

- Dans certains pays, la définition d'un zonage lors du démantèlement permettant d'identifier les zones où les matériaux sont susceptibles d'être contaminés ou activés. L'identification de ces zones repose sur la mesure et, le cas échéant, sur l'historique ainsi que sur l'étude des procédés mis en œuvre. Les modalités de contrôle du respect des seuils de libération sont renforcées dans ces zones ;
- Des modalités de contrôles approuvées par les autorités de sûreté ;
- Des contrôles réalisés par des organismes agréés et les autorités de sûreté.

4. Les projets de valorisation en France

Le groupe de travail s'est intéressé aux projets de valorisation étudiés par l'Andra, AREVA, le CEA et EDF dans le cadre du PNGMDR 2013-2015, plus particulièrement celui des matériaux métalliques. Dans ce cadre, le cas particulier des modalités envisageables de valorisation de matériaux issus de l'usine George Besse (GB1) d'AREVA située sur le site du Tricastin (Drôme) a notamment été abordé.

Les éléments ci-après présentent le point de vue des exploitants sur les critères favorables au développement de filières de valorisation.

Les études remises seront prochainement disponibles sur les sites internet⁵ du ministère et de l'ASN.

4.1 Valorisation de matériaux métalliques

Une première étude sur les modalités envisageables de valorisation de matériaux TFA a été remise en 2012 par l'Andra, AREVA, le CEA et EDF. Celle-ci dressait un bilan des métaux ferreux et non ferreux susceptibles d'être recyclés, le tonnage correspondant s'élevant entre 236 000 et 340 000 t 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 à vie courte (FMA-VC) n'était pas actuellement démontrée (équilibre économique non garanti et fragile).

Dans le cadre du PNGMDR 2013-2015, 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).

Les rapports remis respectivement par AREVA, le CEA et EDF et par l'Andra définissent les modalités industrielles nécessaires à la faisabilité d'une filière de recyclage de matériaux TFA et montrent un consensus des exploitants sur les points suivants.

L'intérêt de pistes alternatives au stockage direct des déchets est de limiter les quantités à stocker, ce qui **diffère et réduit le besoin de nouvelles capacités de stockage**. Selon les prévisions de production de déchets, les flux de matériaux susceptibles d'être radioactifs sont en forte croissance et la capacité réglementaire de l'installation de stockage des déchets de très faible activité (TFA) actuellement exploité par l'Andra (650 000 m³) pourrait être atteinte aux environs de 2025.

En France, le recyclage est rendu difficile par l'absence de débouchés en dehors de zones à production possible de déchets nucléaires, la complexité du processus d'autorisation pour le développement de filières de valorisation et la compétitivité du stockage TFA. Pour l'encourager, les industriels considèrent que **la réglementation devrait être proportionnée aux risques** présentés par certains déchets pour lesquels il n'est pas détecté de radioactivité. **La mise en place de modalités de gestion différenciées sur la base de seuils d'activité serait justifiée par une approche proportionnée aux enjeux sanitaires et environnementaux**. Cette 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 selon les exploitants de favoriser la

⁵<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Rapports-realises-au-titre-du-PNGMDR-2013-2015>
<http://professionnels.asn.fr/Installations-nucleaires/Dechets-radioactifs-et-demantelement/Plan-national-de-gestion-des-matieres-et-dechets-radioactifs/PNGMDR-2013-2015>

valorisation de certains matériaux non ferreux et semi-précieux présents en petites quantités, en s'appuyant sur des installations existantes.

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 lots homogènes que constituent les générateurs de vapeur (GV) du parc EDF et les diffuseurs de l'usine GB1. **Le cas particulier des aciers de GB1 pourrait constituer un des pilotes permettant de mettre en place la filière.** Les industriels proposent un schéma de filière comprenant une fonderie qui serait une installation classée pour la protection de l'environnement dédiée, traitant exclusivement des déchets métalliques provenant d'INB, par lots, avec un contrôle rigoureux des matières produites. Celles-ci pourraient être ensuite transformées en produits dans une installation conventionnelle dédiée ou temporairement dédiée.

Selon les exploitants, la décontamination, notamment par fusion, devrait permettre d'atteindre, dans certains cas, des niveaux d'activité sans enjeu de radioprotection, tel que confirmé par le retour d'expérience européen. Selon l'Andra, près de la moitié des déchets métalliques ferreux TFA seraient recyclables.

Les débouchés étudiés pour la valorisation de ces matériaux dans la filière nucléaire, sous forme de caissons blindés⁶, représentent un potentiel de 80 000 à 140 000 tonnes, significativement inférieur à l'inventaire de 900 000 tonnes de matériaux métalliques TFA identifié par les exploitants sur la période étudiée. **Les exploitants considèrent que d'autres solutions doivent être identifiées pour envisager la viabilité d'une filière industrielle offrant des possibilités d'utilisation en dehors des zones à production possible de déchets nucléaires.**

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 de réussite identifiées par AREVA, le CEA et EDF sont :

- 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.

NB : le cas particulier des modalités envisageables de valorisation des aciers de GB1 est présenté en annexe 2.

⁶ Leur acceptation en stockage devrait être démontrée au regard de leur impact potentiel sur les conditions d'exploitation et sur la sûreté à long terme du stockage.

4.2 Valorisation de gravats TFA

Le projet étudié par l'Andra consiste à remplacer dans les alvéoles de stockage du CIREs les matériaux sableux (« grave non traitée ») qui permettent de combler les vides au sein d'un colis, entre colis ou encore en couche de roulement entre deux niveaux de stockage et pour la forme finale de l'alvéole une fois remplie, par des gravats de béton TFA concassés. L'Andra utilise actuellement 11 000 tonnes de ces matériaux pour un alvéole (environ un alvéole par an).

Dans l'objectif de rendre faisable cette réutilisation en garantissant des objectifs de sûreté, de radioprotection des personnels ainsi qu'en se prémunissant de dispersion de radioactivité en dehors des alvéoles de stockage, l'Andra a identifié des critères de granulométrie à atteindre pour les matériaux concassés, des limites d'activité massique pour les bétons et des dispositions d'exploitation particulières.

Ainsi, l'Andra estime que 2 000 m³ par an de bétons concassés pourraient être valorisés, permettant de stocker 7% de déchets supplémentaires par alvéole sous cette forme. Une étude est en cours pour préciser ces valeurs et vérifier la pertinence économique de ce mode de gestion (cette étude doit être remise en 2015).

EDF, CEA et AREVA proposent en alternative de pouvoir combler avec ces matériaux des vides sur des sites en démantèlement, voire de stocker les matériaux sur site.

5. Recommandations

Sur la base du retour d'expérience des filières de valorisation et des constats qui ont été formulés ainsi que des présentations des études menées par l'Andra, AREVA, le CEA et EDF, le groupe de travail a formulé des propositions sur les thématiques suivantes.

