



Plan National

de gestion des matières et des déchets radioactifs

2016-2018

Traitement et valorisation des grands lots homogènes de
matériaux métalliques TFA provenant

- De l'usine Georges Besse d'EURODIF
- Des générateurs de vapeur des CNPE EDF

Dossier en réponse à l'article 24 de l'arrêté du 23 février 2017.



VALORISATION DES MATERIAUX DE TRES FAIBLE ACTIVITE

Table des matières

Chapitre 1 - Introduction, contexte et objectifs – rappels de la stratégie des industriels.....	6
1.1 Introduction	6
1.2 Contexte.....	6
1.3 Conditions de réussite.....	7
1.4 Analyse du Cycle de Vie	8
1.5 Le périmètre de l'étude.....	10
Chapitre 2 - Les exigences réglementaires et les recommandations du GT sur la valorisation des matériaux de très faible activité.....	11
2.1 Statut réglementaire de l'installation.....	11
2.1.1 Statut réglementaire de l'ITMF	11
2.1.2 Autorisations nécessaires : Construction et exploitation de l'ITMF	11
2.2 Exigences formulées par le code de la santé publique	11
2.3 Exigences formulées par l'arrêté du 5 mai 2009.....	12
2.4 Recommandations du GT (rapport du 28/07/2015)	12
PARTIE 1	13
Chapitre 3 - Flux et caractéristiques des matériaux métalliques entrants	13
3.1 Matériaux provenant de GB - flux et caractéristiques des lots	13
3.2 Matériaux provenant des GV EDF - flux et caractéristiques des lots	18
Chapitre 4 - L'Installation de Traitement des Métaux TFA par Fusion (ITMF)	23
4.1 Implantation	23
4.2 Flux et caractéristiques des lots d'entrée.....	23
4.3 Descriptif technique de l'ITMF et les performances attendues.....	24

4.3.1	Principe de décontamination du métal.....	24
4.3.2	Présentation générale	26
4.3.3	Les capacités d'entreposage amont.....	28
4.3.4	Zone 1 - Réception, expédition, préparation et entreposages des matériaux ..	29
4.3.5	Zone 2 - Préparation des charges	30
4.3.6	Zone 3 – Le four de fusion électrique à arc	31
4.3.7	Zone 4 - Le four affinage (ou four poche),	34
4.3.8	Zone 6 - Coulée, solidification et conditionnement des lingots,.....	35
4.3.9	Zone 8-Ventilation et filtration.....	35
4.3.10	Les zones 9, 10, 11, 12.....	36
4.3.11	Les capacités d'entreposage aval	36
4.4	Flux de traitement de l'ITMF	37
4.5	Qualification et performances attendues de l'ITMF.....	38
4.6	Echantillonnage et mesures nucléaires dans l'ITMF.....	39
4.7	Traçabilité des flux dans l'ITMF.....	40
4.7.1	Introduction	40
4.7.2	La traçabilité des produits amont et aval de l'ITMF.....	41
4.7.3	Le suivi d'exploitation de l'ITMF	41
4.8	Maintenance des fours et équipements annexes.....	42
Chapitre 5 - Les produits et déchets en sortie de l'ITMF.....		44
5.1	Les métaux valorisables après fusion.....	44
5.2	Les déchets non valorisés et effluents de traitement issus de l'ITMF	44
5.2.1	Les déchets non valorisés issus de l'ITMF	44
5.2.2	Les effluents gazeux issus de l'ITMF.....	45
5.3	Le transport des produits issus de l'ITMF	46
Chapitre 6 - Les options de sûreté et de radioprotection.....		48
6.1	Objectifs généraux de sûreté de l'installation	48
6.2	Statut réglementaire de l'installation et Réglementation	48
6.3	Méthodologie.....	48
6.4	Recensement des risques potentiels.....	49
6.4.1	Analyse des risques liés à l'environnement.....	49
6.4.2	Analyse des risques liés à l'installation (ITMF)	50
6.4.3	Organisation et moyens d'intervention en cas de situation dégradée	52
PARTIE 2.....		54
Chapitre 7 - Les filières de recyclage.....		54

7.1	Introduction	54
7.2	Cadre réglementaire et recommandations du GT	54
7.3	Description des filières de recyclage	56
7.3.1	Description de filières industrielles	56
7.3.2	Le marché du recyclage des métaux.....	62
7.3.3	L'approche méthodologique	63
7.3.4	Les produits finis	64
7.3.5	Bilans des quantités de lingots valorisables	70
7.4	Conditions de traçabilité des filières de recyclage	71
7.5	Conclusion de la faisabilité des filières de valorisation	72
PARTIE 3		73
Chapitre 8 - Analyse de risques et d'opportunités.....		73
8.1	Introduction	73
8.2	Synthèse de l'analyse de risques	73
Chapitre 9 - Le calendrier prévisionnel de la mise en service de l'ITMF		75
9.1	Chronologie des différentes étapes de planification	75
9.2	Planning de réalisation du projet ITMF jusqu'à la mise en service.....	79

Avertissement

Les photos et les schémas sont présentés dans ce dossier à des fins d'illustration et ne sont pas contractuels.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 5/85
--	-----------------	-----------	-------------

Chapitre 1 - Introduction, contexte et objectifs – rappels de la stratégie des industriels

1.1 Introduction

Ce document décrit la filière de traitement et de valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques de Très Faible Activité (TFA) issus du démantèlement de l'Installation Nucléaire de Base (INB 93) Georges Besse de la société EURODIF-Production (GB) et des Générateurs de Vapeur (GV) provenant des Centres Nucléaires de Production d'Electricité d'EDF (CNPE).

Dans la partie 1, sont décrites les options techniques, de sûreté et de radioprotection de l'Installation de Traitement des Métaux par Fusion (ITMF). Le traitement des grands lots homogènes¹ de matériaux métalliques TFA, les principales caractéristiques des produits entrants et sortants, les produits solides non valorisés, les effluents gazeux et liquides produits sont également présentés.

La partie 2 présente les différentes filières potentielles de valorisation des métaux issus de l'ITMF.

L'analyse de risques et d'opportunités et le calendrier prévisionnel des différentes étapes jusqu'à la mise en service de l'ITMF sont présentés en partie 3.

Un tableau des principales abréviations présentes dans le document est joint en fin de document.

1.2 Contexte

Les opérations de démantèlement de l'installation d'enrichissement Georges Besse et de déconstruction des générateurs de vapeur conduisent à la production d'un volume significatif de matériaux métalliques TFA qui pourraient être potentiellement réutilisables. Le recyclage des matériaux métalliques pourrait générer une source potentielle de matière première dans la mesure où cette filière de valorisation présenterait notamment une rentabilité économique et un bilan environnemental plus favorable qu'une filière de stockage.

Les déchets TFA sont stockés au Centre de Stockage des Déchets de Très Faible Activité (CSTFA) situé à Morvilliers (Aube). Ce centre est géré par l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs (ANDRA).

La France a fait le choix de gérer de manière spécifique tous les matériaux issus des zones dites à production possible de déchets nucléaires. Cette approche conservatrice est de nature à générer des quantités importantes de déchets (notamment métalliques) devant être

¹ Les grands lots homogènes sont des lots de plusieurs milliers de tonnes dont les caractéristiques radiologiques et chimiques sont similaires à l'intérieur du lot.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 6/85
--	-----------------	-----------	-------------

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.²

Contrairement aux pratiques internationales, il n'y a donc pas en France actuellement de « seuil de libération » en dessous-duquel ces matériaux pourraient être recyclés, avec ou sans contrainte, dans une filière conventionnelle.

L'article R.1333-3 du code de la santé publique permet cependant d'envisager, sous couvert d'une dérogation et sous certaines conditions, 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.

Le travail réalisé sur la valorisation des métaux présenté dans cette note s'inscrit dans ce cadre réglementaire et ne préjuge pas d'une éventuelle évolution de la réglementation dans les années à venir.

Dans le cadre du PNGMDR 2016-2018, il est demandé aux sociétés Orano et EDF, un dossier présentant le traitement et la valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA, provenant du démantèlement de l'usine Georges Besse et des générateurs de vapeur des CNPE d'EDF.

L'Article 24 (arrêté du 23/02/2017) précise :

*« Sur la base des recommandations du rapport du groupe de travail sur la valorisation des matériaux TFA susvisé, AREVA et EDF remettent **avant le 30 juin 2018** au ministre chargé de l'énergie un dossier qui comprend :*

- i. **Une présentation des options techniques et de sûreté** (d'un niveau avant-projet sommaire) d'une installation de traitement de leurs grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA avec son **calendrier de mise en service** ;*
- ii. **Une description des filières de gestion associées**, qui doivent prioritairement être recherchées dans la filière nucléaire.*
- iii. **L'ASN et l'ASND sont saisies pour avis sur ce dossier... ».***

Le groupe de travail susmentionné a été mis en place à la demande de l'ASN et la DGEC. Il a émis des recommandations dans un rapport daté du 28 juillet 2015. Ces dernières sont présentées au paragraphe 2.4 (pour celles relevant de la fusion au sein de l'ITMF), et au paragraphe 7.2 (pour celles relevant des filières de recyclage des métaux).

1.3 Conditions de réussite

L'étude d'une filière de valorisation des matériaux métalliques TFA, issus du démantèlement de GB et de la segmentation des GV provenant des CNPE d'EDF, s'inscrit pleinement dans une démarche de préservation des ressources naturelles (ressources stockage, minerais de

² 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.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 7/85
--	-----------------	-----------	-------------

fer), réduction des volumes de déchets produits et limitation de production de gaz à effet de serre.

Orano et EDF sont favorables à la mise en place d'une telle filière. Sa mise en place effective repose sur les préalables ci-dessous :

- Confirmer les conditions techniques permettant de garantir le caractère valorisable des lingots produits dans les filières retenues, sans modification des procédés de façonnage existants et sans contrainte de radioprotection, en s'appuyant notamment sur la réalisation d'un programme de qualification, tout en garantissant la compatibilité des déchets issus de l'ITMF avec la filière de stockage TFA.
- Disposer d'un processus réglementaire adapté (dossier de dérogation, demande d'autorisation environnementale, ...) permettant notamment l'obtention d'une dérogation³ pour l'utilisation de ces matériaux métalliques dans les domaines nucléaire et conventionnel dans un délai compatible avec les études et la mise en service industrielle de l'installation.
- Confirmer, au cours des différentes étapes techniques et réglementaires préalables à la MSI, la performance économique du projet sur le long terme.
- Disposer d'accords avec les industriels de filières de valorisation des lingots produits.

1.4 Analyse du Cycle de Vie

La filière opérationnelle existante de gestion des déchets nucléaires en France conduit au stockage des déchets TFA au CIREC (CSTFA). Cette filière est identifiée par **1** dans le schéma ci-dessous.

La filière de valorisation permet de réinjecter les métaux dans la filière de recyclage (identifiée par **2** dans le schéma ci-dessous) et d'économiser, d'une part, la ressource limitée que constitue le stockage TFA et, d'autre part, l'extraction du minerai de fer et du charbon nécessaire à la production équivalente d'acier neuf.

La figure 1 présente le cycle de vie du métal dans le cadre de la filière de référence (stockage sans valorisation) et de la filière de valorisation des métaux. Certaines de ces étapes pourraient être considérées identiques dans les deux scénarios, en particulier, les phases amont de démontage de ces équipements et les phases aval comme le façonnage dans les aciéries et les fonderies.

Les phases spécifiques principales entre les deux scénarios sont :

- Pour le cycle de vie du scénario « stockage direct », celles de l'extraction de minerai nécessaire à la fabrication du métal en sidérurgie, le transport et le

³ Articles 1333-2 à 4 du code de la santé publique.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 8/85
--	-----------------	-----------	-------------

stockage au CIREs de l'ensemble des métaux non valorisés provenant du démantèlement de GB et des GV.

- Pour le cycle de vie du scénario de valorisation, celles du traitement des métaux récupérés à l'ITMF et le transport et le recyclage des métaux vers les aciéries et les fonderies pour l'élaboration des produits finis.

D'un point de vue qualitatif, les faibles différences des étapes communes entre les deux scénarios conduisent à faire, à ce stade, une comparaison des étapes :

- D'une part de fabrication des métaux à partir du minerai de fer **3** et le stockage des déchets **1** sans valorisation,
- D'autre part le traitement des métaux dans l'ITMF et le stockage des déchets résiduels de l'ITMF.

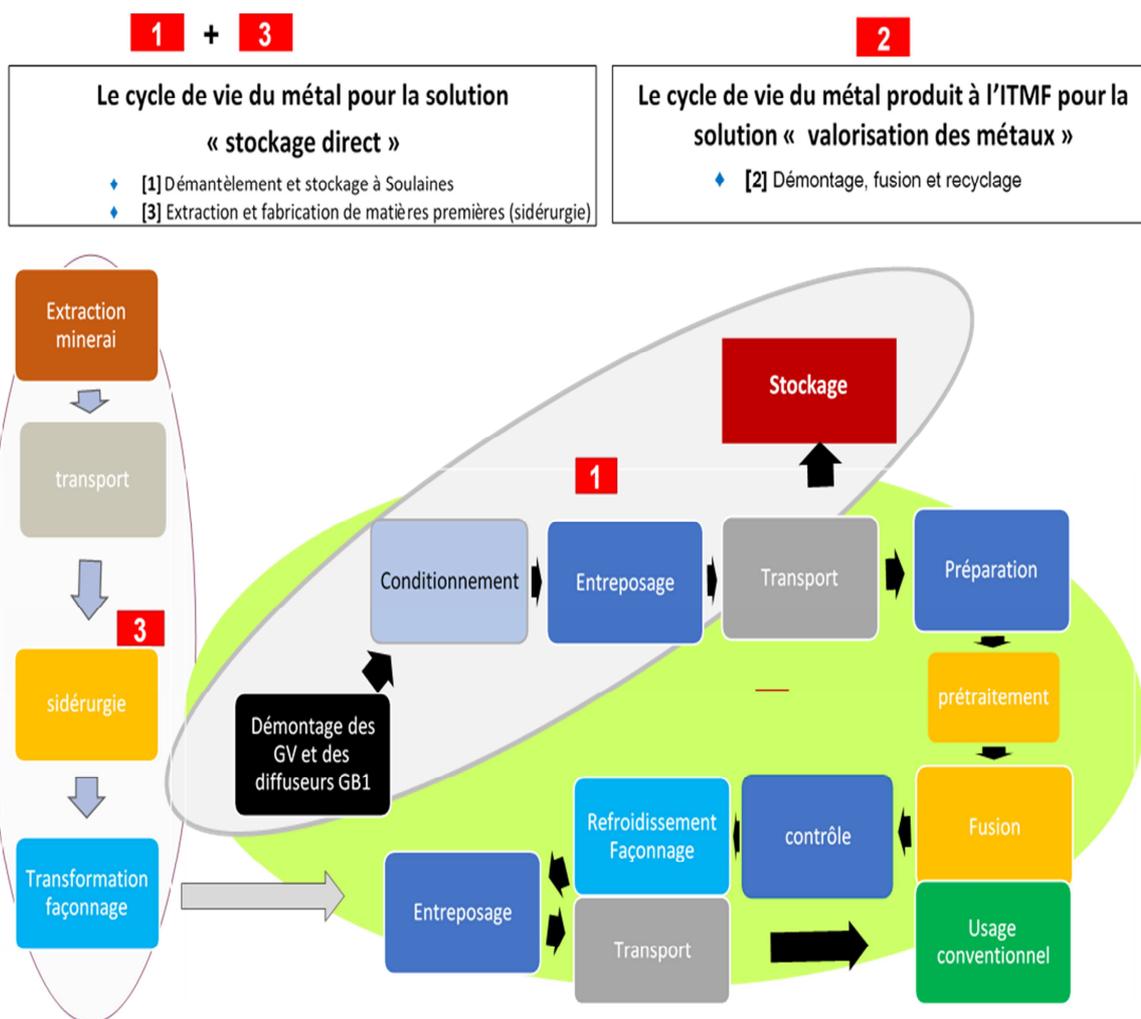


Figure 1- Cycle de vie du métal dans le cadre de la filière « stockage direct » et de la filière de valorisation des métaux

Les enjeux environnementaux sont principalement :

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 9/85
--	-----------------	-----------	-------------

- La préservation de la ressource stockage des déchets TFA qui doit être réservée aux déchets (par définition non valorisables).
- L'épuisement des ressources. L'enjeu du recyclage des métaux prend tout son sens dans le cadre de l'économie circulaire et du développement durable qui s'inspirent notamment des notions d'économie en regard principalement de la production du métal primaire.
- Le réchauffement climatique. Malgré les améliorations réalisées par les industriels du secteur, des études d'ACV devront notamment démontrer que la production de métal primaire à partir de minerai reste plus impactante pour l'environnement que les différentes étapes associées au scénario valorisation par recyclage des métaux.