5.1 Typologies des substances admissibles dans des filières de valorisation

Les critères favorables à l'admission de substances (matériaux, équipements, déchets...) dans des filières de valorisation identifiés par le groupe de travail sont les suivants :

- les caractéristiques des substances admissibles doivent être connues (spectre radiologique, activité massique, caractéristiques physico-chimiques...). Leur identification ne devrait pas être réduite à la mesure qui peut notamment s'avérer difficile pour certains radioéléments. Elle devrait notamment être basée sur l'origine de la production permettant ainsi d'identifier les radioéléments susceptibles d'être présents,
- les substances facilement décontaminables (par fusion ou par un traitement mécanique ou chimique préalable) doivent être privilégiées ainsi que les matériaux issus de zones à production possible de déchets nucléaires pour lesquels aucune activité ajoutée n'est mesurée ;
- les catégories de déchets présentant les volumes les plus importants doivent être privilégiées. Au regard des prévisions de production, la priorité devrait être donnée aux matériaux métalliques ferreux et aux gravats. Pour autant, dans le cadre du développement de l'économie circulaire, les matériaux à forte valeur ajoutée (ex : cuivre, inconel...) ou les déchets dont le stockage est limité (ex : plomb) ne doivent pas être écartés,

- les grands lots présentant des caractéristiques homogènes doivent être privilégiés. Les matériaux métalliques de GB1 (150 000 tonnes) contaminés à l'uranium⁷ et les générateurs de vapeur des parcs de 900 et 1300 MW (environ 100 000 tonnes pour la part valorisable) constituent deux gisements importants de nature à répondre à ce critère ;

R1 - Le groupe de travail recommande que l'étude de filières de valorisation soit, en priorité, menée sur de grands lots homogènes dont les caractéristiques sont connues et vérifiables ce qui permet d'envisager le développement d'un procédé à un niveau industriel, de fiabiliser les contrôles aux différentes étapes du procédé et d'apporter des garanties sur la qualité des produits finis.

5.2 Traitements permettant d'obtenir les caractéristiques requises

Les principaux traitements envisageables pour l'obtention de produits homogènes dont les caractéristiques sont connues sont des traitements mécaniques, des traitements physico-chimiques et la fusion.

La fusion est un procédé performant pour l'obtention de caractéristiques favorables à la valorisation, en effet, celle-ci :

- permet l'obtention de lots présentant une bonne homogénéité,
- permet un contrôle facilité des matériaux après fusion par prélèvements d'échantillons dont il peut être démontré la représentativité (les radioéléments étant uniformément répartis dans le bain de fusion),
- dispose d'un retour d'expérience de plusieurs décennies sur le plan national et international (voir annexe 3),
- peut être adaptée aux caractéristiques des substances afin d'en optimiser la décontamination (adjuvants...),
- permet l'évaluation préalable de la répartition des radioéléments dans le bain de fusion et le laitier. L'adéquation de cette évaluation au procédé peut, pour certains radioéléments, être vérifiée par la mesure. La fusion constitue ainsi un procédé performant permettant de confirmer les caractéristiques des matériaux décontaminés sur la base de plusieurs lignes de défense.

D'autres traitements, préalables ou non à la fusion, ou des traitements pour des matériaux non métalliques (gravats) peuvent permettre d'obtenir des caractéristiques favorables à la valorisation, en particulier :

- les traitements mécaniques tels que le grenailage et autres décapages de surface, peuvent être envisagés pour des pièces contaminées en surface et à surface accessible,
- le concassage (notamment pour les gravats) peut permettre d'obtenir des lots plus homogènes (calibrés et déferrillés),
- les traitements chimiques peuvent permettre une décontamination efficace, y compris sur des pièces micro-fissurées.

⁷ L'usine Georges Besse n'a introduit dans sa cascade de diffusion gazeuse que de l'uranium commercialement naturel répondant à la norme ASTM C787 - 11 : Standard Specification for Uranium Hexafluoride for Enrichment, de manière à l'enrichir jusqu'à une isotopie maximale de 5% en U235.

L'évaluation de la performance des procédés doit notamment être vérifiée par la mise en œuvre d'un programme de contrôles dont les modalités sont à définir (points de mesures, échantillonnage, types de contrôles, paramètres mesurés...).

R2 - Le groupe de travail recommande que la performance des procédés de traitement soit justifiée sur la base de plusieurs lignes de défense indépendantes et successives, incluant notamment la connaissance des matériaux et des procédés de traitement, ainsi que la définition d'un programme de contrôles et de mesures.

R3 - Le groupe de travail considère à ce stade que la fusion constitue une étape incontournable en vue de la valorisation des matériaux métalliques car elle permet d'en fiabiliser la caractérisation et d'obtenir des lots homogènes.

Par ailleurs, elle permet, dans certains cas et par décontamination, l'obtention de caractéristiques favorables à la valorisation de matériaux métalliques.

R4 - Le groupe de travail rappelle que les caractéristiques radiologiques favorables ne doivent pas être obtenues par dilution.

5.3 Contraintes sur les installations de la filière de valorisation

Une filière de valorisation de matériaux TFA comprend des opérations de collecte, de tri, de caractérisation, de traitement, de transport ainsi que des opérations de conditionnement et de stockage pour les déchets ultimes induits à chacune de ces étapes. L'analyse du retour d'expérience français menée par le groupe de travail montre que :

- les premières étapes de collecte, tri, caractérisation et décontamination sont généralement réalisées au sein d'installations nucléaires,
- pour le cas des matériaux métalliques, la première fusion est réalisée au sein d'une installation nucléaire et le traitement ultérieur (façonnage) est réalisé dans une installation soit nucléaire, soit conventionnelle.

Selon la filière projetée, la nature et les caractéristiques des substances acceptées peuvent varier. Les installations et les procédés mis en œuvre à chaque étape devront par conséquent être adaptés en fonction des enjeux sanitaires et de radioprotection posés par la typologie de matériaux TFA visés par la filière.

En effet, une installation nucléaire, disposant d'un zonage déchets et employant des travailleurs classés en catégories A ou B dispose d'une organisation lui permettant d'assurer la manipulation des matériaux et déchets contaminés. En revanche, les substances acceptées dans une installation conventionnelle ne devront pas contaminer l'installation, ni nécessiter des mesures de radioprotection du personnel.

L'analyse du retour d'expérience, notamment celui des projets de mise en œuvre des filières FEURSmétal et ASCOmétal, montre que le choix des industriels partenaires est essentiel. Les entreprises dans lesquelles sont manipulées des substances toxiques ou dangereuses et où les travailleurs disposent d'une culture renforcée en matière de santé et de sécurité au travail semblent être les plus préparées au développement de filières de valorisation. Le traitement de substances provenant d'installations nucléaires ne devrait par ailleurs pas entraîner d'incidences négatives sur la production ordinaire de l'industriel. Ces enjeux sont en lien direct avec la nécessité d'informer les populations et les travailleurs telle que présentée dans le §5.7.

R5 - Le groupe de travail recommande que les filières de traitement soient, autant que possible, constituées par des installations ne traitant que des flux provenant d'installations nucléaires.

Dans le cas où une étape de traitement doit être réalisée dans une installation traitant également des flux de matières conventionnelles, le groupe de travail recommande que :

- **des dispositions spécifiques soient définies concernant notamment la traçabilité des matériaux, les déchets induits, les rebuts, les rejets, etc.,**
- **des critères radiologiques soient définis et contrôlés afin de limiter les contraintes associées à la gestion de matériaux provenant d'installations nucléaires,**
- **l'impact potentiel du traitement de matériaux provenant d'installations nucléaires sur l'activité du partenaire industriel soit évalué et contrôlé,**
- **les salariés disposent d'une culture suffisante en matière de santé et de sécurité au travail.**

5.4 La traçabilité

La traçabilité constitue un enjeu majeur afin que des matériaux susceptibles d'être contaminés ou activés soient suivis à chaque étape de leur gestion et fassent l'objet d'une gestion maîtrisée. Des dispositions spécifiques doivent en particulier être définies pour assurer le suivi des matières, des déchets et rebuts induits par la gestion de ces substances dans le cas d'une installation de traitement gérant également un flux de matières conventionnelles.

Dans le cas des déchets radioactifs, la traçabilité est encadrée par les dispositions relatives au contrôle des circuits de traitement de déchets fixées aux articles R. 541-42 et suivants du code de l'environnement. Ces articles prévoient en particulier l'établissement de registres et de bordereaux pour les déchets radioactifs qui permettent d'assurer la traçabilité à toutes les étapes de la gestion.

Par ailleurs, dans le cas des matières valorisables, il conviendrait de déterminer s'il existe des cas où la traçabilité ne serait plus jugée nécessaire après transformation ou après une utilisation contrainte (notamment dans le cas où la fin d'utilisation de certains objets ne peut être maîtrisée).

Le groupe de travail souligne que la traçabilité et la conservation de l'historique de l'utilisation de matériaux provenant d'INB ne peut pas être garantie pour le cas de débouchés en dehors de l'industrie nucléaire, ni en dehors des ZppDN dans les INB.

R6 - Le groupe de travail recommande que les modalités de traçabilité des matériaux, déchets, rebuts, chutes, sous-produits... soient déterminées pour chaque étape de la filière de valorisation. Les conditions permettant de dispenser les substances de traçabilité devront, le cas échéant, être précisées.

R7 - Le groupe de travail considère que la réutilisation en dehors de zones où les déchets produits sont susceptibles d'être contaminés ou activés ne devrait être envisagée que pour des matériaux pour lesquels l'usage ne serait pas susceptible de porter atteinte à la santé et à la protection de l'environnement en tenant compte des scénarios les plus contraignants, même en cas de perte de traçabilité.

5.5 Les débouchés

L'identification de débouchés viables constitue une des conditions nécessaires à la mise en œuvre de filières de valorisation. L'analyse du retour d'expérience des modalités de gestion sur le plan national et européen montre que les filières de valorisation mises en place en France disposent (ou disposaient) de débouchés au sein d'installations nucléaires alors que les filières de valorisation à l'étranger disposent de débouchés dans l'industrie nucléaire mais également conventionnelle pour la fabrication de biens de construction et de consommation.

Les quantités importantes de matériaux potentiellement valorisables qui seront produites lors du démantèlement des installations nucléaires ne permettent pas d'envisager une valorisation exclusive au sein de zones à production possibles de déchets nucléaires. Ainsi, les conditions de réutilisation après valorisation doivent être évaluées.

Sans se prononcer sur l'acceptabilité de chacun de ces débouchés, le groupe de travail considère que l'ordre de priorité de recherche de débouchés pour le recyclage des matériaux issus de zones à production possible de déchets nucléaires doit être le suivant :

- en tant que bien industriel dans des installations nucléaires disposant d'un zonage déchets, dans des zones où les déchets produits sont contaminés, activés, ou susceptibles de l'être,
- en tant que substance, objet ou bien destiné à être géré comme un déchet ultime (ex : conteneur de déchets destinés à des installations de stockage de déchets dangereux ou non dangereux),
- en tant que bien industriel dans des installations non accessibles ou à accès limité, à titre d'exemple :
 - les zones contrôlées ou surveillées des installations nucléaires, y compris dans les zones où les déchets produits ne sont pas susceptibles d'être contaminés ou activés,
 - industries lourdes, parcs d'éoliennes off shore...
 - canalisations enterrées et/ou transportant des matières dangereuses,
- en tant que bien industriel, sans contrainte, dans le domaine conventionnel,
- sans contrainte, dans le domaine conventionnel.

L'étude des débouchés doit être menée en tenant compte du cadre réglementaire (voir §5.7).

R8 - Le groupe de travail recommande que pour chacun des débouchés qui seraient identifiés, les quantités des substances susceptibles d'être valorisées ainsi que le modèle économique soient évalués afin de vérifier la pertinence de la filière projetée.

R9 - Le groupe de travail recommande que les critères préférentiels de choix des débouchés incluent la garantie de traçabilité des produits sur le long terme.

5.6 Optimisation des filières de gestion

En raison du volume croissant des déchets liés aux opérations de démantèlement/assainissement, une optimisation de la gestion de tels déchets doit être recherchée, dans le respect de la santé de la population et de l'environnement. L'analyse des options de gestion nécessite la réalisation d'un bilan technique, environnemental, financier et sociétal tenant compte de l'ensemble des impacts. La pertinence des filières projetées doit notamment être comparée au stockage.

Concernant l'impact environnemental, les options de gestion doivent être évaluées sur la base d'une analyse globale (cycle de vie) permettant de comparer les inconvénients ou avantages des différentes options. Les impacts liés à l'extraction des matières premières, aux rejets, aux transports, à l'exposition, au coût énergétique, au stockage doivent être pris en compte.

Concernant l'impact financier, les exploitants considèrent que les filières de valorisation ne peuvent être envisagées que si elles présentent un coût équivalent ou moindre à celui du stockage. Il est souligné que le coût modéré du stockage des déchets TFA en France rend difficile la rentabilité économique des filières de valorisation. En conséquence, les producteurs de déchets chercheront la mutualisation de ces filières ou d'installations de ces filières.