1.5 Le périmètre de l'étude

Le périmètre de l'étude est représenté par la figure ci-dessous :

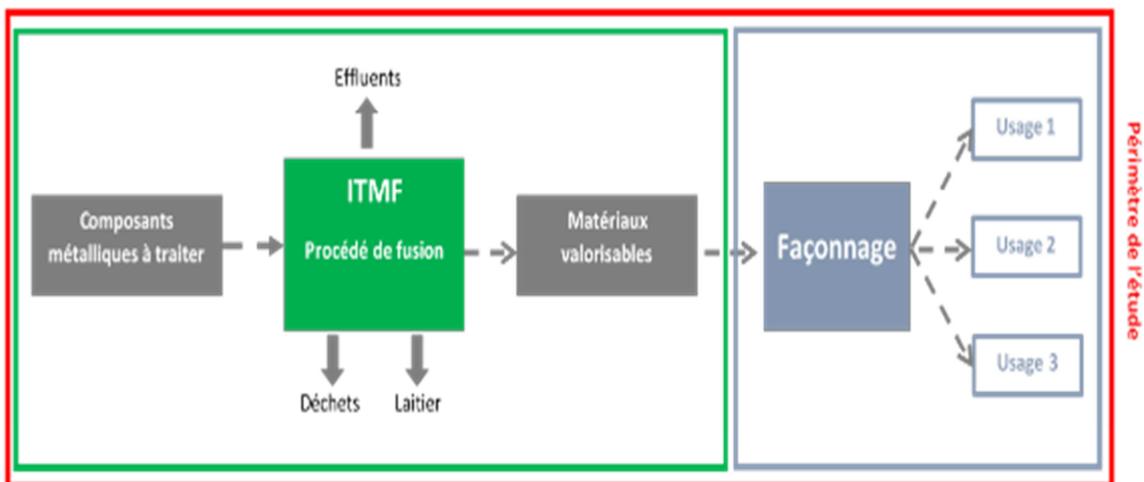


Figure 2 - Périmètre de l'étude

Deux parties composent cet ensemble (cadre rouge) :

- L'installation de fusion ITMF (cadre vert) avec toutes les installations annexes nécessaires à son fonctionnement (approvisionnement en consommables et additifs, gestion et expédition des produits non valorisés, réception des aciers et expédition des lingots, ...).
- Le façonnage et les filières de valorisation associées (cadre bleu).

Chapitre 2 - Les exigences réglementaires et les recommandations du GT sur la valorisation des matériaux de très faible activité

2.1 Statut réglementaire de l'installation

2.1.1 Statut réglementaire de l'ITMF

L'ITMF sera soumise à la réglementation des Installations Classées Pour l'Environnement (ICPE) du fait des caractéristiques chimiques et radiochimiques des matériaux à traiter ainsi que des quantités d'uranium présentes dans les équipements de traitement. Les principales rubriques concernées sont à ce jour :

- Rubrique 1716, relative à la présence de substances radioactives,
- Rubrique 2797, relative à la gestion des déchets radioactifs,
- Rubrique 2551 relative à l'activité fonderie,
- Rubrique 3240, relative à l'exploitation de fonderie de métaux ferreux,
- Rubrique 2545, relative à la fabrication d'acier et de fonte,
- Rubrique 3220, relative à la production de fonte ou d'acier.

2.1.2 Autorisations nécessaires : Construction et exploitation de l'ITMF

Les autorisations nécessaires seront les suivantes :

- La dérogation au titre de l'article R1333- 4 du Code de la santé Publique (CSP) pour le recyclage des matériaux issus de GB et des GV, préalablement traités dans l'ITMF.
- L'autorisation environnementale au titre de la réglementation des installations classées pour l'environnement.
- Le permis de construire de l'installation au titre du code de l'urbanisme.

Le planning prévisionnel des demandes d'autorisation et de dérogation est présenté au chapitre 9.2.

2.2 Exigences formulées par le code de la santé publique

Les articles R1333-1 à 4 du Code de la Santé Publique (CSP) définissent, pour les activités nucléaires, les dispositions et les conditions (interdiction, dérogation) relatives à l'addition intentionnelle ou l'utilisation de radionucléides naturels ou artificiels dans les produits de construction et les biens de consommation.

Les denrées alimentaires et les eaux de consommation, les jouets, parures et produits cosmétiques sont exclus. Les avis de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) sont notamment requis (R1333-4 CSP). Une dérogation

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 11/85
--	-----------------	-----------	--------------

peut être accordée et est alors publiée sur le site internet du Haut Comité pour la Transparence et l'Information sur la Sécurité Nucléaire (HCTISN).

2.3 Exigences formulées par l'arrêté du 5 mai 2009

L'arrêté du 5 mai 2009 (article 1) indique, pour toute demande de dérogation, les éléments du dossier comprenant notamment :

- La méthodologie,
- Un document décrivant le procédé⁴,
- L'étude d'impact⁵ (impact du procédé, évaluation et justification des doses d'exposition, modalités d'informations, ...),
- La note de justification des avantages et inconvénients du procédé de fabrication et des produits utilisés notamment en matière sanitaire, sociale, économique, scientifique ou de sécurité rapportée aux risques inhérents à l'exposition aux rayonnements ionisants.

2.4 Recommandations du GT (rapport du 28/07/2015)

Outre les textes réglementaires relatifs aux ICPE cités ci-dessus, le tableau 1 rappelle les recommandations R1 à R4 du groupe de travail concernant l'ITMF. (Voir paragraphe 1.2.2 présentation du GT).

Référence des recommandations du GT	Texte
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.

Tableau 1 - Recommandations du GT

⁴ Sont précisés « la nature de l'installation ou du procédé à l'origine de l'addition de radionucléides, ses caractéristiques techniques, ses principes de fonctionnement, l'identité des radionucléides engendrés ou incorporés par le procédé de fabrication et leurs caractéristiques physiques, chimiques et radiologiques, ainsi que les moyens de contrôle et de surveillance de l'activité et les mesures prévues en cas de fonctionnement anormal ».

⁵ Est précisé : « ... Cette étude présentera notamment l'évaluation des doses des personnes susceptibles d'être exposées au rayonnement du bien de consommation ou du produit de construction, depuis sa fabrication jusqu'à son élimination en prenant en compte l'ensemble des voies d'exposition (externe et interne) ... ».

PARTIE 1

Chapitre 3 - Flux et caractéristiques des matériaux métalliques entrants

3.1 Matériaux provenant de GB - flux et caractéristiques des lots

Présentation de GB et des équipements

L'usine d'enrichissement Georges Besse (INB 93), implantée sur le site du Tricastin, est composée de 4 usines (Usines 110 à 140). Ce sont notamment 1400 étages de diffusion répartis en 70 groupes de 20 diffuseurs.



Figure 3 - L'INB 93 Georges Besse

L'exploitant a déposé en mars 2015 la demande d'autorisation de procéder au démantèlement de l'INB 93, notamment celle des diffuseurs et des circuits reliant ces équipements.



Figure 4 - Les diffuseurs et les liaisons associés

Tel que mentionné dans le document de

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 13/85
--	-----------------	-----------	--------------

demande d'autorisation du démantèlement de GB, le démantèlement des diffuseurs consisterait en plusieurs opérations :

- Dépose et manutention des diffuseurs.
- Déconstruction des diffuseurs (DEC).
- Concassage des barrières de diffusion (TB).
- Découpe des matériaux métalliques au gabarit (MAG).
- Traitement et conditionnement des matériaux (TC).
- Expédition des matériaux métalliques vers l'entreposage puis vers l'ITMF.

Les unités de traitement et de conditionnement des matériaux de GB se situeraient sur le site de GB telles que présentées sur les photos et schémas suivants :



Figure 5 - Implantation de l'INB 93 sur le site du Tricastin



Figure 6 - Les unités de traitement et de conditionnement des matériaux de GB

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 14/85
--	-----------------	-----------	--------------

Le scénario actuel de démantèlement des diffuseurs est schématisé dans la figure ci-dessous :

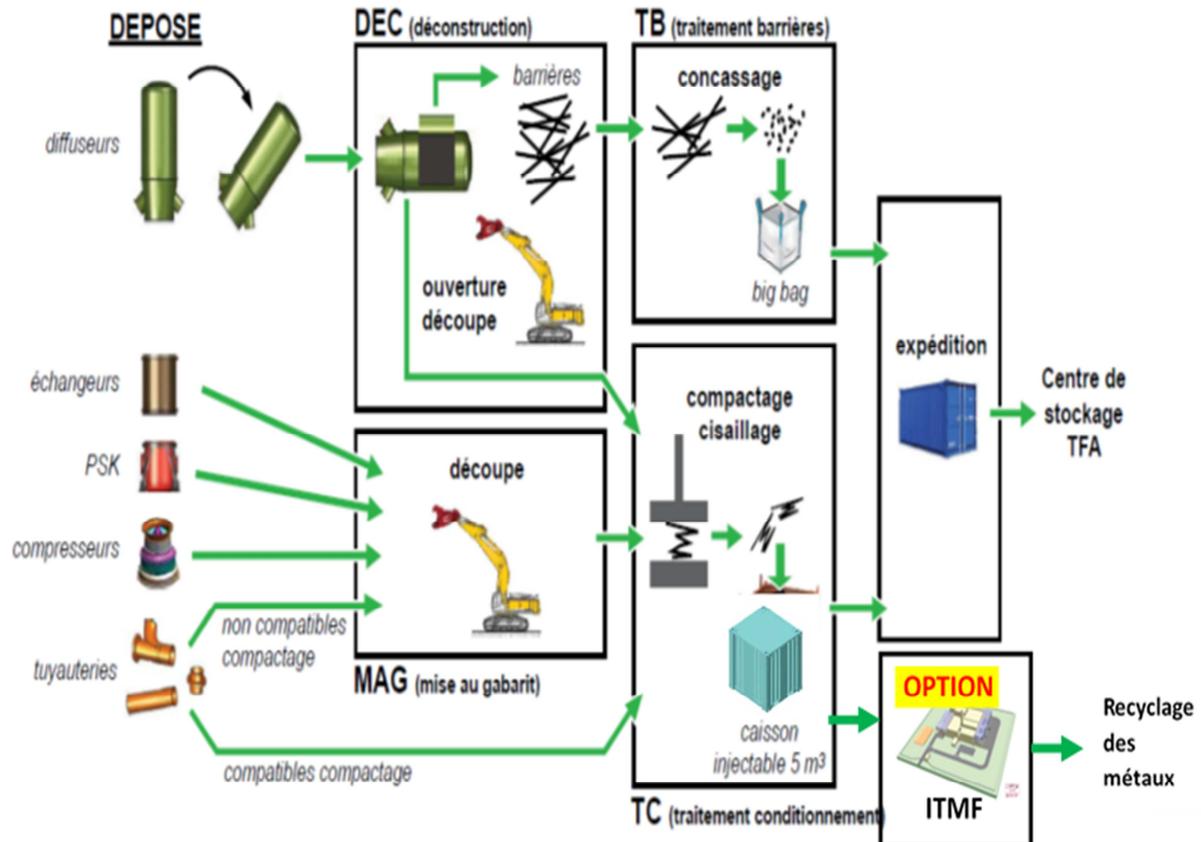


Figure 7 - Les étapes de démantèlement des diffuseurs

Le démantèlement des installations GB va générer globalement :

- En masse : 35 % de matériaux à conditionner et à stocker au centre de stockage TFA et 65 % de matériaux métalliques potentiellement valorisables. Ces derniers représentent 136 000 t environ (cf. Tableau 2 - Inventaires des aciers GB et ses principaux composants).
- En volume, ces matériaux potentiellement valorisables représenteraient une économie en stockage de l'ordre de 90 000 m³ selon les scénarios actuels de découpe / conditionnement.

Flux et caractéristiques des matériaux provenant de GB :

Les matériaux métalliques provenant de la déconstruction de l'usine GB seraient déposés et conditionnés par catégories de ferraille au niveau du chantier de déconstruction. Ils seraient conditionnés dans des caisses navette et entreposés en sous-dalles dans les usines, tout d'abord l'usine 140 puis 130 dans le but de réguler les flux amont et aval entre les activités de déconstruction d'une part et les flux de production de l'ITMF d'autre part.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 15/85
--	-----------------	-----------	--------------

Le hall d'expédition permettrait d'entreposer les caisses navettes vides ainsi que celles en attente de contrôle ou d'expédition vers le bâtiment ITMF.

Les étages de diffusion de tailles différentes et leurs tuyauteries associées sont composés de plusieurs éléments présentés par la vue d'ensemble ci-dessous :

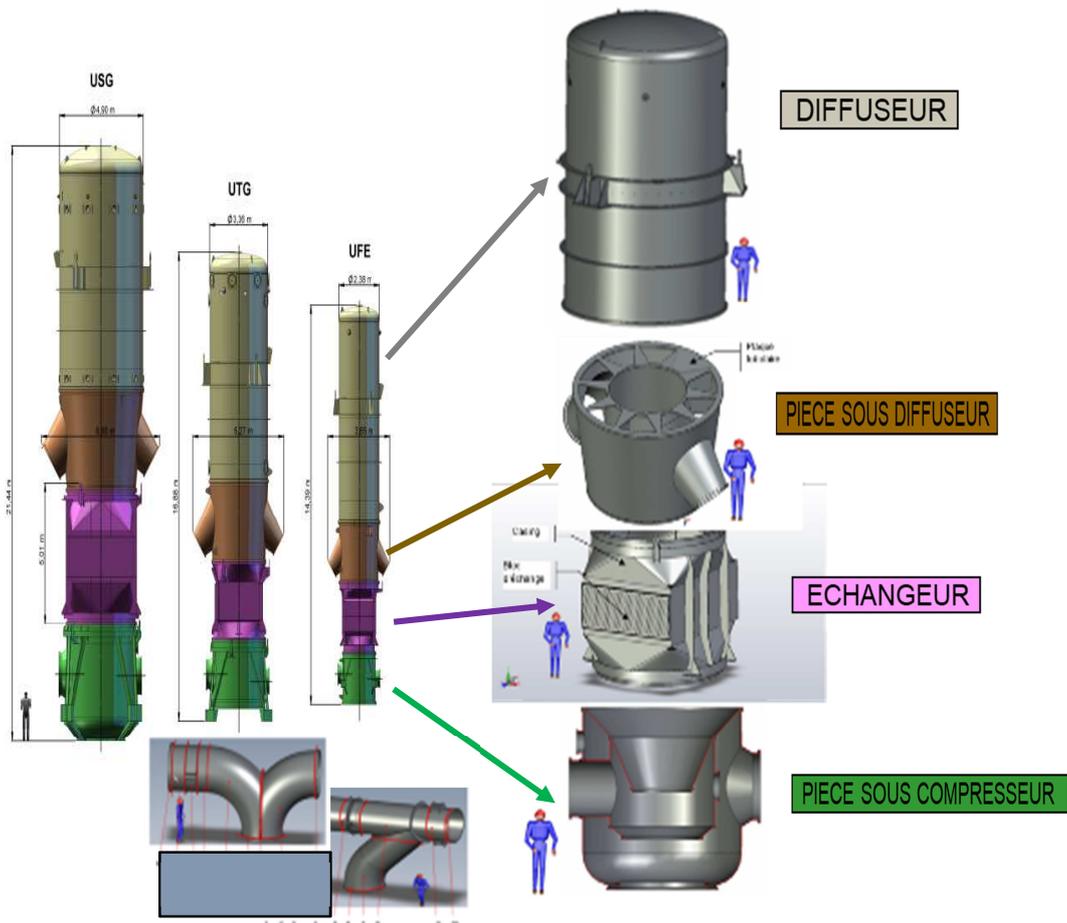


Figure 8 - Coupe d'un étage de diffusion et ses liaisons associées

Après la mise à l'arrêt de l'installation en 2012, des opérations dénommées PRISME⁶ de macération et de rinçage ont été effectuées afin :

- De retirer l'uranium résiduel encore présent à l'intérieur des équipements,
- D'hydrolyser sous air humide les circuits afin d'éliminer le risque chimique de la présence de fluor introduit par ces rinçages.

⁶ PRISME : Programme de Rinçage Intensif Suivi de la Mise sous air d'EURODIF

Le tableau suivant indique les quantités des différentes catégories d'aciers produites par la déconstruction des diffuseurs et des tuyauteries associées (GB) et la quantité des principaux éléments complémentaires constitutifs de l'acier composant chaque étage de diffusion :

Ferrailles GB	Origine	Masse (tonnes)	Eléments complémentaires (tonnes)				
			P	Cr	Ni	Cu	Al
Acier Kanigéné	Cascade de diffusion et tuyauteries de liaison	135 000	46	/	600	11	66
Acier Inox	Tuyauteries inox	1 130	/	102	134	/	/
TOTAL	-	136 130	46	102	734	11	66

Tableau 2 - Inventaires des aciers GB et ses principaux composants

Les aciers à traiter provenant de GB sont constitués d'acier au carbone additivés d'éléments complémentaires comme le phosphore, le nickel pour les aciers kanigénés et d'aciers inoxydables. Cette additivation permettait d'améliorer les caractéristiques mécaniques ou la résistance à la corrosion.

L'inventaire de l'usine GB présente aussi, en quantité modérée, divers éléments en acier et aluminium, inox (Z2CN 18 10), inconel, cuivre ainsi que différents autres composants non métalliques (résidus de corrosion ou de traitement, alumine frittée provenant des barrières de diffusion, ...) en très faible quantité. Ces différents matériaux seront triés en amont des opérations de découpes lorsqu'ils proviendront d'équipements indépendants. Il n'est pas prévu de traitement par fusion des équipements en aluminium.

La contamination du métal est apportée par l'uranium et ses isotopes naturels U^{234} , U^{235} et U^{238} ainsi que ses éléments de filiation (Pa, Th...). Des traces d'autres radionucléides peuvent être présentes à des teneurs conformes à la spécification de composition de l'uranium commercial (norme ASTM).

Ces aciers seront caractérisés notamment selon leur spécificité radiologique (quantité totale d'uranium, part d'enrichissement en U^{235} et activité massique totale) avant leur conditionnement en caisse navette. L'activité radiologique résiduelle des aciers avant traitement est de quelques Bq/g. La teneur en U^{235}/U^{238} est inférieure à 5 %. L'activité radiologique massique par caisse navette est limitée à 100 Bq/g.

Les pièces seront triées et découpées par le producteur selon les dimensions préconisées. Le format potentiellement retenu des pièces à ce stade est défini suivant des dimensions calibrées et celui des pièces unitaires de masse limitée :

- des pièces en vrac, de masse d'environ 200 kilogrammes ;
- des pièces unitaires, sous conditions (voir § 4.3.5 et suivant, pour le chargement dans le four) de masse maximale d'environ 4 tonnes.

La chronique globale envisagée d'enclenchement des étapes de démantèlement de l'usine George Besse, depuis la dépose, le traitement des étages de diffusion jusqu'à la découpe des aciers provenant de GB a été établie selon une logique en 3 temps :

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 17/85
--	-----------------	-----------	--------------

- De 2028 à 2031 : dépose et traitement des équipements nécessaires à la construction de certaines unités de traitement (hors diffuseurs) ;
- De 2032 à 2040 : dépose et traitement des équipements provenant des usines 130 et 140 ;
- De 2041 à 2046 : dépose et traitement des équipements provenant des usines 120 et 110.

Les quantités mises en œuvre pour le démantèlement de l'installation GB vont conduire à traiter principalement ces deux types d'acier (acier noir kanigéné et acier inoxydable) découpés et conditionnés entre 2028 et 2046 suivant le graphe ci-dessous :

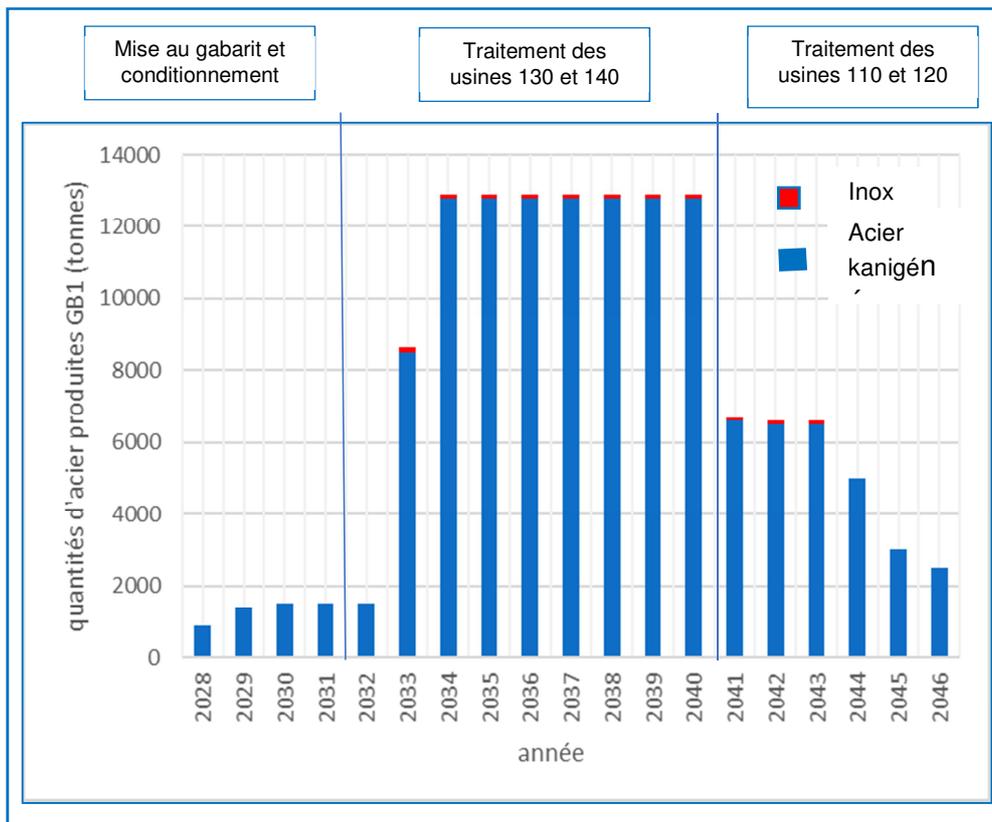


Figure 9 - Flux de référence de production de métaux provenant de GB pour l'ITMF

3.2 Matériaux provenant des GV EDF - flux et caractéristiques des lots

Présentation des générateurs de vapeur

Le générateur de vapeur (GV) est un échangeur de chaleur qui alimente l'énergie du circuit primaire pour transformer l'eau du circuit secondaire en vapeur qui alimentera la turbine.

Il s'agit d'un échangeur à virole verticale et tubes en U renversés (faisceau tubulaire), équipé dans sa partie supérieure de matériels de séparation et de séchage eau-vapeur. Le fluide primaire du réacteur s'écoule à travers les tubes en U, entrant et sortant par les orifices situés dans le fond hémisphérique (boîte à eau).

Le générateur de vapeur comporte deux enceintes distinctes, l'une contenant le fluide primaire (enceinte primaire), l'autre contenant l'eau alimentaire secondaire provenant du condenseur et la vapeur produite par l'échange de chaleur (enceinte secondaire).

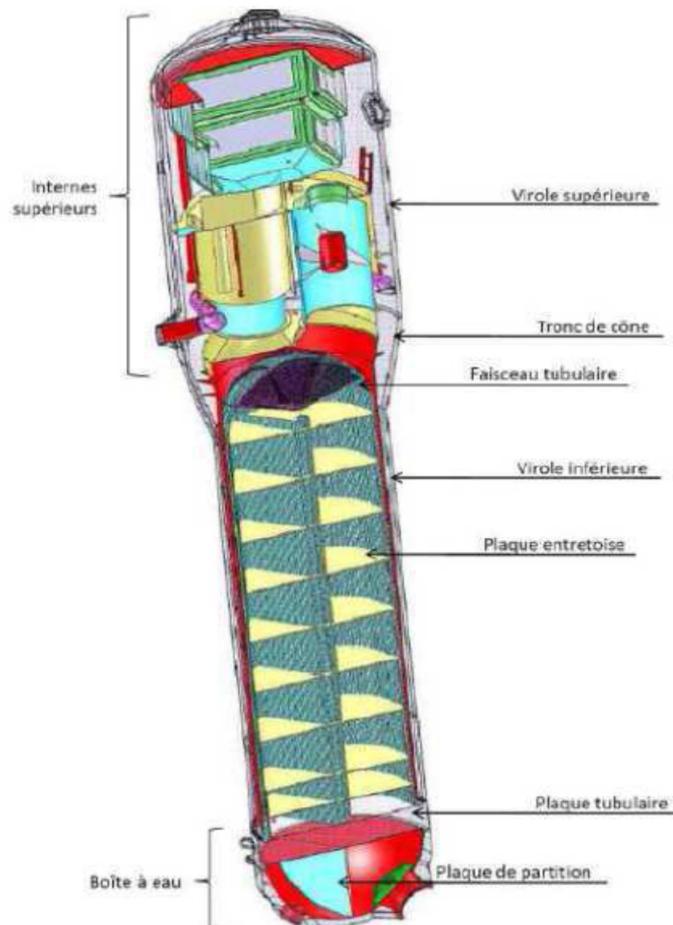


Figure 10 - Schéma type d'un GV

L'enceinte primaire comporte :

- Un fond inférieur situé à la base du générateur de vapeur ; il est muni de deux tubulures (l'une d'entrée et l'autre de sortie de l'eau primaire) et de deux trous d'homme d'accès. Ce fond peut être assimilé à une demi-sphère d'épaisseur variable.
- Une plaque tubulaire, percée des trous de passage des tubes d'échange, pièce massive de forte épaisseur (dépendant des conditions de fonctionnement et du type d'arrangement des tubes).

- Un faisceau tubulaire constitué des tubes d'échange, cintrés en U.

L'ensemble fond inférieur et plaque tubulaire constitue la boîte à eau du générateur de vapeur, qui est partagée en deux compartiments par une cloison (plaque de partition).

L'enceinte secondaire est constituée de :

- Une partie inférieure comprenant des viroles cylindriques, un cône de raccordement (tronc de cône) et des orifices de visite,
- Un ballon vapeur (partie secondaire supérieure), comprenant deux viroles cylindriques de plus grand diamètre, contenant essentiellement les équipements de séparation eau-vapeur ; cette partie reçoit la tubulure d'eau alimentaire et les trous d'homme d'accès,
- Un dôme qui coiffe le générateur de vapeur reçoit la tubulure de sortie vapeur dans laquelle un système limiteur de débit est incorporé ; ce dispositif est constitué de 7 orifices cylindriques qui sont partie intégrante de la tubulure forgée et dans lesquels sont montées des tuyères convergentes-divergentes.



Figure 11 - Générateur de vapeur

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 20/85
--	-----------------	-----------	--------------

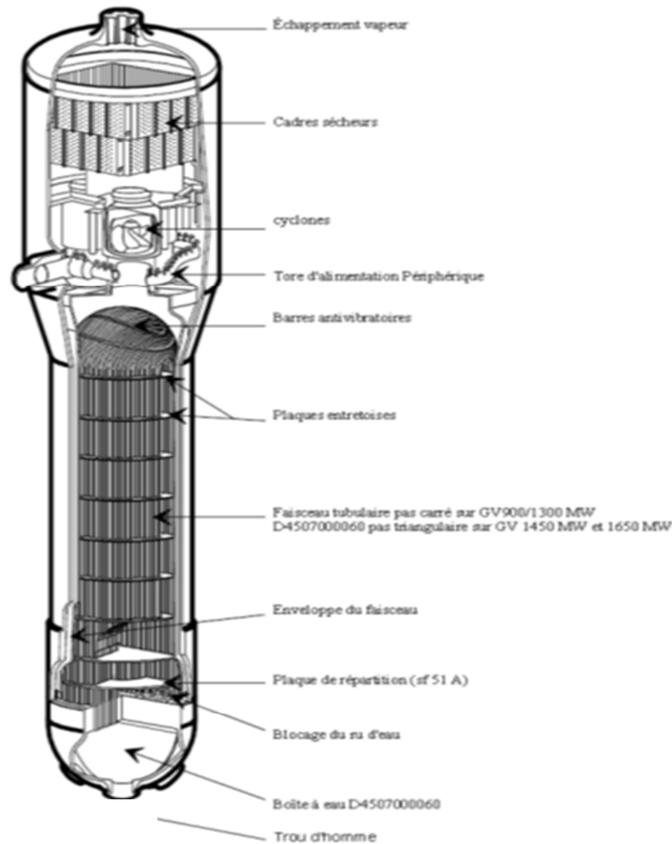


Figure 12 - Vue en coupe d'un générateur de vapeur

Segmentation des GV

La découpe des générateurs de vapeur va générer globalement 70% en masse d'acier potentiellement valorisable (principalement issu de la partie secondaire du GV) et 30 % d'acier redevable d'un stockage de surface (CSA et CIRES).

Flux et caractéristiques des matériaux provenant des GV

On distingue parmi les GV à traiter :

- Les GV « usés » remplacés au cours de l'exploitation des tranches du parc REP (campagnes RGV). Ces GV sont entreposés sur les CNPE, dans des bâtiments dédiés, dans l'attente de leur traitement.
- Les GV « de démantèlement » qui seront déposés lors du démantèlement des différentes tranches (900, 1300 et 1450 MWe).

Les aciers destinés à l'ITMF, qui représentent aujourd'hui environ 68 000 tonnes, sont principalement constitués d'acier noir de diverses nuances (20MND5, 16MND5, ...).

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 21/85
--	-----------------	-----------	--------------

Sur la base des hypothèses actuelles, et notamment le calendrier prévisionnel d'arrêt du parc en exploitation, le scénario de référence retenu par EDF prévoit le traitement de 10 GV/an, ce qui conduit à traiter dans l'ITMF entre 2 000 et 3 000 tonnes/an.

L'acier issu des parties secondaires des GV est fonctionnellement non-contaminé. Pour l'acier issu des parties primaires des GV susceptibles d'être traitées dans l'ITMF, des opérations de tri et/ou décontamination seront nécessaires avant passage dans le four de fusion. Dans tous les cas, un spectre type EDF est utilisé pour estimer l'activité des aciers traités.