R10 - Le groupe de travail recommande que l'opportunité de la mise en place d'une filière de recyclage soit éclairée par une analyse du cycle de vie contribuant à dresser un bilan comparatif technique, économique, financier, sociétal, sanitaire, environnemental et énergétique des différentes solutions envisageables. Le groupe de travail considère que la valorisation de matériaux TFA ne peut être envisagée que si cette analyse est favorable et en démontre l'avantage global.

5.7 Modalités d'information/participation des parties prenantes

Le retour d'expérience relatif aux projets de filières FEURSmétal et ASCOmétal montre que l'information des riverains mais également des travailleurs est indispensable. Des dispositions permettant d'informer les salariés, les organisations syndicales et les représentants du personnel doivent être mises en œuvre au plus tôt et leur participation au projet doit être favorisée tout au long du processus d'élaboration. À titre d'exemple, l'évaluation de leur exposition et les dispositifs de suivi tels que la dosimétrie individuelle et collective permettant, à titre de précaution, de confirmer l'évaluation prévisionnelle des doses doivent être présentés.

Les modalités d'information et de participation des riverains, associations, élus... doivent être définies sur la base des dispositions prévues au titre II du livre I du code de l'environnement. L'impact des installations projetées sur l'environnement (rejets...) doit être présenté suffisamment en amont du projet pour justifier le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement. Toutefois, ces études, qui justifieraient le caractère très faible voire négligeable de l'impact sanitaire, ne constituent pas un critère décisif pour la mise en œuvre de filières de valorisation. Une période d'essais, avant la mise en service industrielle de l'installation, peut être envisagée pour confirmer les performances attendues du procédé (qualité des produits, rejets, ...).

Le groupe de travail considère que les modalités d'information et de participation du public prévues à l'article R. 1333-4 du code de l'environnement pourraient être suffisantes pour le traitement de certains cas particulier, tel que celui de la valorisation des aciers de GB1, mais que des modalités d'information plus larges devraient être envisagées si des dispositions génériques en vue de la valorisation des 900 000 t de matériaux métalliques et des 64 000 t de gravats étaient projetées. En effet, l'ampleur des chantiers de démantèlement à venir et la production de déchets qui en découlera n'est, selon les associations, pas connu des populations. Les options envisageables de gestion et l'optimisation de cette gestion doivent faire l'objet d'une large information et, le cas échéant, d'une concertation à un niveau national, au-delà de celle qui peut être portée au niveau local dans le cadre des commissions existantes.

Dans le cas où une filière de valorisation serait mise en œuvre, l'information des parties prenantes doit également être poursuivie avec la présentation de bilans sur l'exposition des travailleurs, du public, la qualité des produits...

R11 - Le groupe de travail recommande la plus grande transparence dans le cadre de l'étude puis de la mise en œuvre de filières de traitement et de valorisation :

- au sein des entreprises (y compris sous-traitantes) : information et participation des salariés, des instances représentatives du personnel, des syndicats, de la médecine du travail, ...,
- sur le plan local, notamment sur le lieu de traitement, de transformation (et celui de réutilisation si possible) et le cas échéant, celui de provenance des matériaux : informations au sein d'instances telles que les commissions locales d'information, commissions d'information, commissions de suivi de site, ...
- au niveau national (groupe de travail du PNGMDR, ANCCLI, HCTISN).

R12 - Dans le cas de débouchés en dehors de l'industrie nucléaire, le groupe de travail recommande que des modalités d'information adaptées soient mises en place.

5.8 Le cadre réglementaire

Le statut des substances valorisables à chacune des étapes de gestion (déchet radioactif, matière radioactive, matériau, déchet, sous-produit...) mérite d'être précisé.

Le code de la santé publique interdit, à ses articles R. 1333-2 et 1333-3 et sauf dérogation dans les conditions prévues à son article R. 1333-4, l'addition intentionnelle de radionucléides dans les biens

de construction et de consommation ainsi que l'utilisation de matériaux ou de déchets provenant d'une activité nucléaire, lorsque ceux-ci sont contaminés, activés ou susceptibles de l'être par des radionucléides. Les dérogations ne peuvent être accordées que dans le cas où les avantages procurés par l'utilisation de substances radioactives est justifiée au regard des risques sanitaires qu'elles pourraient présenter.

Jusqu'à présent, seules des dérogations à l'article R. 1333-2 ont été demandées. C'est pourquoi l'article R. 1333-5 du code de la santé publique et l'arrêté interministériel du 5 mai 2009 qui fixent la composition du dossier et les modalités d'information des consommateurs ont été initialement rédigés dans la perspective d'octroi de dérogations à l'interdiction d'addition intentionnelle de radioactivité. Ces textes permettent néanmoins d'encadrer le cas de la valorisation dans le secteur conventionnel de matériaux provenant d'une activité nucléaire.

Il serait cependant nécessaire d'adapter l'arrêté du 5 mai 2009 afin de définir une procédure de dérogation (ainsi que le contenu du dossier associé) pour une valorisation dans le secteur conventionnel de matériaux TFA.

En particulier, le dossier de dérogation devrait :

- être fondé sur une analyse de cycle de vie ;
- spécifier les conditions de traçabilité, et le cas échéant, le moment où celle-ci peut être perdue en présentant une étude approfondie des conséquences de la perte de traçabilité des matières ;
- fixer les contraintes de radioprotection dans les installations. Il devrait notamment être justifié que les matières mises en œuvre dans les installations conventionnelles ne nécessitent pas la mise en œuvre de mesures de radioprotection ;
- faire l'objet d'une information et d'une participation du public.

Une telle procédure de dérogation pourrait être envisagée pour le traitement de cas particuliers (lots homogène de déchets provenant d'une installation identifiée) mais n'apparaît pas appropriée pour la valorisation de l'ensemble des substances.

R13 - Le groupe de travail considère que les dispositions fixées à l'article R. 1333-4 du code de la santé publique pourraient être mises en œuvre pour permettre l'utilisation de matériaux susceptibles d'être contaminés par des substances radioactives dans des biens de construction et de consommation mais que la procédure devrait être adaptée.

R14 - Le groupe de travail considère que le dossier remis en application de l'arrêté du 5 mai 2009 devrait s'appuyer sur les éléments suivants :

- présenter une étude d'impact sanitaire et environnementale ;
- présenter les quantités de matériaux concernées ;
- être fondé sur un bilan global incluant une analyse de cycle de vie ;
- spécifier les conditions de traçabilité et de radioprotection et, le cas échéant, le moment où celles-ci ne sont plus indispensables ;
- faire l'objet d'une information et d'une participation du public.

5. Conclusion/perspectives

En France, la réglementation relative aux déchets produits dans les installations nucléaires conduit à gérer les déchets contaminés, activés ou susceptibles de l'être dans des filières dédiées à la gestion des déchets radioactifs. L'ensemble des objets, équipements... contaminés, activés ou susceptibles de l'être est destiné au stockage. Seul un volume très limité d'acier est valorisé sous forme de protections radiologiques dans des colis de déchets radioactifs.