Les GV (dont 70% de la masse, correspondant à environ 68 000 tonnes, est potentiellement valorisable) seront découpés entre 2028 et 2055.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 22/85
--	-----------------	-----------	--------------

Chapitre 4 - L'Installation de Traitement des Métaux TFA par Fusion (ITMF)

4.1 Implantation

Par hypothèse, la parcelle retenue dans ce dossier pour l'implantation de l'ITMF pourrait être une parcelle d'une superficie de 4 ha (P4) du site ORANO de Tricastin située à Pierrelatte. Cette implantation, non validée à ce stade, est utilisée dans le document pour faciliter la lecture et la compréhension, notamment le chapitre concernant les options de sûreté et de radioprotection (chapitre 0).



Figure 13 - Implantation de l'ITMF

4.2 Flux et caractéristiques des lots d'entrée

Le scénario de référence correspondrait aux flux prévisionnels d'aciers issus du démantèlement GB et de la segmentation des GV rappelés ci-après :

- Le traitement des aciers de GB par l'ITMF débuterait à 2029 et ce jusqu'en 2046, et ferait intervenir des entreposages dans le périmètre de déconstruction GB.
- Le traitement des aciers des GV par l'ITMF débuterait à 2029 et ce, jusqu'en 2055. Il ferait intervenir des entreposages dans le périmètre de déconstruction GV.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 23/85
--	-----------------	-----------	--------------

Ce sont au total 204 000 tonnes d'aciers qui seraient fondus puis recyclés en acier ou en fonte suivant les besoins des filières de recyclage et de valorisation.

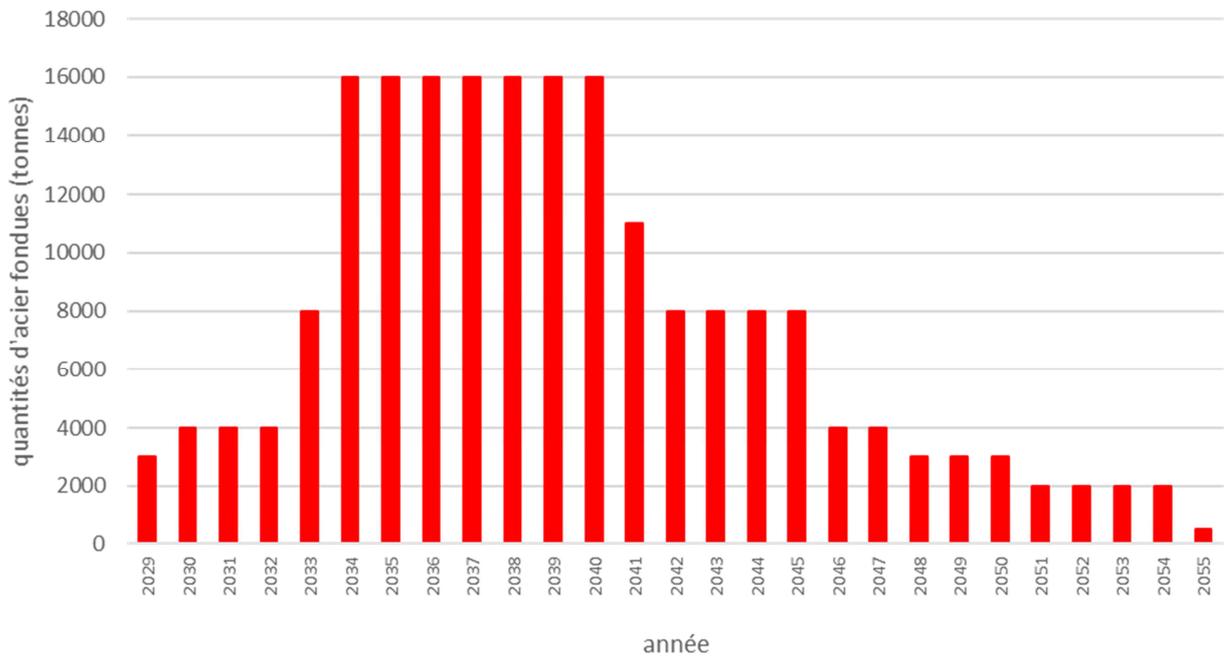


Figure 14 - Flux de référence de l'ITMF

L'organisation des entreposages des produits amont et aval en caisse navette, des produits solides non valorisés (réfractaires, filtres, ...) sera fonction de la nature de ces produits (gestion de la quantité d'uranium dans l'installation, radioprotection, ...), des matériaux produits, de la cadence de production de l'ITMF, du nombre de caisse navettes vides et pleines et enfin du flux d'expédition vers les filières de recyclage et vers le CSTFA.

4.3 Descriptif technique de l'ITMF et les performances attendues

4.3.1 Principe de décontamination du métal

Le process retenu pour la décontamination de l'acier provenant du démantèlement de GB ou de la segmentation des GV serait celui de la fusion de l'acier à traiter dans un four électrique à 1650°C. L'acier entrant, chargé d'impuretés et de composés faiblement radioactifs, devient liquide à haute température. Deux phases se forment :

- Le laitier de densité plus faible en surface et le métal plus lourd en partie inférieure.

- Les impuretés, les radioéléments et les poussières migrant dans le laitier sont séparés du métal décontaminé par vidange supérieure du four. Cette opération s'appelle le décrassage⁷.
- Le métal ainsi décontaminé est transféré dans un four poche pour ajustage de la composition métallurgique souhaitée par les clients du recyclage. Après affinage dans le four poche, le métal en fusion est transféré, par basculement du four poche, dans une lingotière dans laquelle sont moulés les lingots. Après refroidissement, les lingots sont extraits et entreposés avant envoi dans la filière de recyclage (fonderie, aciérie).

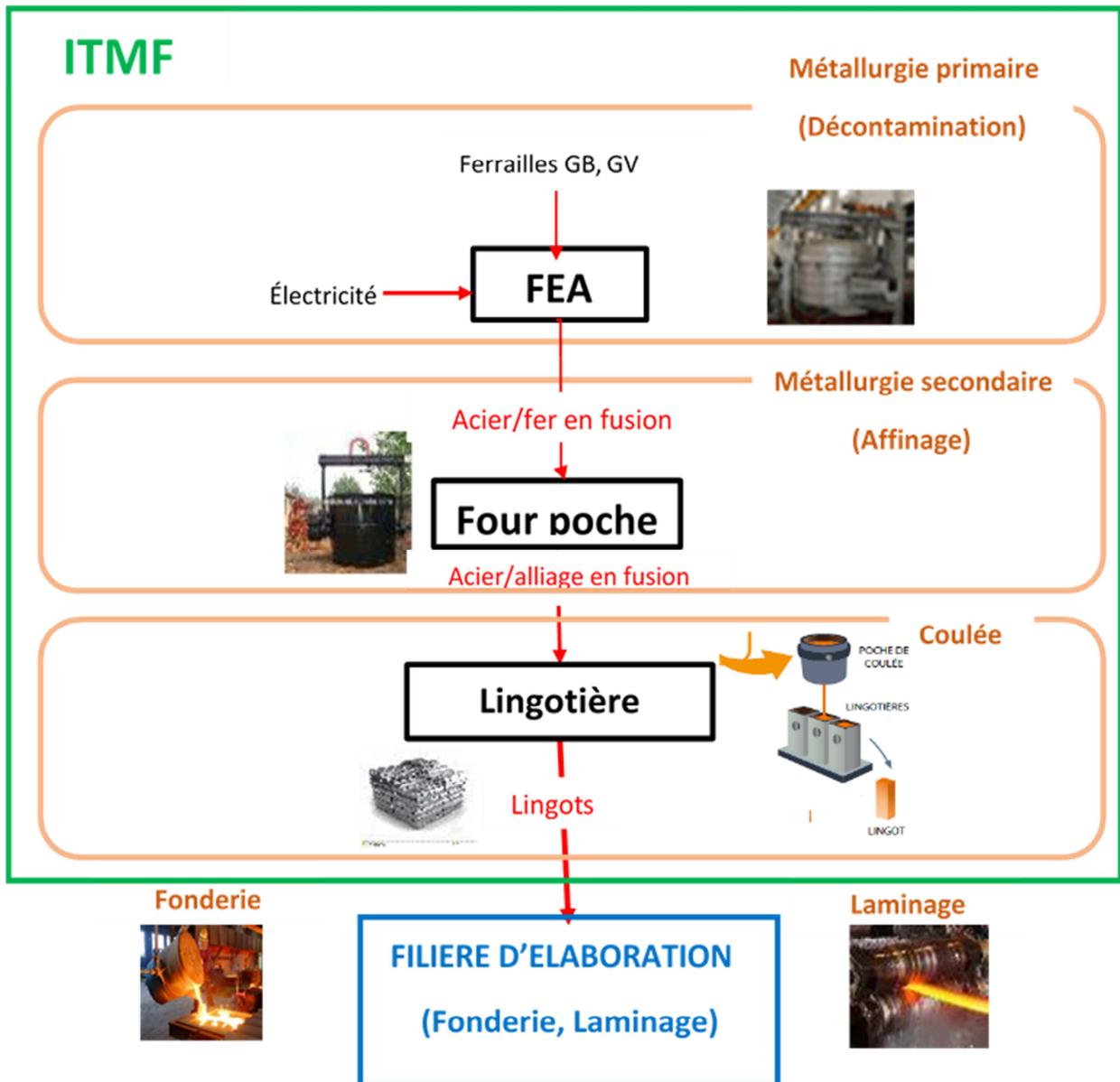


Figure 15 - L'ITMF

⁷ Décrassage du four : opération de récupération du laitier présent dans le four.

4.3.2 Présentation générale

L'ITMF serait une installation composée de plusieurs blocs dont la géométrie globale serait rectangulaire avec une surface au sol d'environ 9 000 m². Le bâtiment serait constitué de plusieurs hauteurs de toit afin d'optimiser le volume associé au procédé et donc la ventilation. Un émissaire de rejets gazeux (cheminée) serait également implanté.

Une extension de l'ITMF permettrait d'accueillir la partie administrative nécessaire au fonctionnement. Cette extension serait découplée du bâtiment industriel. Le bâtiment industriel ITMF est constitué de deux architectures différentes adaptées aux activités : une architecture en charpente métallique et une seconde en béton armé banché.

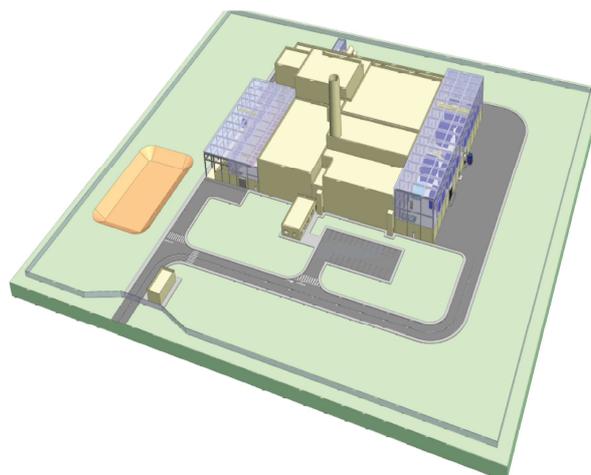


Figure 16 - Vue générale de l'ITMF

- Les informations présentes dans ce document sont issues des études d'Avant-Projet Sommaire (APS) et pourront être susceptibles d'évoluer, notamment lors des études APD et EXE.

L'ITMF serait constitué de quatre grandes fonctions principales présentées dans le schéma ci-dessous de [1] à [4] :

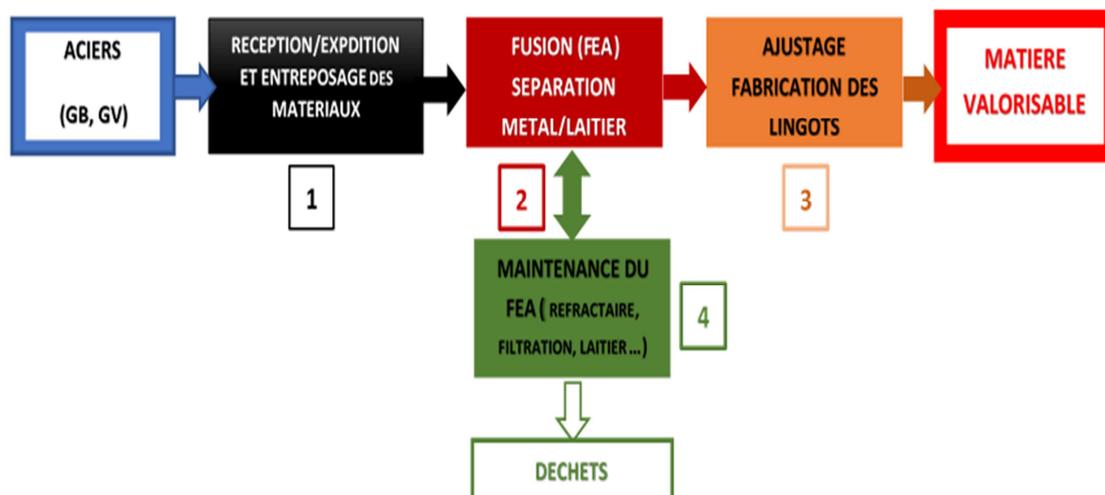


Figure 17 - Les fonctions principales de l'ITMF

Ces quatre grandes fonctions de procédé sont réparties en différentes zones de 1 à 12. D'autres zones participent également à l'activité de l'ITMF comme les galeries actives, la salle de conduite, les locaux administratifs,

Le tableau ci-dessous présente les zones par fonction telle que définie à date.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 26/85
--	-----------------	-----------	--------------

Fonctions	Zones	Fonctions détaillées
Fonction 1 - Réception, expédition, préparation et entreposages des matériaux	1	La réception et déchargement des conteneurs 20 pieds contenant les ferrailles contaminées, L'entreposage des ferrailles contaminées, L'entreposage et expédition des déchets TFA, La réception et entreposage des matériels et stocks divers.
	2	La préparation des paniers pour la fusion (ajustement densité et poids), Le transfert des paniers vers la zone n°3 du four de fusion, entreposage et retour du panier vide, La réception et entreposage des additifs nécessaires à l'ajustage du panier.
Fonction 2 – Traitement des charges	3	La réception du panier ou pièce unitaire, Le chargement du four (paniers, pièces unitaires et matériaux à recycler), La fusion, Les contrôles des équipements, prise d'échantillons, contrôles visuels des opérations..., Le décrassage de la poche (laitier résiduel), Les coulées et transfert de la poche de métal liquide vers la zone n°4 du four d'affinage, Les coulées et transfert du laitier solide vers la zone n°5 de l'atelier pour mise en Big-Bag, La démolition des réfractaires du four et transfert vers la zone n°5 pour mise en GRVS, La reconstruction des réfractaires de four.
	4	La décantation du métal en fusion dans le four d'affinage, La mise à la nuance pour élaboration de la fonte, Le maintien en température de la fonte, La coulée du métal liquide, Le maintien en température des poches vides.
Fonction 3 - Ajustage, fabrication des lingots	6	La préparation de la solution de poteyage ⁸ , · La préparation de la surface des lingotières (poteyage), · La solidification et le refroidissement du métal, · L'entreposage temporaire en attente des résultats d'analyse et contrôle, · Le transfert des lingots vers les boxes d'entreposages en attente d'expédition.
Fonction 4 - Maintenance du FEA et équipements associés (FI, filtration, ...), Conditionnement et expédition des matériaux non valorisés Ventilation	5	Le contrôle de l'épaisseur des réfractaires de poches, Le contrôle/réparation des bouchons poreux, La démolition des poches et voûtes usées et mise en Big-Bag des gravats de réfractaires, Le démoulage des lingots de laitier et mise en Big-Bag, La décontamination des pièces avant réfection des réfractaires, Le transfert des cuiviers vides vers la zone n°3, Le transfert des poches et voûtes à reconstruire vers la zone n°7.
	7	La réfection des réfractaires des poches, des voûtes, des becs de coulées.
	9	Production des utilités nécessaire à l'ITMF, Galeries techniques en zone réglementée.
	10	Production des utilités nécessaire à l'ITMF, Galeries techniques en zone non réglementée.
Administration et bureaux	8	Filtration nucléaire du procédé et du bâtiment, Surveillance et maintenance des filtres procédé, Mise en fûts de poussières.
	11	Salle de conduite (hors SDC des fours), Locaux et accès en zone réglementée.
	12	Bureaux et accueil hors zone réglementée.

Tableau 3 – Les fonctions et les zones de l'ITMF

⁸ Poteyage : Le poteyage est l'action qui consiste à enduire une pièce d'un liquide protecteur qui facilitera son démoulage.

Le schéma ci-dessous présente de façon synthétique les zones d'activité du procédé de l'ITMF.

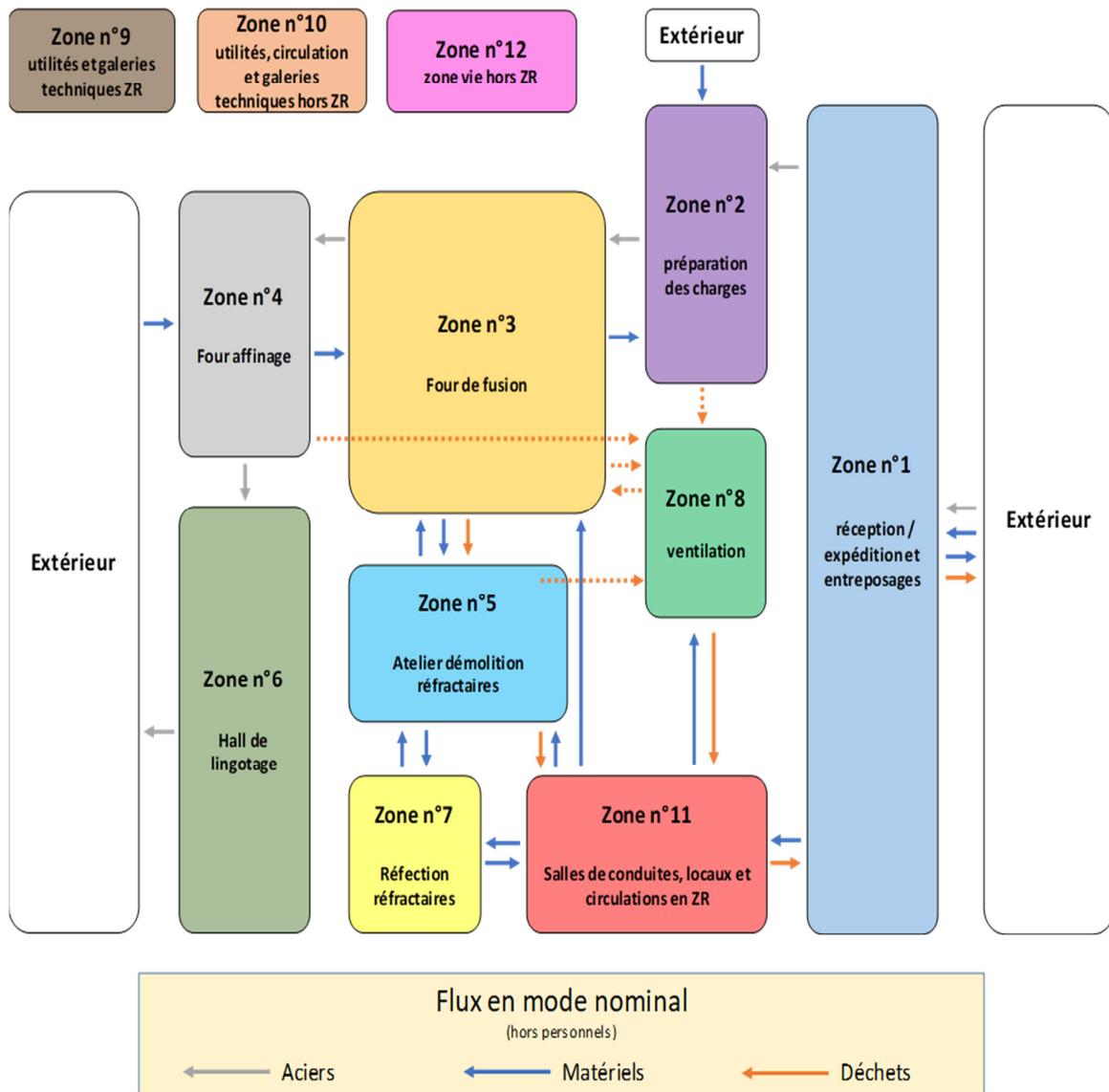


Figure 18 - Zones d'activité de l'ITMF

4.3.3 Les capacités d'entreposage amont

Des capacités d'entreposage sont essentielles à certains stades du process pour absorber les différences de cadences entre les étapes du procédé et les arrêts planifiés ou non.

Plusieurs types d'entreposage seront nécessaires en fonction des volumes et des caractéristiques des matériaux à entreposer.

Périmètre technique de déconstruction GB

Des capacités d'entreposage seraient disponibles en sous dalles des usines 110 à 140 des usines GB en fonction de la libération de ces zones par démontage des diffuseurs. Les conditionnements futurs envisagés sont des caisses navette type caisson injectable SAVEC « STE12 » d'un volume de 8 m³ pouvant contenir jusqu'à 6 tonnes d'acier.

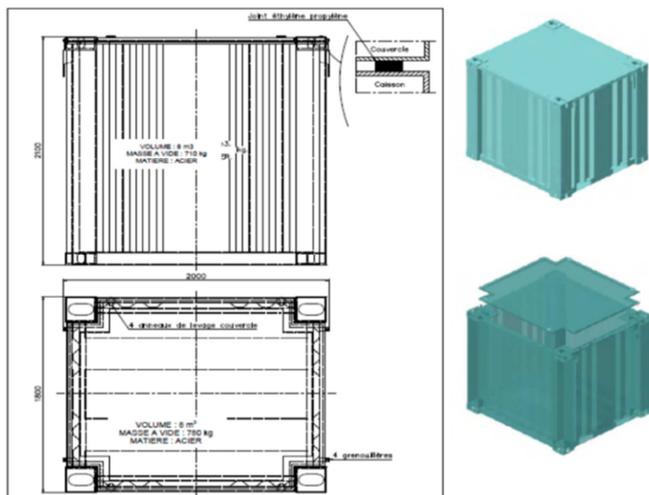


Figure 19 - Exemple de conditionnement - futur caisson SAVEC "STE12"

Périmètre d'entreposage de segmentation des GV

La surface d'entreposage permettant le découplage entre la découpe des GV et l'évacuation des métaux vers l'ITMF serait située sur l'installation de découpe centralisée.

Entreposage amont de l'ITMF

L'entreposage des aciers serait situé dans le bâtiment ITMF dans une zone réservée.

4.3.4 Zone 1 - Réception, expédition, préparation et entreposages des matériaux

Les différentes activités réalisées dans cette zone concerneraient principalement la réception, l'entreposage et le déchargement des conteneurs de type IP2 fermés contenant les ferrailles mais également l'entreposage et l'expédition des déchets non valorisés.

Les conteneurs ISO 20 pieds contenant les caisses navettes chargées de ferrailles sont transportés par camion jusqu'à la porte d'entrée du bâtiment de la zone 1. Le volume utile d'un conteneur 20 pieds est de 33 m³.

Les conteneurs sont déchargés et les caisses entreposées en attente de traitement. Un contrôle radiologique de chaque caisse navette est préalablement réalisé.



Figure 20 - Conteneur ISO 20 pieds

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 29/85
--	-----------------	-----------	--------------

4.3.5 Zone 2 - Préparation des charges

Les fonctions principales réalisées dans la zone n°2 seraient :

- La confection des paniers de chargement du four : ajustement de la densité apparente et de la masse du panier.
- Le transfert des paniers vers la zone n°3, l'entreposage en retour du panier vide.
- La réception et l'entreposage des additifs.

La confection des paniers, transfert, vidage des caisses navette

Les ferrailles entrantes se présenteraient sous 2 formes différentes :

- Les ferrailles découpées provenant de GB et des GV.
- Les pièces massives provenant des GV.

En ce qui concerne les pièces découpées, la caisse est transférée et déposée à l'entrée du basculeur. La caisse est pesée afin de déterminer le poids d'acier contenu. La caisse est ensuite transférée à l'aide d'un convoyeur et introduite dans le basculeur, positionnée en appui supérieur sur la porte du basculeur puis arrimée. L'étanchéité est assurée par un joint périphérique présent entre la partie supérieure de la caisse et le basculeur.

Les pièces massives sont transférées à l'aide d'un petit chariot dans la zone 3 puis reprise à l'aide d'un pont et chargées directement dans le four.

Après basculement des matériaux métalliques dans le panier ou dans une benne tampon, la caisse vide est refermée puis transférée dans la zone d'entreposage pour contrôle mécanique et radiologique en attente de réexpédition. Si une caisse est usagée, elle est repérée et transférée dans la zone de découpe à chaud située en zone 2 transférée dans le four pour être fondue.

Les caisses vides sont ensuite chargées dans le conteneur 20 pieds. Des contrôles radiologiques sont effectués sur le conteneur avant départ.

Préparation des paniers pour la fusion

Les caisses de matériaux métalliques sont vidées directement dans les paniers sous le contrôle de l'opérateur qui peut ajuster la quantité en fonction de l'activité radiologique présente ou de la nuance métallurgique recherchée. Des additifs (déphosphorant, flux d'ajustement de la fluidité du laitier) sont alors introduits et ajustés.

Le panier est ensuite transféré par chariot sur rail à proximité du four à arc, puis vidé dans le four électrique à arc. La cadence de vidage est fonction des besoins d'exploitation. Les paniers sont évacués ensuite de la zone 3 (zone du FEA).

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 30/85
--	-----------------	-----------	--------------

4.3.6 Zone 3 – Le four de fusion électrique à arc

Le métal liquide obtenu après fusion est ensuite soumis aux opérations d'affinage et de mise à nuance quelle que soit la filière choisie ensuite (filière « acier » ou « fonte »).

Chaque nuance d'acier nécessite un choix rigoureux de la matière première en fonction notamment des accompagnants contenus dans les ferrailles. Des additifs sont incorporés en fonction des nuances d'acier recherchées.

Ce four peut permettre également de produire de la fonte en ajoutant notamment des additifs carbonés en proportion adaptée aux qualités recherchées.

Deux types de four ont été comparés : Le Four Electrique à Arc (FEA) et le Four à Induction (FI).

Si les niveaux de performances attendus apparaissent identiques pour la fusion des métaux ou encore sur les critères environnementaux, le four de fusion à arc électrique a été préféré, permettant de mieux répondre notamment :

- Aux exigences de manutention au regard des matières à traiter,
- À l'optimisation du tri des ferrailles en amont lors des opérations de dépose et de démantèlement,
- Aux variations des flux d'exploitation en fonction des caractéristiques des matériaux présents et des évolutions de cadences et enfin,
- Aux exigences imposées, qu'elles soient d'ordre réglementaire ou technique.

D'un point de vue économique, les coûts d'exploitation sont plus faibles pour le four électrique à arc notamment du fait de la moindre préparation en amont des ferrailles avant introduction dans le four.

Dans le four à arc à courant alternatif triphasé, les arcs se développent entre chacune des trois électrodes en graphite et le métal. Le métal fond par attaque directe des arcs qui creusent des puits dans la charge métallique solide. Lorsque ces puits sont formés, les arcs travaillent sur un bain liquide dont le volume augmente au cours de la fusion. La température du métal est environ 1650°C.

Le four présenté sur la figure ci-dessous se compose des éléments suivants :

- La cuve.
- Le berceau de basculement.
- La voûte.

La cuve en tôle d'acier renforcée par des nervures est revêtue intérieurement d'un garnissage réfractaire. Cette cuve est composée de deux parties : le fond ou « sole » et la virole.

La voûte, ou couvercle du four, est réalisée en briques réfractaires maintenues par un anneau de voûte. Elle est percée de trois trous destinés au passage des électrodes ; un quatrième trou sert à l'aspiration des fumées qui sont filtrées avant d'être rejetées dans l'atmosphère.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 31/85
--	-----------------	-----------	--------------

Comme pour la virole, la voûte peut aussi être équipée d'éléments permettant la circulation d'eau de refroidissement. Dans ce cas, seule la partie centrale autour des électrodes reste constituée de réfractaires.

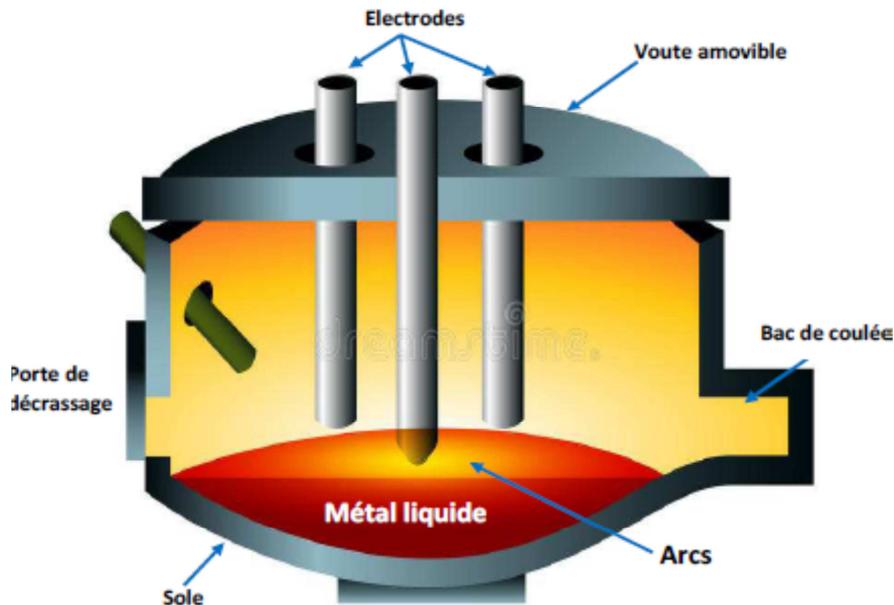


Figure 21 - Schéma de principe d'un Four Electrique à Arc

Le FEA possède deux positions de basculement :

- En avant, pour la coulée d'acier, avec un angle suffisant pour que le four se vide correctement. Une petite quantité d'acier est maintenue dans le fond du four dont la fonction d'amortisseur est de protéger la cuve et le réfractaire lors du chargement suivant du four en ferrailles.
- En arrière, pour la vidange du laitier. L'opération de séparation du laitier et du métal fondu est appelée « décrassage ».



Figure 22 - Four Electrique à Arc

Les principales activités réalisées dans la zone du FEA sont présentées

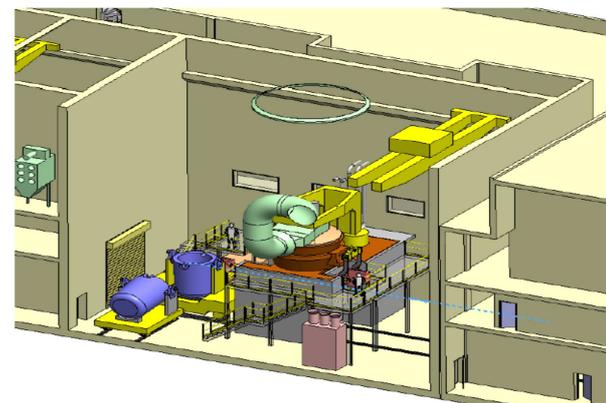


Figure 23 - FEA dans son local

ci- après.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 32/85
--	-----------------	-----------	--------------

4.3.6.1 Chargement du four à arc et fusion des matériaux métalliques

La capacité du FEA prévu dans l'installation serait de 12 tonnes.

Le four est chargé par déchargement du panier contenant les ferrailles. La voûte du four est fermée, l'installation d'aspiration des gaz du four démarrée et le four est mis sous tension afin de démarrer la fusion de l'acier. Le cycle de fusion normal est de plusieurs dizaines de minutes. Pendant la fusion, les éléments minéraux présents dans la ferraille notamment, appelés laitiers, remontent en surface.