La perspective de production d'une quantité importante de déchets issus des opérations de démantèlement et d'assainissement⁸ a conduit le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs à demander l'étude de nouvelles pistes de valorisation dans le respect des principes définis par le code de l'environnement et le code de la santé publique.

Le groupe de travail s'est ainsi attaché à définir les conditions favorables à la valorisation de matériaux contaminés, activés ou susceptibles de l'être produits dans les installations nucléaires. Celui-ci s'est plus particulièrement intéressé aux conditions de valorisation de matériaux métalliques ferreux qualifiés de très faible activité. Il formule des recommandations et propose des axes de travail sur :

- le plan technique, avec notamment l'identification de typologies de matériaux et procédés permettant l'obtention de caractéristiques physico-chimiques et radiologiques favorables ;
- les filières de valorisation, avec l'identification d'installations adaptées en fonction des enjeux sanitaires, environnementaux, sociétaux et de radioprotection posés par la typologie des substances à chacune des étapes de traitement et des modalités de traçabilités associées ;
- les débouchés envisageables, en proposant une hiérarchisation de ces derniers visant à garantir autant que possible la traçabilité des matériaux valorisés ;
- l'analyse des options de gestion, une analyse globale (cycle de vie) devant permettre de comparer les inconvénients et avantages des différentes solutions envisageables ;
- les modalités d'information et de participations des parties prenantes, sur le plan local et national ;
- le contenu des dossiers de dérogations prévus par la réglementation dans le cas d'une valorisation en dehors de l'industrie nucléaire.

Les travaux menés par ce groupe de travail doivent se poursuivre sur la base d'éventuelles propositions concrètes de filières de valorisation.

Le groupe de travail a constaté que les exploitants disposent de projets concrets et les engage à élaborer des dossiers de demande en tenant compte des recommandations formulées dans le présent rapport. Des modalités de concertations devront être mises en place, notamment dans le cadre du PNGMDR.

⁸ L'édition 2012 de l'inventaire national prévoit un volume total de 1 300 000 m³ de déchets TFA à fin 2030.

Recommandations et propositions du groupe de travail

R1 - Le groupe de travail recommande que l'étude de filières de valorisation soit, en priorité, menée sur de grands lots homogènes dont les caractéristiques sont connues et vérifiables ce qui permet d'envisager le développement d'un procédé à un niveau industriel, de fiabiliser les contrôles aux différentes étapes du procédé et d'apporter des garanties sur la qualité des produits finis.

R2 - Le groupe de travail recommande que la performance des procédés de traitement soit justifiée sur la base de plusieurs lignes de défense indépendantes et successives, incluant notamment la connaissance des matériaux et des procédés de traitement, ainsi que la définition d'un programme de contrôles et de mesures.

R3 - Le groupe de travail considère à ce stade que la fusion constitue une étape incontournable en vue de la valorisation des matériaux métalliques car elle permet d'en fiabiliser la caractérisation et d'obtenir des lots homogènes.

Par ailleurs, elle permet, dans certains cas et par décontamination, l'obtention de caractéristiques favorables à la valorisation de matériaux métalliques.

R4 - Le groupe de travail rappelle que les caractéristiques radiologiques favorables ne doivent pas être obtenues par dilution.

R5 - Le groupe de travail recommande que les filières de traitement soient, autant que possible, constituées par des installations ne traitant que des flux provenant d'installations nucléaires.

Dans le cas où une étape de traitement doit être réalisée dans une installation traitant également des flux de matières conventionnelles, le groupe de travail recommande que :

- des dispositions spécifiques soient définies concernant notamment la traçabilité des matériaux, les déchets induits, les rebuts, les rejets, etc.,
- des critères radiologiques soient définis et contrôlés afin de limiter les contraintes associées à la gestion de matériaux provenant d'installations nucléaires,
- l'impact potentiel du traitement de matériaux provenant d'installations nucléaires sur l'activité du partenaire industriel soit évalué et contrôlé,
- les salariés disposent d'une culture suffisante en matière de santé et de sécurité au travail.

R6 - Le groupe de travail recommande que les modalités de traçabilité des matériaux, déchets, rebuts, chutes, sous-produits... soient déterminées pour chaque étape de la filière de valorisation. Les conditions permettant de dispenser les substances de traçabilité devront, le cas échéant, être précisées.

R7 - Le groupe de travail considère que la réutilisation en dehors de zones où les déchets produits sont susceptibles d'être contaminés ou activés ne devrait être envisagée que pour des matériaux pour lesquels l'usage ne serait pas susceptible de porter atteinte à la santé et à la protection de l'environnement en tenant compte des scénarios les plus contraignants, même en cas de perte de traçabilité.

R8 - Le groupe de travail recommande que pour chacun des débouchés qui seraient identifiés, les quantités des substances susceptibles d'être valorisées ainsi que le modèle économique soient évalués afin de vérifier la pertinence de la filière projetée.

R9 - Le groupe de travail recommande que les critères préférentiels de choix des débouchés incluent la garantie de traçabilité des produits sur le long terme.

R10 - Le groupe de travail recommande que l'opportunité de la mise en place d'une filière de recyclage soit éclairée par une analyse du cycle de vie contribuant à dresser un bilan comparatif technique, économique, financier, sociétal, sanitaire, environnemental et énergétique des différentes solutions envisageables. Le groupe de travail considère que la valorisation de matériaux TFA ne peut être envisagée que si cette analyse est favorable et en démontre l'avantage global.

R11 - Le groupe de travail recommande la plus grande transparence dans le cadre de l'étude puis de la mise en œuvre de filières de traitement et de valorisation :

- au sein des entreprises (y compris sous-traitantes) : information et participation des salariés, des instances représentatives du personnel, des syndicats, de la médecine du travail, ...,
- sur le plan local, notamment sur le lieu de traitement, de transformation (et celui de réutilisation si possible) et le cas échéant, celui de provenance des matériaux : informations au sein d'instances telles que les commissions locales d'information, commissions d'information, commissions de suivi de site, ...
- au niveau national (groupe de travail du PNGMDR, ANCCLI, HCTISN).

R12 - Dans le cas de débouchés en dehors de l'industrie nucléaire, le groupe de travail recommande que des modalités d'information adaptées soient mises en place.

R13 - Le groupe de travail considère que les dispositions fixées à l'article R. 1333-4 du code de la santé publique pourraient être mises en œuvre pour permettre l'utilisation de matériaux susceptibles d'être contaminés par des substances radioactives dans des biens de construction et de consommation mais que la procédure devrait être adaptée.