La puissance du four est régulée et les montées en température limitées durant les différentes phases de la fusion afin de protéger les réfractaires (voûte, murs et sole). L'introduction d'additifs dans le four (fluorure de calcium, ferroalliages, éventuellement coke et houille) permet d'obtenir la composition chimique du métal à couler. Des adjuvants tels que la chaux permettent d'ajuster la composition du laitier.

4.3.6.2 Coulée de la poche de métal liquide par basculement du four

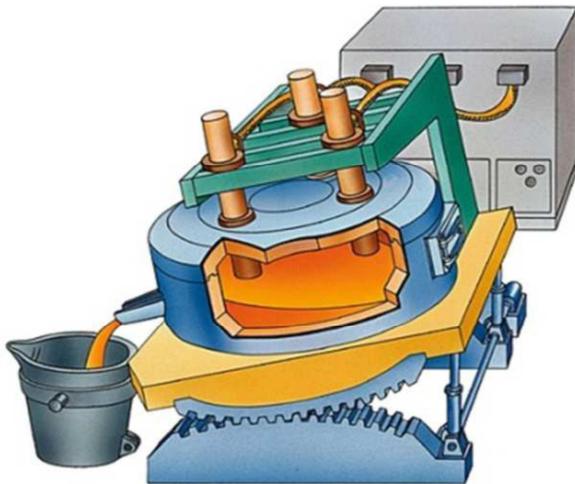


Figure 24 - Vidange du métal en fusion

En fin de fusion, la séparation des phases formées dans le four est réalisée lorsque la température et la composition chimique et radiologique du métal sont conformes : transfert du laitier en cuvier⁹ d'une part, coulée du métal liquide en poche, d'autre part, un échantillon est prélevé et analysé afin de vérifier l'efficacité de la décontamination et d'autoriser la coulée dans le four poche. Après un temps de décantation et injection d'azote en fond de la poche contenant le métal, les inclusions non métalliques encore présentes sur le métal sont récupérées (écrémage) puis recyclés dans le FEA.

⁹ Cuvier : par fusion, l'acier se sépare en notamment deux phases l'acier lui-même débarrassé des sous-produits et le laitier. Le laitier est récupéré dans des cuves appelées cuviers.

4.3.6.3 Vidange et raclage du laitier liquide par basculement du four et transfert des cuiviers de laitier en zone de refroidissement

Un cuvier de laitier vide est transféré sous la porte de travail du four. Le four est basculé vers l'arrière pour permettre au laitier de s'écouler par débordement du seuil de la porte de travail. Le laitier est récupéré dans le cuvier et se solidifie par refroidissement naturel. Le cuvier est ensuite transféré dans le local de refroidissement des laitiers.



Figure 25 - Transfert du cuvier

4.3.7 Zone 4 - Le four affinage (ou four poche),

Le métal perd environ 50°C/h dans la poche de coulée, beaucoup plus lors des additions de carbone nécessaires à l'élaboration de la fonte. Afin de maîtriser au mieux la température du métal, la mise à la nuance sera réalisée dans le four d'affinage appelé four « poche ».

La métallurgie en poche permet de maîtriser de façon optimale les conditions régnant à l'intérieur du four et ainsi d'améliorer la qualité du produit.

Deux opérations d'additivation successives sont effectuées dans les poches destinées à la production de fonte. Ce sont l'injection de carbone et l'addition de ferro-silicium (FeSi). Pendant ces opérations, la température dans le four est maintenue constante.



Figure 26 – Four d'affinage

American Iron and Steel Institute

Pendant ces opérations de mise au titre, l'acier est brassé par un gaz neutre afin d'être homogène en nuance chimique et en température.

Un échantillon de métal est prélevé et analysé pour vérifier les caractéristiques de l'alliage.

4.3.8 Zone 6 - Coulée, solidification et conditionnement des lingots,

Cette zone appelée hall de lingotage est dédiée à la fabrication des lingots.

Le métal liquide provenant du four de fusion est ensuite coulé vers la chaîne à lingoter via un chenal de coulée en matériau réfractaire. L'acier est coulé et solidifié dans des moules en fonte, appelés lingotières. Une fois la solidification terminée, les lingots sont démoulés.



Figure 27 - Chenal de coulée

En bout de chaîne, les lingots solidifiés se démoulent naturellement par gravité lors du retournement de la lingotière (zone 6). Après solidification, les lingots de métal sont recueillis dans des bennes qui seront entreposées en attendant les résultats des analyses chimiques et le contrôle radiologique.

Les lingots, référencés par producteur d'origine et identification de coulée, sont ensuite transférés dans des entreposages abrités situés à l'extérieur du bâtiment en attente d'expédition.

4.3.9 Zone 8-Ventilation et filtration

Le système de ventilation est composé de plusieurs réseaux tels que défini dans le paragraphe 5.2.2 que sont le réseau de ventilation procédé et des locaux (ventilation bâtiment). La zone 8 renferme les équipements de ventilation tels les organes électriques (ventilateurs, CTA...) ainsi que l'exutoire général qu'est la cheminée. Un ensemble de filtration est installé en sortie des fours et avant rejet à l'atmosphère pour récupérer les poussières produites lors des opérations de fusion et d'affinage des ferrailles.

Les poussières sont récupérées sous les filtres à manches. Une majorité des poussières est transportée pneumatiquement vers une trémie de stockage située près du FEA, enfutée en continu dans des fûts de 200 litres métalliques.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 35/85
--	-----------------	-----------	--------------

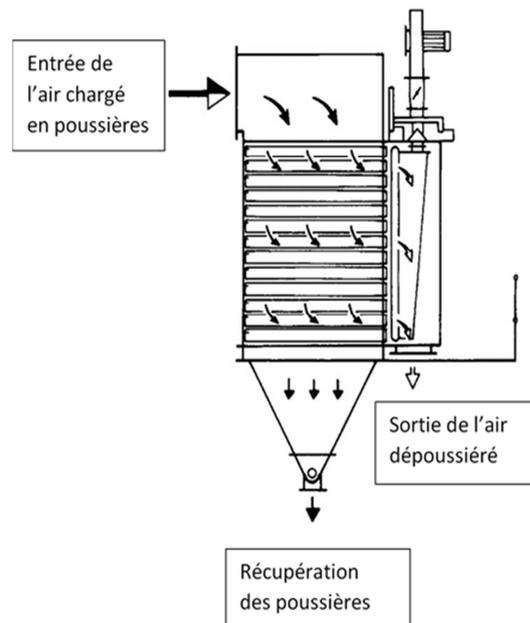


Figure 28 - Filtre à manches

Les fûts sont contrôlés afin de vérifier notamment l'acceptation aux critères de transport puis entreposés dans l'attente d'expédition et d'acceptation au CSTFA.

4.3.10 Les zones 9, 10, 11, 12

Les zones 9 et 10 renferment les équipements de production des utilités nécessaires au fonctionnement de l'ITMF ainsi que les galeries techniques respectivement en zone réglementée et hors zone réglementée. La zone 10 abrite la salle de conduite des fours.

La zone 11 abrite les salles de conduite de l'ITMF (hors salle de conduite des fours) ainsi que des locaux d'accès et les couloirs de circulation en zone réglementée.

Enfin la zone 12 abrite l'ensemble des bureaux et locaux administratifs de l'installation de l'ITMF situés hors zone réglementée située de l'installation.

4.3.11 Les capacités d'entreposage aval

Entreposage des lingots sortant de l'ITMF

Les lingots produits seront entreposés en attente de contrôle de conformité et avant expédition. Les entreposages seront dimensionnés afin de permettre une capacité tampon suffisante entre la production de l'ITMF et les cadences d'expédition soit la capacité équivalente à quelques mois de production.

Cette capacité permettra de couvrir les délais nécessaires à la préparation et à la variabilité des expéditions. L'entreposage des lingots sera géré par type et suivant leurs caractéristiques.

Entreposage aval des déchets non valorisés produits

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 36/85
--	-----------------	-----------	--------------

Trois types de déchets non valorisés issus de la décontamination des aciers et de l'usage de l'ITMF sont entreposés avant expédition au CSTFA : les laitiers, les poussières (issues des caissons filtration) et les réfractaires. Les conditionnements sont précisés au paragraphe 5.2.

4.4 Flux de traitement de l'ITMF

Les aciers traités par l'ITMF, issus de l'usine Georges BESSE (GB) et des GV EDF, seront traités par lots homogènes entre 2029 et 2055 (chapitre 4.2) et représentent plus de 204 000 tonnes d'acier.

La capacité nominale de traitement du FEA est de 16 000 t/an. Les cadences évolueront de 3 000 à 16 000 tonnes annuelles, par paliers progressifs, établis notamment en cohérence avec l'avancement du démantèlement de GB et de la segmentation des GV.

L'organisation de l'exploitation et de la maintenance dépend de la cadence de production en cohérence avec les régimes de travail. Des arrêts programmés sont planifiés pour permettre d'effectuer la maintenance des fours et des organes associés.

De même, l'assainissement des locaux procédé et l'entretien de la filtration du procédé sont réalisés lors du changement de campagnes.

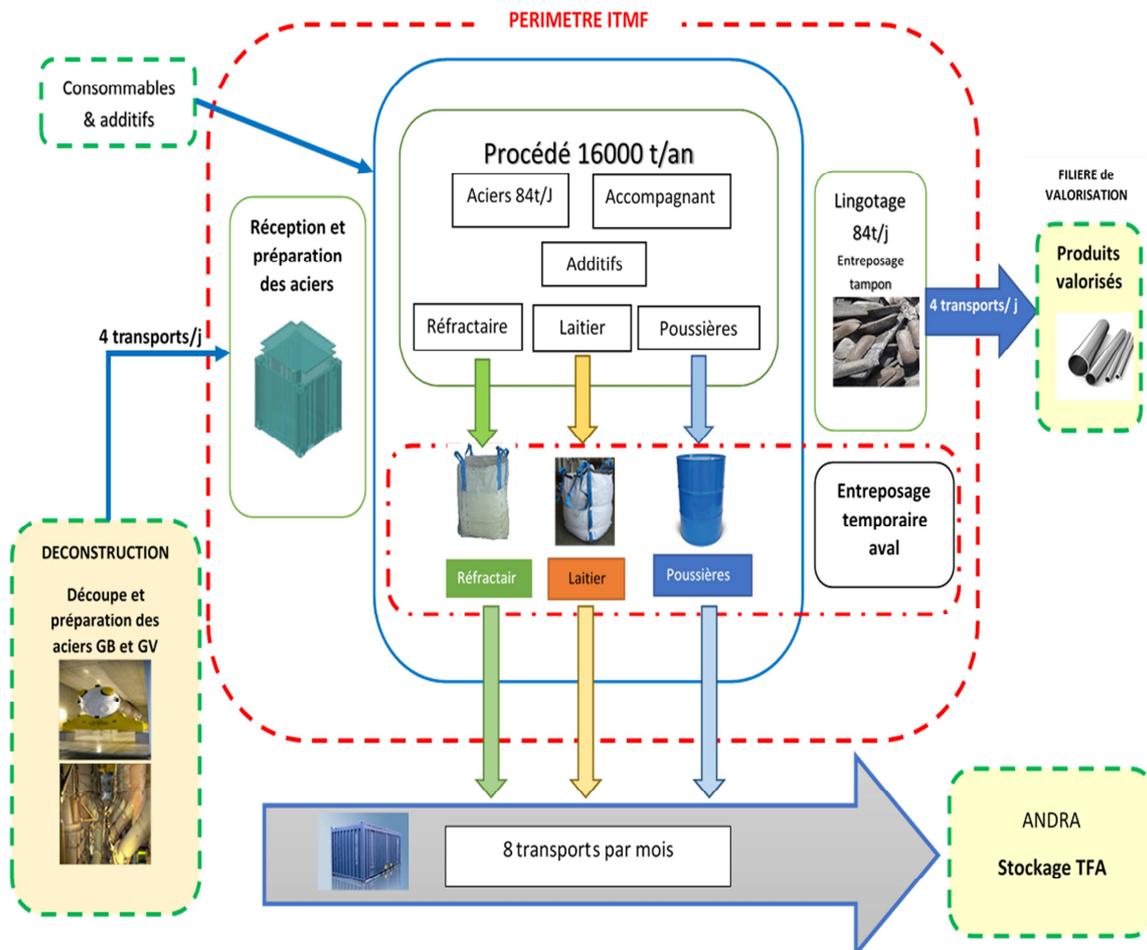


Figure 29 - Synoptique de flux de traitement des aciers GB et GV

Dans tous les cas, les scénarios d'exploitation et de maintenance seront optimisés afin de pouvoir répondre aux exigences techniques, de sûreté et de sécurité, organisationnelles ainsi qu'aux objectifs économiques de traitement des aciers.

Le synoptique général des flux envisagés de traitement des aciers provenant de GB et des GV EDF est représenté dans la figure ci-dessous.

Les performances attendues de l'ITMF résultent de la capacité à obtenir les caractéristiques chimiques et radiologiques attendues des produits de sortie tout en garantissant des caractéristiques compatibles avec l'acceptation des déchets non valorisés (laitier, ...) au CIRES (CSTFA).

Les cadences de l'installation évolueront par paliers progressifs de 3000 à 16000 t/an, établis en cohérence avec les régimes de travail. Elles seront adaptées aux flux de déconstruction et de préparation des métaux (découpage).

Les performances de l'ITMF devront être constantes quelle que soit la cadence de l'installation dans la gamme considérée.

4.5 Qualification et performances attendues de l'ITMF

Le programme de la qualification permettra de garantir la viabilité technique, réglementaire et économique du projet.

Le programme de qualification qui pourrait être retenu serait conforme à la méthodologie type R&D en plusieurs étapes, soit une étude bibliographique avec interview des experts dans le domaine, des essais en laboratoires et enfin des essais à l'échelle pilote.

L'ensemble de ces essais pourra permettre de :

- Confirmer la compatibilité du procédé envisagé avec les caractéristiques des lots homogènes des matériaux provenant de GB et GV mais aussi de collecter des données permettant de consolider le dimensionnement de l'installation et d'optimiser les paramètres de conduite et d'entretien.
- Lever les incertitudes encore présentes du fait du caractère innovant de l'usage de ce procédé pour la décontamination des métaux à traiter.
- Définir les principaux paramètres de conduite du procédé et des équipements annexes.

Cette qualification portera principalement sur :

- La fusion de matières métalliques représentatives dans un four à arc électrique.
- Les possibilités d'amélioration des performances de décontamination par le travail en poche de coulée suivant l'étape de fusion en regard de l'objectif d'obtention d'une activité radiologique des lingots aussi basse que raisonnablement possible, dans le cadre d'une démarche proportionnée aux enjeux.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 38/85
--	-----------------	-----------	--------------

- La vérification des caractéristiques radiologiques des déchets générés (laitier, poussières, réfractaires) au regard des critères d'acceptation au stockage de ces déchets TFA au CIREs.

Les performances attendues de l'ITMF résulteront de la capacité à obtenir les caractéristiques chimiques et radiologiques attendues des produits de sortie et l'acceptation de recyclage des lingots produits tout en garantissant des caractéristiques compatibles avec l'acceptation des déchets non valorisés (laitier, ...) au CIREs (CSTFA).

4.6 Echantillonnage et mesures nucléaires dans l'ITMF

Des études ont été réalisées afin de déterminer les besoins en mesure, leur pertinence et leur faisabilité technique, et répondre aux enjeux de la caractérisation radiologique des matériaux à valoriser issus de la fusion décontaminante.

Différentes mesures nucléaires seront envisagées lors d'une fusion dans l'ITMF. Elles seront destinées, d'une part, à vérifier que l'activité résiduelle des matières métalliques à l'issue du procédé de décontamination est conforme aux critères de valorisation et, d'autre part, à évaluer l'activité des déchets selon les seuils d'acceptation spécifiés par l'ANDRA.

L'enjeu de la caractérisation radiologique sur des échantillons homogènes et représentatifs est le suivant :

- Dans le four à arc, sur un échantillon du bain de fusion. Cette première mesure sera destinée à la vérification du seuil d'activité massique dans le procédé de décontamination par fusion pour déclencher la vidange du four à arc dans la poche.
- Dans le four poche juste avant coulée dans la lingotière, sur un échantillon du bain de fusion. Cette seconde mesure permettra la vérification du seuil d'activité massique en vue de son recyclage ultérieur.
- Sur des échantillons de laitiers, de poussières et de réfractaires. Cette troisième mesure permettra l'évaluation de l'activité radiologique et la caractérisation des déchets avant envoi à l'ANDRA.

Les résultats de ces trois mesures devront être rendus dans des délais compatibles avec les contraintes du procédé afin d'optimiser les cadences de production ou la gestion des entreposages.

En effet, les résultats obtenus sur le 1er prélèvement seront à l'origine du déclenchement de la suite des opérations, dont la coulée des lingots. Cette étape est donc cruciale pour la tenue des cadences de production à échelle industrielle. La stratégie globale de mesure est la suivante :

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 39/85
--	-----------------	-----------	--------------

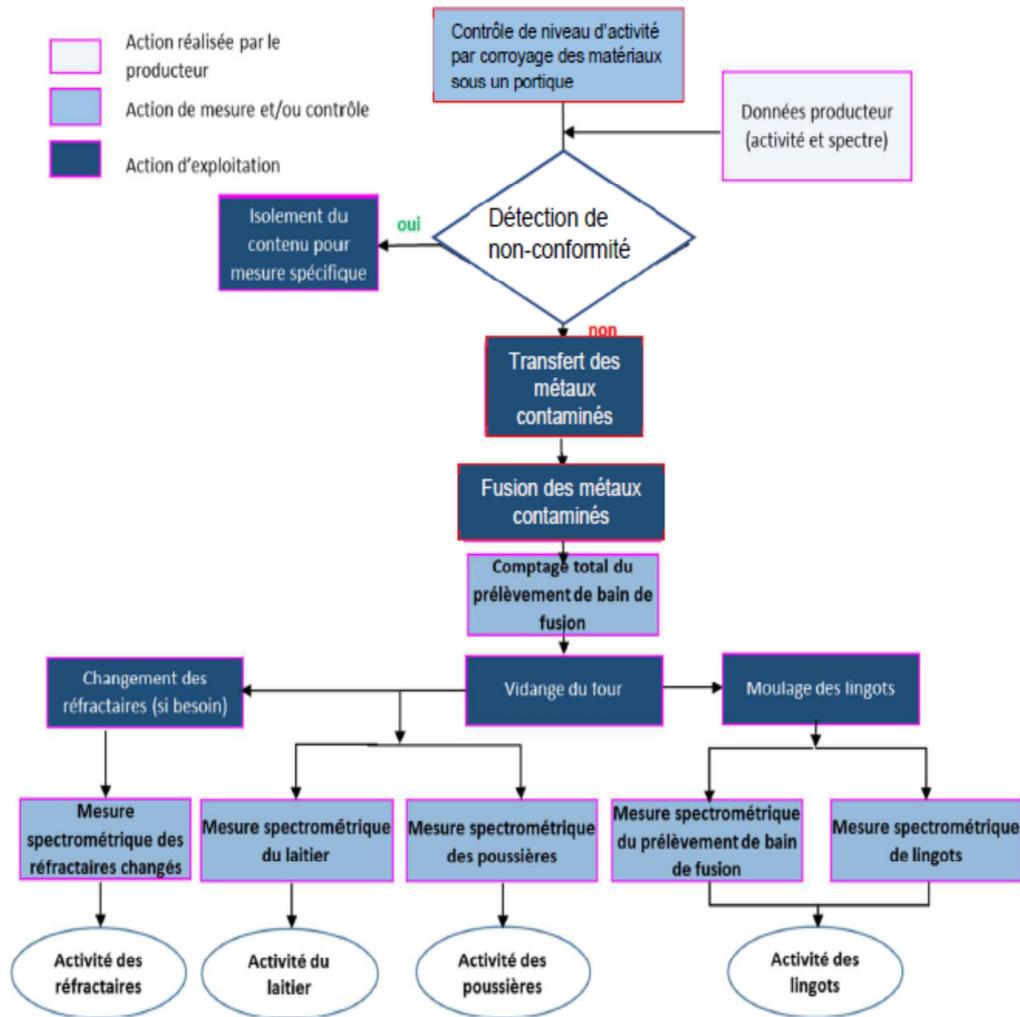


Figure 30 - Stratégie d'échantillonnage et de mesures

4.7 Traçabilité des flux dans l'ITMF

4.7.1 Introduction

La traçabilité désigne la situation pour laquelle l'information nécessaire est disponible et suffisante pour connaître la composition d'un matériau ou d'un produit tout au long de sa chaîne de production, de transformation et de distribution.

En conséquence, l'industriel devra se doter de la capacité à enregistrer et à conserver les informations relatives aux caractéristiques ciblées à chaque étape du procédé, d'acheminer et de transférer ces données sous la forme de documents d'accompagnement, éventuellement d'un étiquetage approprié.

La méthode de traçabilité mise en place dans l'ensemble du processus de valorisation des métaux devra permettre de garder le maintien de la connaissance de l'origine des aciers et la maîtrise du suivi des matériaux à chaque étape de leur gestion jusqu'à l'entreposage des

lingots. Des dispositions spécifiques seront définies pour assurer le suivi notamment des matières, des produits et co-produits.

Les manuels qualité, les plans qualité et des procédures adaptées décriront les dispositions prises en termes de traçabilité pendant les étapes de fabrication et les contrôles opérés. Ces systèmes sont régulièrement audités par différents organismes indépendants.

4.7.2 La traçabilité des produits amont et aval de l'ITMF

La traçabilité des lots et des flux sera réalisée depuis l'arrivée des caisses de métaux provenant de GB ou des GV, jusqu'à la production des lingots afin d'avoir :

- Une parfaite connaissance du contenu des caisses d'acier découpé (ou des pièces unitaires) et des lingots produits.
- Une gestion des matériaux contenus dans les équipements, des produits, co-produits et déchets sortants.
- La gestion des entreposages dans l'installation.
- La prise en compte des analyses chimiques réalisées à certaines étapes du procédé.

Périodiquement des inventaires seront réalisés dans l'installation, en particulier en fin de campagnes annuelles.

La traçabilité des flux et des entreposages sera assurée par le suivi physique des ferrailles, des lingots ainsi que des sous-produits générés. Ce suivi physique sera enrichi par les échantillonnages et mesures analytiques réalisés tout au long du process de l'ITMF.

4.7.3 Le suivi d'exploitation de l'ITMF

L'ensemble des lots sera identifié, répertorié avant entrée dans les installations de l'ITMF. De même les flux internes principaux seront répertoriés. Pendant chaque opération, des relevés périodiques des paramètres de conduite seront réalisés afin de tracer l'historique de traitement de chacun des lots d'acier ou de fonte. Les enregistrements des paramètres de conduite des installations seront archivés.

L'entreposage des produits, co-produits et déchets non valorisés sera défini pour chacun des matériaux. Leurs emplacements seront dédiés, répertoriés et indiqués in situ (parcs à ferraille et à matières premières, box d'entreposage des lingots, aire d'entreposage, ...).

Les filières d'évacuation de chaque produit, coproduit et déchet non valorisé seront identifiées et organisées.

Certifications et accréditations

L'amélioration de la performance globale de l'ITMF, avec notamment la préservation du savoir-faire et des pratiques, l'optimisation des pratiques opérationnelles, l'amélioration de la

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 41/85
--	-----------------	-----------	--------------

qualité des produits et services, ... nécessiteront la mise en place de systèmes de management de la qualité (ISO 9001) et de l'environnement (ISO 14001).



La qualification pourra être validée par un organisme tel le Comité Français d'Accréditation (COFRAC), structure en charge de la reconnaissance officielle des compétences des organismes de contrôle, tels que les laboratoires d'essais et les entreprises de certification.

En complément, la multiplication des nuances d'acier pourrait nécessiter, le cas échéant, la mise en place d'un système de désignation normalisée de l'acier en référence à la norme européenne EN 10027 ou assimilée.



4.8 Maintenance des fours et équipements annexes

La maintenance de l'ITMF se répartit en 2 principaux types :

- La maintenance préventive qui comporte la maintenance exigée par la réglementation suivant des périodicités définies et la maintenance prévisionnelle complémentaire du procédé ou des annexes qui consiste à intervenir avant que ces équipements soient défectueux. Cette dernière peut être périodique ou définie au cas par cas.
- La maintenance curative qui consiste à la remise à l'état initial de l'équipement suite à une défaillance fonctionnelle ou technique.

L'ITMF est une installation pour laquelle de nombreux entretiens et maintenances seront réalisés. A titre d'illustration, quelques exemples de maintenance ont été indiqués ci-dessous :

Changement des réfractaires et des lingots de laitier du four à arc (Zone 5)

Les réfractaires sont soigneusement entretenus. Pour ce faire, une inspection périodique sera réalisée et une réparation du réfractaire des parois du four pourra être effectuée si nécessaire en zone 5. Les réfractaires seront démolis et reconstruits alors que le réfractaire usagé sera transféré dans la même zone pour mise en GRVS (Big bag). Les réfractaires neufs provenant de la zone 11 alimentera la zone 7 pour permettre la réparation ou la réparation des réfractaires.

Très sollicités, les réfractaires de poches seront également changés périodiquement. Un contrôle de l'épaisseur des réfractaire sera réalisé. De même que les bouchons poreux seront contrôlés et changés si nécessaire. Cette maintenance est de type préventif mais pourra également être mise en œuvre dès lors qu'il sera observé la casse de ces réfractaires ou des bouchons poreux.

La zone 5 sera également dédiée à la casse des voûtes usées du FEA et du four poche, des poches et chenaux de coulées, des parties de laitier présentes ainsi qu'à la décontamination des équipements avant leur transfert vers la zone 7 de réparation des réfractaires des poches et des voûtes.

Les réfractaires du FEA et les blocs de laitier seront démolis dans une enceinte confinée.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 42/85
--	-----------------	-----------	--------------

Les gravats de réfractaires et le laitier seront ensuite introduits par une trémie dans des big-bags situés sous la zone 5, déplacés après contrôle des big-bags et transférés dans la zone d'entreposage des déchets dans l'attente d'expédition. Un sas de décontamination permettra également de procéder au nettoyage de la voûte du FEA et du four poche.

Entretien de la ventilation et de la filtration du four

Les gaz issus de la combustion de certains éléments sont filtrés par le système de filtration du procédé. Ce système nécessite une surveillance et une maintenance périodique des filtres procédés.

La mise en fûts 200 L des poussières, le transfert des poussières vers la zone de fusion ou d'expédition des déchets contaminés seront des fonctions assurées en zone 8.

Circuits de gaz neutre (azote) et air sous pression

Des vérifications périodiques et des maintenances préventives seront réalisées également afin de vérifier la conformité à l'état initial et à la réglementation en vigueur.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 43/85
--	-----------------	-----------	--------------

Chapitre 5 - Les produits et déchets en sortie de l'ITMF

5.1 Les métaux valorisables après fusion

La production de l'ITMF sur la période 2029 à 2055 pour le traitement des métaux du démantèlement de l'usine Georges Besse (GB) et du démantèlement des Générateurs de Vapeurs EDF (GV) s'élèvera à 204 000 t environ (cf.4.2). Sur une tonne d'acier fondue, 960 kg d'acier sont produits soit 96%. Le solde correspondra aux produits non valorisables (laitier, ...).

La production sera variable annuellement et dépendra principalement, pour GB, des phases de démantèlement et de découpe de diffuseurs et des tuyauteries, et du planning de découpe des GV.

Les produits valorisés pourront être élaborés sous plusieurs formes :

- Des lingots d'acier ou de fonte non affinés destinés à une nouvelle fusion ;
- Des lingots d'acier affinés destinés à une transformation directe (exemple laminage, ...);
- Des lingots de fonte de qualité différente en fonction des demandes des filières de recyclage.



Figure 31 – Les lingots

Les dimensions des lingots seront variables et appropriées aux procédés ultérieurs de transformation en semi-produits ou produits plats ou longs.

Les caractéristiques des produits valorisés issus de l'ITMF seront compatibles avec les exigences des filières de recyclage.

5.2 Les déchets non valorisés et effluents de traitement issus de l'ITMF

5.2.1 Les déchets non valorisés issus de l'ITMF

La faisabilité de la prise en charge des déchets non valorisés produits par l'ITMF est conditionnée par :

- Les caractéristiques des métaux à traiter et leur niveau de contamination.
- La variabilité des flux de traitement annuel.
- Le comportement des espèces chimiques au cours du procédé du fait des polluants présents avec le métal (peinture, plastiques, ...).
- L'acceptation des déchets contaminés (laitier, ...) au centre de stockage TFA (CSTFA).

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 44/85
--	-----------------	-----------	--------------

Tous les déchets produits par l'ITMF, en particulier radioactifs, seront traités, conditionnés et éliminés vers des filières de stockage opérationnelles ouvertes et disponibles.

Les flux des déchets représenteront une proportion très faible pour les deux origines d'acier GB/GV. La composition de ces déchets dépendra bien évidemment de la composition des produits entrants et des additifs ajoutés pendant fusion.



Figure 32 - GRVS - "Big-bag"

Le procédé de fusion génère 3 types de déchets :

- Des laitiers surnageants récupérés lors des opérations de fusion de l'acier dans le FEA et après affinage dans le four poche. Les laitiers seront conditionnés dans des colis type GRVS¹⁰ d'une capacité de 1 000 l.
- Des poussières issues de la filtration des fumées. Les poussières seront conditionnées en fûts.
- Des réfractaires issus des réfections du four et des poches de fusion seront conditionnés en emballages GRVS (1 000 litres).

Le volume total de déchets issus du traitement par fusion et destiné à être stocké à l'ANDRA serait de l'ordre de 10% du volume des métaux à traiter (soit environ 12 500 m³). En l'absence de valorisation, ces métaux, représenteraient un volume d'environ 150 000 m³ (90 000 m³ pour GB et 50 000 m³ pour les GV sur la base de densité définie), soit une augmentation d'un facteur 10 environ.

5.2.2 Les effluents gazeux issus de l'ITMF

La conception de la ventilation dans l'ITMF permet la maîtrise des rejets par des dispositifs adaptés aux risques présents dans chaque local et zone. La ventilation permet d'assurer les fonctions de confinement, d'épuration des effluents gazeux avant rejet. Des fonctions de surveillance des rejets, assainissement, filtration et conditionnement des poussières récupérées permettent de répondre aux exigences de sûreté en situation normale et dégradée en garantissant l'absence d'inconvénient vis-à-vis de l'homme et de l'environnement.

Le traitement des effluents gazeux est réparti en trois grandes catégories en fonction des caractéristiques radiologiques et physico-chimiques des effluents. L'air extérieur est extrait par des bouches dont les réseaux sont munis de filtres. La ventilation (extraction) de la hotte pour captation des gaz située au dessus du four lors des charges et décharges du FEA et celle de l'interne du four sont des réseaux spécifiques tels que l'indique le schéma de principe ci dessous. Les locaux et cellules sont traités en fonction de leur classification (secteur de feu, cheminement protégés ou non, ...). Les effluents sont filtrés et envoyés vers l'émissaire commun de l'installation. Les équipements d'extraction et de filtration HE et THE

¹⁰ GRVS : Grand Récipient Vrac Souple par exemple le conditionnement type « big bag ».

sont doublés afin de permettre la continuité permanente du fonctionnement optimal de la ventilation. Les zones de vie disposent d'une ventilation à simple flux. Les zones utilités disposent d'une ventilation à double flux avec un recyclage partiel de l'air extrait.