R14 - Le groupe de travail considère que le dossier remis en application de l'arrêté du 5 mai 2009 devrait s'appuyer sur les éléments suivants :

- présenter une étude d'impact sanitaire et environnementale ;
- présenter les quantités de matériaux concernées ;
- être fondé sur un bilan global incluant une analyse de cycle de vie ;
- spécifier les conditions de traçabilité et de radioprotection et, le cas échéant, le moment où celles-ci ne sont plus indispensables ;
- faire l'objet d'une information et d'une participation du public.

Annexe 1 : filières de valorisation

Filière de valorisation de ferrailles de Centraco

La société de conditionnement des déchets et effluents industriels (SOCODEI), filiale d'EDF, exploite une installation d'incinération et de fusion à CENTRACO (Marcoule). Elle assure également des prestations relatives au conditionnement des déchets.

L'unité de fusion de CENTRACO traite des matériaux métalliques (structures métalliques, pompes, outils en inox, acier et métaux non ferreux) d'activité maximale 20 000 Bq/g en $\beta\gamma$ et 370 Bq/g en α , qui sont triés et préparés (tri, découpe, mise au gabarit...), puis fondus à 1 600 °C dans un four électrique à induction. Le four a une capacité de quatre tonnes et est autorisé à traiter 4 500 t/an.

L'unité de fusion, permet, selon les caractéristiques physico-chimiques des déchets métalliques :

- d'en réduire le volume par fusion de déchets métalliques de faible activité puis moulage en lingots acceptables dans les centres de stockage en surface. Le volume des déchets radioactifs ultimes est ainsi notablement réduit et la fusion permet, par ailleurs, d'en déclasser une partie de la catégorie FA à la catégorie TFA du fait de la ségrégation des radioéléments dans les différents produits et sous-produits de la fusion ;
- de recycler des métaux ferreux valorisables, correspondant à des critères métallurgiques précis, en fabriquant des Protections Radiologiques Intégrées (PRI) au sein des coques béton destinées à la réalisation de colis de déchets de moyenne activité utilisés dans les centrales nucléaires.

Le retour d'expérience relatif à la mise en œuvre de la filière montre que la mise en service de l'installation a nécessité cinq années d'instruction. La fusion de déchets métalliques de faible activité permet d'assurer la rentabilité de la filière. Le tonnage valorisé (PRI) est en revanche limité, 615 tonnes ont été valorisés entre 1999 et 2011⁹. L'existence d'exigences métallurgiques importantes concernant l'acier des PRI limite la quantité d'acier recyclée.

Les colis contenant des PRI sont entreposés dans une zone dédiée sur Centraco, ils sont transportés sur les centrales nucléaires (transport ADR – classe 7) et permettent le conditionnement des résines échangeuses d'ions.

Des compléments d'informations sur l'installation, les dispositions retenues en matière de sûreté nucléaire et radioprotection, les rejets sont disponibles sur le site internet <http://www.socodei.fr/documentation/>

⁹ Le four de fusion a été arrêté à la suite de l'accident du 11 septembre 2011. Son redémarrage a été autorisé par l'ASN par décision n° CODEP-DRC-2015-013495 du Président de l'Autorité de sûreté nucléaire du 9 avril 2015.

Filière de valorisation du plomb

À Marcoule, la mise en place d'une filière de décontamination de plomb par fusion remonte aux années 60 avec le recyclage du plomb décontaminé sur le site même de Marcoule. Le rapport CEA n°2153 de 1962¹⁰ en fournit les détails, il présente notamment les mesures réalisées sur le plomb décontaminé.

Dans les années 2000, une nouvelle filière a été mise en place, avec la mise en forme des lingots de plomb décontaminés (sous forme de protections biologiques) dans une fonderie conventionnelle autorisée (D'HUART)¹¹. Cette nouvelle filière plomb (fusion à Marcoule et façonnage dans fonderie conventionnelle) a été mise en place par AREVA (COGEMA) en juin 2003 et reprise de 2005 à 2013 par le CEA.

Le four de décontamination utilisé à Marcoule était un four à induction d'une capacité de 2 tonnes et autorisé à traiter 400 tonnes/an. Les lingots produits étaient coulés dans des lingotières de 450 kg. La radioactivité labile des lingots était inférieure à 0,04 Bq/cm² en alpha et l'activité massique inférieure à 1 Bq/g en beta-gamma.

Projet de filière ASCO métal

À la fin des années 1990, un partenariat entre le CEA propriétaire, SOCOTRI décontamineur et ASCO Métal aciériste avait été étudié pour traiter des conteneurs métalliques ayant transporté de l'uranium sous forme d'UF₆, conteneurs sans usage sur le site du Tricastin. Les caractéristiques de ces conteneurs, tant radiologiques (faible niveau de contamination par de l'uranium naturel) que physiques (acier), ont conduit ses acteurs à envisager un recyclage du métal : le dossier portait sur un premier lot de 700 tonnes puis une production de quelques centaines de tonnes par an.

Le procédé envisagé intégrait la découpe, la décontamination et des contrôles radiologiques réalisés par l'exploitant nucléaire SOCATRI sur site nucléaire puis l'envoi chez l'aciériste ASCO Métal pour valorisation sous forme de lingots. L'ensemble des procédures administratives a duré 4 ans. Des changements à la direction d'ASCO Métal ont toutefois conduit à l'abandon de ce projet par les nouveaux actionnaires.

Projet de filière FEURS métal

Un projet similaire a été envisagé en 2004 par SOCATRI, en partenariat avec la société FEURS Métal, sur des déchets contenant de l'uranium et à produire par des activités de démantèlement d'installations du site du Tricastin. Il portait sur un flux annuel prévisionnel d'environ 10 000 t/an de matériaux métalliques (acier noir et inox).

Des dossiers de demandes d'autorisations ont été déposés, d'une part, auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) par SOCATRI au titre de l'article R. 1333-4 du code de la santé publique et, d'autre part, auprès de la préfecture de la Loire par FEURS Métal en vue de modifier les prescriptions de l'autorisation ICPE pour la réalisation d'essais de fusions de ferrailles. Ces demandes étaient accompagnées d'études d'impact radiologique montrant l'innocuité pour le personnel, l'environnement et le public. Un arrêté préfectoral complémentaire modifiant les prescriptions applicables à l'ICPE de FEURS Métal a été publié le 30 septembre 2004.

¹⁰ Le rapport est disponible sur le lien suivant <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/Public/37/062/37062513.pdf>

¹¹ Robatel industrie a également été autorisé à mettre en forme le plomb décontaminé dans les années 2010.

Un recours pour excès de pouvoir a été déposé le 6 janvier 2005 devant le tribunal administratif de Lyon par des salariés de FEURS Métal, avec le support de la CRIIRAD, de l'ADSE (Association de Défense de la Santé et de l'Environnement) et d'habitants de Feurs (Loire) contre l'arrêté préfectoral du 30 septembre 2004. Par jugement du 24 mai 2007, le Tribunal administratif de Lyon a annulé cet arrêté préfectoral. Les essais autorisés durant la période 2004-2007 n'ont ainsi pas été réalisés.

La filière de valorisation exploitée par Studsvik en Suède

Le groupe suédois Studsvik est implanté dans sept pays : Suède, Royaume-Uni, Allemagne, États-Unis, France, Japon, Suisse. Il propose à ses clients des études et services principalement dans les domaines de l'optimisation des performances des combustibles en réacteur, des études et travaux de démantèlement, pour la gestion et le traitement de déchets faiblement ou très faiblement radioactifs ainsi que pour la gestion et le traitement de déchets NORM (Naturally Occurring Radioactive Material). Le site suédois, situé au bord de la mer baltique au sud de Stockholm, dispose notamment d'un port permettant de recevoir des déchets expédiés par voie maritime et d'installations de fusion, d'incinération et de pyrolyse. Des laboratoires équipés de cellules blindées et d'appareils d'analyse offrent également des outils de caractérisation de matériaux ou déchets radioactifs (combustibles nucléaires irradiés notamment).

L'installation de fusion est en exploitation depuis 1987. Sa capacité annuelle est d'environ 4 000 t pour une autorisation de 5 000 t. Cette installation est dédiée au traitement de déchets métalliques suédois et étrangers afin d'en réduire le volume et de permettre leur recyclage dans l'industrie conventionnelle. Depuis son démarrage, l'installation a traité 40 000 t de déchets métalliques de tout type, en vrac ou de gros composants, comme des générateurs de vapeur, en provenance de plus d'une dizaine de pays.

Le procédé permet aussi, selon les radionucléides, la décontamination des pièces traitées. En effet, en fonction de leurs propriétés chimiques et physiques, les éléments se répartiront préférentiellement entre le bain de fusion, le laitier et les fumées.

Les principales opérations réalisées sur l'installation sont : la découpe et mise au gabarit, le grenailage, si nécessaire, pour permettre une décontamination surfacique de pièces métalliques ou retirer les revêtements pouvant être problématiques lors de la fusion, la fusion, la production de lingots recyclés dans l'industrie conventionnelle après vérification de leur conformité, la production de déchets radioactifs (déchets secondaires) caractérisés et retournés au client pour stockage définitif. La part recyclée représente en moyenne 95% de la masse traitée dans l'installation, les 5% restant sont les déchets radioactifs ultimes qui sont stockés dans le pays d'origine.

Le processus de libération des métaux dans le domaine conventionnel appliqué par les industriels de l'industrie nucléaire suédoise repose sur trois principes fondamentaux :

- la réglementation suédoise établie par l'Autorité de sûreté suédoise (SSM),
- l'application des procédures établies par SKB en déclinaison de la réglementation (guide destiné à tous les acteurs de l'industrie nucléaire suédoise réalisant des opérations de recyclage et pré-requis en matière de formation pour tous les personnels intervenants dans ces opérations),
- le programme de contrôle et d'assurance qualité et les moyens de contrôle.

Dans le cadre de ce processus, une fois que le programme de contrôle est établi par l'industriel ou l'exploitant nucléaire et validé par la SSM, la décision de libérer les objets métalliques est laissée au libre arbitre de l'industriel ou de l'exploitant nucléaire.

La libération de métaux après fusion dans l'installation de Studsvik s'appuie sur des mesures réalisées sur chaque batch de fusion. Des essais de qualification ont permis de valider qu'un échantillon est représentatif d'un batch. Un échantillon par batch (en réalité, trois échantillons sont prélevés, un pour analyse par Studsvik, un pour le client et un conservé en cas de problème ou litige) est donc prélevé et analysé au laboratoire afin de déterminer l'activité massique de chaque élément dans le batch. Les mesures sont ensuite comparées aux valeurs de seuils de libération définis dans la réglementation européenne (EC RP89) et suédoise (notamment, SSM FS 2011 : 2). Lorsque la somme des rapports d'activités massiques ([activité massique mesurée par radioélément] / [seuil de libération par radioélément]) est inférieure à 0,1, les lingots issus du batch ne sont plus considérés comme radioactifs au regard de la réglementation et peuvent donc être libérés sans conditions dans l'industrie conventionnelle. Pour une valeur comprise entre 0,1 et 1, les lingots peuvent être recyclés à l'issue d'une seconde fusion qui apporte une précaution supplémentaire et permet de garantir l'atteinte du critère de 0,1. Cette deuxième fusion est réalisée dans une fonderie conventionnelle dans le cadre d'un contrat entre Studsvik et le fondeur, contrat qui définit précisément les modalités d'utilisation par le fondeur des lingots produits dans l'installation Studsvik. Pour des valeurs supérieures à 1, les lingots ne sont pas recyclables. Ils peuvent être néanmoins recyclés après décroissance radioactive ou renvoyés au client. Par ailleurs, une marge de sécurité de 10% est appliquée aux seuils de 0,1 et 1 afin de prendre en compte les incertitudes d'échantillonnage et de mesures.

Les déchets secondaires, principalement les résidus des opérations de grenailage et de découpe, les poussières de filtration et le laitier de fusion sont conditionnés, caractérisés par spectroscopie gamma et renvoyés au client pour stockage définitif. Le mode de conditionnement est adapté aux spécifications d'acceptation du site de stockage définitif et diffère d'un pays à un autre.

La traçabilité des matières valorisables est assurée depuis le transport et la réception des matières sur le site de Studsvik jusqu'à la validation de l'obtention du critère de 0,1. Au moment de leur production, chaque lingot et chaque échantillon est numéroté afin d'assurer une bonne traçabilité. Toutes les données relatives au traitement et aux mesures sont exploitées et enregistrées conformément au programme de contrôle validé par la SSM et reportées notamment dans le rapport annuel transmis à l'autorité de sûreté suédoise une fois par an et consultable à tout moment par les autorités de sûreté suédoise et du pays d'origine ou le client lui-même.

Le recyclage des métaux en provenance de l'industrie nucléaire a été décidé en Suède en réponse à une problématique domestique relative à une quantité importante de déchets métalliques TFA entreposée dans l'attente d'une décision sur l'exutoire. La solution du recyclage a ensuite été adoptée par d'autres producteurs étrangers de déchets métalliques radioactifs TFA/FA qui utilisent les installations de Studsvik pour réduire significativement les volumes destinés au stockage définitif et recycler la part valorisable. Studsvik indique que l'acceptation de ces opérations par la communauté locale, le public ou les associations de défense de l'environnement ne pose pas de problème majeur et est acquise pour la question du recyclage. En matière de communication, Studsvik organise ou participe à de nombreuses conférences internationales qui sont autant d'occasions de répondre aux questions d'un large public.

28 juillet 2015

Ainsi Studsvik réalise avec succès depuis près de 30 ans, les opérations de fusion et de recyclage de métaux et répond aux exigences imposées, tant en matière de sûreté, de radioprotection, de traçabilité ou de formation de son personnel.

Annexe 2 : modalités envisageables de valorisation des aciers l'usine George Besse d'Eurodif (GB1)

L'usine George Besse d'Eurodif (GB1) a été exploitée de 1979 à mi 2012. Elle assurait l'enrichissement de l'uranium pour la fabrication des combustibles des réacteurs nucléaires civil. L'usine se caractérise par sa taille hors normes : plus de 19 hectares d'installations, comprenant 1 400 étages de diffusion, 1 300 km de tuyauteries représentant près de 200 000 tonnes d'équipements métalliques à démanteler. En fonctionnement, la charge des cascades pouvait atteindre près de 3 000 tonnes d'UF6. De ce fait, une quantité résiduelle voisine de 300 tonnes d'uranium était encore présente au sein des équipements à l'arrêt des opérations d'enrichissement.

Les opérations de démantèlement, au sens large, s'organisent donc en trois phases, le rinçage des équipements, le démantèlement proprement dit et la gestion des déchets.

Le rinçage : programme PRISME (en cours)

Le programme PRISME (Programme de Rinçage Intensif Suivi de la Mise sous air d'Eurodif) consiste en un rinçage intensif des équipements, réalisé par injection de trifluorure de chlore (ClF3). Il vise à extraire les 300 tonnes d'uranium résiduels tant dans le but de valoriser ces quantités que dans celui de réduire significativement le contenu radiologique ou toxique des équipements et donc d'optimiser les opérations de démantèlement (en particulier la radioprotection des opérateurs) et la future gestion des déchets. Après contrôle, les installations seront mises sous air. Cette opération permettra de produire des déchets de très faible activité et de maîtriser les risques d'exposition chimiques et radiologiques des personnels dans la phase de démantèlement. Débutée en 2013, l'opération PRISME devrait durer trois ans.

Le démantèlement de l'usine Georges Besse.

Le démantèlement consistera à déposer les équipements, déconstruire les diffuseurs, concasser les barrières, découper les éléments métalliques et conditionner les déchets. Environ 150 000 tonnes d'acier, de composition relativement homogène, et donc potentiellement réutilisables, seront ainsi disponibles.

Ces opérations devraient durer une dizaine d'années et permettront une réduction significative du volume des équipements dans un rapport de 4 à 5.

La gestion des aciers : l'option du recyclage, étude en cours.

Compte tenu de la qualité des aciers des équipements, de leur volume, même après réduction de volume et des problématiques de consommation des capacités des centres de stockage des déchets radioactifs, AREVA étudie la mise en œuvre d'un démonstrateur de fusion décontaminante sur le site du Tricastin et la possibilité de valoriser les matières, décontaminées par ce procédé, dans l'industrie conventionnelle. Cette option est présentée dans le plan de démantèlement mais ne constitue pas le scénario retenu dans le dossier de demande de démantèlement déposé en mars 2015.

Cette fusion décontaminante, en vue de recyclage, est techniquement possible en raison des spécificités radiologiques des métaux (très faible niveau de contamination surfacique résiduelle par l'uranium, suite notamment à l'opération PRISME) et leur nuance d'acier homogène. Elle permettrait d'éviter le stockage de 115 000 m³ (sur 150 000 m³) de déchets. Les déchets ultimes seront ceux dans lesquels se concentre l'activité radiologique : le laitier de fusion. L'ensemble des

impacts sanitaires et environnementaux (protection des travailleurs / rejets et déchets) font l'objet d'une attention particulière.

La fusion « décontaminante » pour des aciers très faiblement contaminés par de l'uranium

L'opération de fusion projetée au sein du site du Tricastin, pour des raisons de sûreté et d'optimisation industrielle, permettrait une décontamination importante des aciers contaminés par de l'uranium. La fusion des ferrailles génère deux phases distinctes :

- le métal liquide,
- le laitier, de densité plus faible, qui surnage sur le métal liquide.

Le laitier est composé de divers oxydes et impuretés favorisant le transfert de certains éléments chimiques nocifs du métal. L'uranium présent de manière résiduelle sur les aciers accompagne le laitier.

Les campagnes réalisées sur des quantités significatives (supérieure à 1000 t) par les installations industrielles de Studsvik (Suède) et Siempelkamp (Allemagne) montrent que le facteur de décontamination observé est de l'ordre de 99% et que l'activité des matériaux à valoriser est inférieure à 0,2 Bq/g.

Les garanties sur la propreté radiologique de la matière à valoriser

Le procédé étudié permet de manière opérationnelle la mise en œuvre d'au moins trois lignes de défense successives et indépendantes :

- la première ligne de défense est constituée par les opérations de décontamination (PRISME et fusion),
- la deuxième ligne de défense est fondée sur les contrôles radiologiques successifs lors des opérations,
- la troisième ligne de défense est assurée par les mesures réalisées en sortie du site du Tricastin.

Ce type d'organisation est mis en œuvre industriellement par ailleurs dans le monde (États-Unis, Allemagne, Suède...).

Filières de valorisation de matériaux recyclables issus de la fusion décontaminante

Les filières envisagées sont l'industrie lourde, au regard de l'importante quantité concernée même si le flux (env. 10 000 t/an) reste très faible au regard de la production nationale (ratio de 1/1000). Un élargissement vers toute autre utilisation est à envisager en garantissant une traçabilité équivalente.

Les études préliminaires d'évaluation des impacts environnementaux menées dans le cadre de ce projet confirment un avantage au scénario faisant appel au recyclage (versus mise en déchets). Cet avantage trouve essentiellement son origine dans l'économie des matières premières, ainsi que dans la réduction des activités de transport.

Démarche administrative

La démarche administrative pour la mise en œuvre du projet de fusion des aciers issus de l'usine Georges Besse comprend, dans le cadre réglementaire actuel, *a priori* deux étapes distinctes. Une première étape consiste à soumettre une demande de dérogation dans le cadre de l'article R. 1333-4 du code de la santé publique pour pouvoir décontaminer les métaux concernés et les utiliser en tant que matières pour des applications à préciser dans l'autorisation. La deuxième étape consiste à déposer une demande d'autorisation d'exploiter pour l'ICPE de traitement des aciers auprès du préfet concerné.

28 juillet 2015

Information du public

AREVA propose de mettre en place une démarche d'information sur le projet de fusion des aciers issus du démantèlement de l'usine Georges Besse avec pour objectif d'impliquer les parties prenantes les plus concernées dès le début du projet et très tôt dans le processus pour les tenir informées régulièrement et prendre en compte leurs remarques, interrogations, etc.

Annexe 3 : Comportement des radionucléides et valeurs de référence 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 |