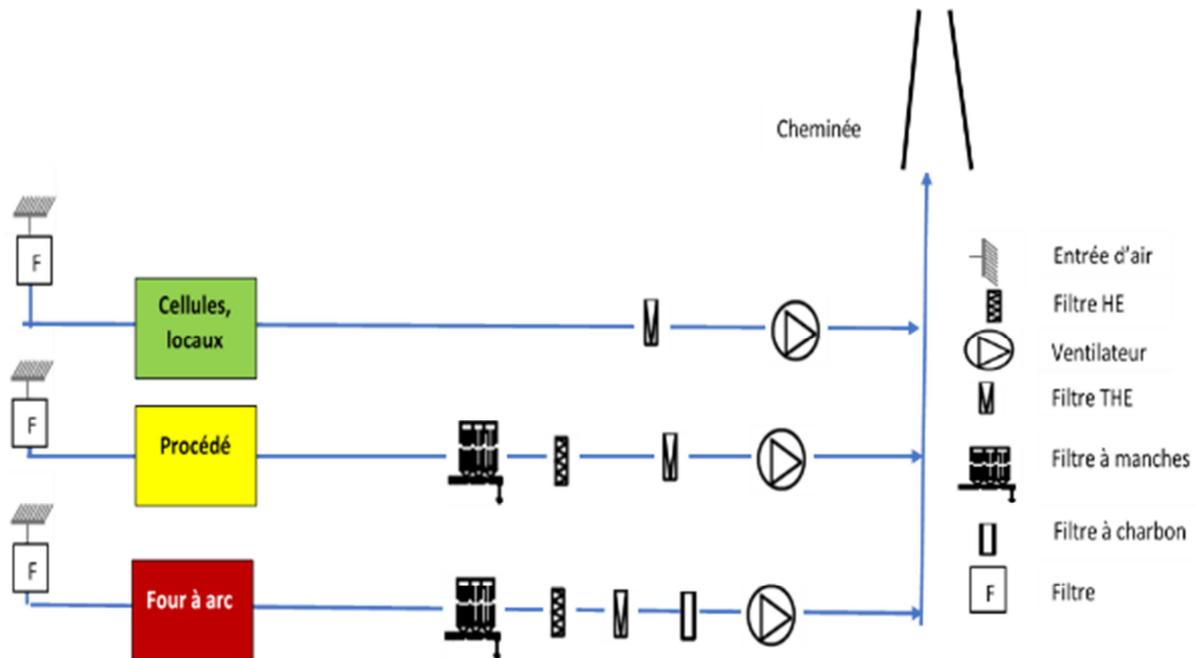


Figure 33 - Principe du traitement des effluents gazeux du procédé et des locaux associés

5.3 Le transport des produits issus de l'ITMF

Des hypothèses de conditionnement pour le transport ont été prises pour chaque type de matériaux :

- Les lingots d'aciers ou de fonte non conditionnés.
- Les laitiers conditionnés en emballages GRVS (1 000 litres).
- Les poussières conditionnées en colis fûts (200 litres), avec possibilité de recyclage dans le four de fusion.
- Les réfractaires conditionnés en emballages GRVS (1 000 litres).

Tous les déchets provenant de l'ITMF, en particulier faiblement radioactifs, seront traités, conditionnés et éliminés vers des filières de stockage opérationnelles ouvertes et disponibles.

A ce stade des études, l'acceptabilité au Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage (CIRES) est considérée acquise par hypothèse.

Le flux et la distance des transports sont fonction respectivement des besoins en approvisionnement de la filière de valorisation mais aussi des lieux d'implantation de l'ITMF, de l'aciérie ou de la fonderie.

Le nombre de transports classe 7 de déchets non valorisés tels le laitier, les poussières et les réfractaires usagés vers le CSTFA ne représenteront que de l'ordre de 10% du flux généré par le scénario de référence (stockage direct).

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 47/85
--	-----------------	-----------	--------------

Chapitre 6 - Les options de sûreté et de radioprotection

6.1 Objectifs généraux de sûreté de l'installation

La sûreté nucléaire est un terme définissant les dispositions techniques et les mesures d'organisation permettant de garantir l'absence d'effets dommageables sur les personnes et l'environnement. Elle concerne les activités allant de la conception, à la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des installations nucléaires de base. La réglementation française définit ces dispositions.

Les objectifs de sûreté de conception de l'ITMF sont d'identifier les enjeux potentiels associées à son activité afin de limiter les risques et inconvénients que pourraient générer l'installation ou son activité.

L'hypothèse de l'implantation de l'ITMF décrite au paragraphe 4, a été prise comme hypothèse dans le document pour permettre une description claire des options de sûreté et de radioprotection et une meilleure compréhension de ces enjeux.

6.2 Statut réglementaire de l'installation et Réglementation

Compte tenu notamment de l'activité industrielle de l'installation, de la capacité de traitement, des caractéristiques et de la quantité des produits présents ou générés et de l'activité totale des radionucléides présents dans l'installation, l'ITMF est une installation soumise à la nomenclature des installations classées pour l'environnement (ICPE) sous certaines conditions. L'analyse de la nomenclature et notamment les principales rubriques ICPE concernées sont présentées dans le paragraphe 2.1.1.

6.3 Méthodologie

Les options de sûreté/sécurité ont été déterminées par une analyse préliminaire de risques réalisée selon une approche qualitative de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

Les enjeux de sûreté identifiés à ce jour pour l'ITMF sont donc susceptibles d'évoluer dans le temps, notamment en fonction de l'évolution des exigences réglementaires.

L'analyse préliminaire de sûreté a pour but d'identifier l'ensemble des risques d'origine externe et interne ainsi que les mesures de prévention et de protection nécessaires. Ils sont classés en deux catégories : les risques externes et les risques internes d'origine nucléaire ou d'origine non nucléaire.

Cette étude de risques est basée également sur le REX disponible :

- Des installations de même activité (fonderie et aciérie) dans le domaine conventionnel.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 48/85
--	-----------------	-----------	--------------

- De l'installation de SOCODEI située à Marcoule.

6.4 Recensement des risques potentiels

Les risques externes identifiés pour l'ITMF sont liés :

- A l'environnement industriel, à l'environnement humain.
- A l'environnement naturel : risques liés aux conditions climatiques, risques d'inondation d'origine externe.
- Au séisme.

Les risques internes d'origine nucléaire identifiés dans l'ITMF sont :

- La dissémination de matières radioactives.
- L'exposition aux rayonnements ionisants.
- La criticité.

Les différents risques internes d'origine non nucléaire identifiés dans l'ITMF sont :

- L'incendie.
- L'explosion.
- La manutention.
- L'inondation.
- La dissémination des substances chimiques.
- La perte ou la défaillance des utilités¹¹.

6.4.1 Analyse des risques liés à l'environnement

Dans l'hypothèse de l'implantation de l'ITMF sur le site du Tricastin, les principaux risques liés à l'environnement de l'ITMF sont développés ci-dessous :

- Les risques liés à l'environnement industriel : les risques présentés par les installations avoisinantes concernés par les installations d'EURODIF Production (GB), le CNPE du Tricastin, COMUHREX et SOREDEC sont sans conséquence pour l'ITMF du fait de son éloignement des autres installations.
- Les risques liés à l'environnement humain : ce sont principalement les voies de communication routières (autoroute A7, route nationale RN7, routes départementales), fluviales (Rhône, canal Donzère Mondragon), ferrées (situées à l'Ouest du site) et aérienne. Celles-ci sont sans conséquence pour l'ITMF du fait de sa localisation suffisamment éloignée de ces infrastructures.
- Les risques liés à l'environnement naturel : ce sont les conditions climatiques extrêmes (températures, vent, neige, grêle, foudre) qui sont prises en considération.

¹¹ Les utilités sont notamment les alimentations et réseaux d'air, d'eau, de vapeur et électriques nécessaires au fonctionnement de l'installation.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 49/85
--	-----------------	-----------	--------------

- Des dispositions constructives (dimensionnement de génie civil, automatisme, ...) et organisationnelles (surveillance, consignes, ...) permettent la maîtrise de ces risques et l'absence de conséquences pour l'installation.
- Les risques d'inondation externe : ce sont les phénomènes tels que la crue du Rhône, les conséquences de précipitations importantes, une démolition accidentelle de la digue du canal de Donzère-Mondragon. La situation géographique de l'ITMF d'une part, et les dispositions de conception et organisationnelles d'autre part, sont sans conséquence pour l'ITMF.
- Les risques liés au séisme : la stabilité des bâtiments et des principaux équipements tels que le four de fusion est prise en compte lors de la conception. Des dispositifs de ventilation et de refroidissement complètent les moyens de mitigation.

6.4.2 Analyse des risques liés à l'installation (ITMF)

Les principaux risques sont développés ci-dessous :

- Les risques de dissémination de matières radioactives liés à la présence de traces de matières radioactives sur la surface des aciers à traiter lors des opérations d'exploitation ou de maintenance. Le basculement des navettes ou le chargement du four peuvent générer des poussières.

Les dispositions de prévention telles que le système de barrières de confinement statique et dynamique, la mise en place des filtres sur le circuit de ventilation et la surveillance atmosphérique permettent de limiter efficacement la remise en suspension de ces poussières.

Les risques d'exposition aux rayonnements ionisants consécutifs aux opérations d'exploitation/maintenance et/ou à la remise en suspension des substances radioactives dans l'atmosphère.

Certaines zones ou équipements peuvent présenter des risques d'exposition comme le four à arc électrique, le four poche et la zone de démolition des réfractaires.

Des dispositions de conception (zonage radiologique, surveillance atmosphérique, ...) et des mesures de prévention (dosimétrie, formation, ...) permettent de réduire le risque d'exposition à des niveaux aussi bas que raisonnablement possible.

- Les risques de criticité liés à la présence de matières fissiles (U^{235}) au sein de l'ITMF.

La présence de matières radioactives est très faible.

La gestion de la masse de matière fissile dans l'installation, au moyen des dispositions organisationnelles, permet de maîtriser efficacement la sûreté criticité des activités.

- Les risques d'incendie interne d'origine thermique ou électrique.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 50/85
--	-----------------	-----------	--------------

Certaines zones ou activités comme la découpe des caisses navette, four à arc, four poche sont plus sensibles au risque d'incendie. Des situations telles que l'épandage de métal en fusion dû à la défaillance du système de coulée ou de basculement du FEA peuvent être également la cause d'un départ d'incendie.

Des dispositions constructives (matériaux et murs à résistance feu, ...) et de prévention (sectorisation incendie, cheminements protégés, détection incendie, dispositif d'extinction, formation, ...) limitent les conséquences d'un incendie potentiel.

- Les risques d'explosion interne liés au procédé mis en œuvre dans l'ITMF (présence d'eau au contact du métal en fusion).

Le contact de l'eau avec le métal en fusion peut entraîner une explosion avec possibilité de dissémination de matières radioactives ou générant un départ de feu. L'entrée d'eau dans le four électrique à arc ou le four d'affinage ou une fuite de gaz alimentant le four d'affinage et la chaîne de lingotage peuvent être la cause d'une explosion.

La conception des équipements notamment du four électrique à arc présente l'avantage de ne pas avoir de circuit de refroidissement au-dessus du niveau liquide.

La redondance des systèmes de ventilation et d'aspiration des fumées du local four (FEA) ainsi que l'instrumentation des circuits d'eau et procédé avec alarmes permettent de prévenir tout risque d'explosion. La conception des réseaux, la ventilation des zones concernées sont des dispositions constructives permettant d'éviter toute explosion.

Le dimensionnement du local four (FEA) à une explosion interne permet de limiter les conséquences d'une explosion dans ce local.

Des dispositions de prévention telles qu'une surveillance des paramètres des équipements sensibles, le contrôle périodique de ces équipements et des moyens de surveillance associés (mesures de température, alarmes, ...) renforcent le dispositif.

- Les risques dus à la manutention et au transfert des déchets (métal, laitier, réfractaires, ...)

La défaillance des organes de manutention des produits (poches de métal en fusion, cuvier de laitier, ...) ou de conduite associée a été analysée.

Les dispositions constructives et de prévention telles l'adaptation des moyens de manutention, le contrôle périodique des moyens de manutention et des appareils, la délimitation de zones dédiées, ainsi que les dispositions organisationnelles (la formation des personnels, procédures, contrôles périodiques, ...) conduisent à réduire les risques de défaillance lors des manutentions.

- Les risques d'inondation interne provenant d'une fuite potentielle des réseaux d'eau de procédé et des utilités.

Le risque d'inondation d'origine interne provient d'un risque de fuite :

- Du réseau de refroidissement en eau de certains éléments du four à arc : le cercle de voûte, le bras de manipulation de la voûte, les 3 bras d'électrode,
- D'une rupture de la tuyauterie ou d'un équipement constitutif du circuit de refroidissement,
- D'une fuite de batterie de refroidissement du réseau de ventilation suite à des conditions climatiques extrêmes.

La rupture accidentelle d'une de ces canalisations d'eau, l'arrêt de refroidissement des fours ou une fuite d'eau sur les batteries de ventilation ont été pris en compte par des dispositions constructives telles que respectivement l'étanchéité du circuit et des équipements de refroidissement du four et la protection des armoires électriques avec des cheminements adaptés des lignes de refroidissement.

- Les risques d'anoxie par baisse de la teneur en oxygène de l'air dus à l'apport de gaz neutre dans l'atmosphère par fuite des circuits.

Le procédé utilise de l'azote. Des dispositions constructives (cheminement, surveillance atmosphériques, ...) et individuelles de protection seront mises en œuvre pour éviter les conséquences d'un apport potentiel de gaz neutre.

- Les risques liés à la perte /défaillance des utilités (ventilation, fluides généraux, alimentation électrique, ...). La redondance des circuits ou l'alimentation électrique secourue permet une alimentation permanente des organes électriques. La surveillance des paramètres du procédé et des moyens annexes permet de limiter les conséquences de ces risques.
- Les risques FOH (Facteurs Humains et Organisationnels) lors des opérations d'exploitation, de maintenance ou de surveillance sont également pris en compte lors de la conception des opérations d'exploitation, de maintenance, de transfert des charges lourdes et au niveau des postes de travail. Ce risque est pris en compte dès la conception et est renforcé par les dispositions organisationnelles (formation, procédures, consignes, ...).

6.4.3 Organisation et moyens d'intervention en cas de situation dégradée

En cas de situation dégradée de l'ITMF, l'objectif est la mise en sécurité de l'installation afin de limiter au maximum les conséquences qui pourraient en découler.

Les Règles Générales de Sécurité (RGS) prescrivent les consignes et procédures à mettre en œuvre.

L'organisation prévue regroupe l'ensemble des acteurs autour du directeur du site et du chef d'installation. Les moyens d'intervention sont internes et externes en fonction de la situation.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 52/85
--	-----------------	-----------	--------------

Les acteurs concernés sont :

- Directeur de site et chef d'installation qui disposent des moyens d'intervention humains et matériels du site : l'Equipe Local de Premier Secours (EPLS), les opérateurs intervenant sur l'installation, le service de Protection contre les Rayonnement Ionisants (SPR).
- Le service médical du site du Tricastin dans l'hypothèse où l'ITMF serait implanté près du site.
- Les moyens externes au site que sont le SDIS.
- Les pouvoirs publics sous l'autorité du Préfet de département.

La chronologie des étapes en situation dégradée de l'ITMF est la suivante :

En premier lieu, des alarmes retentissent et l'alerte d'évacuation de l'installation peut être décidée et ordonnée si l'état de la situation l'exige.

Les moyens d'interventions sont de plusieurs niveaux suivant l'importance de la situation et des conséquences potentielles comme le montre la figure ci-dessous.

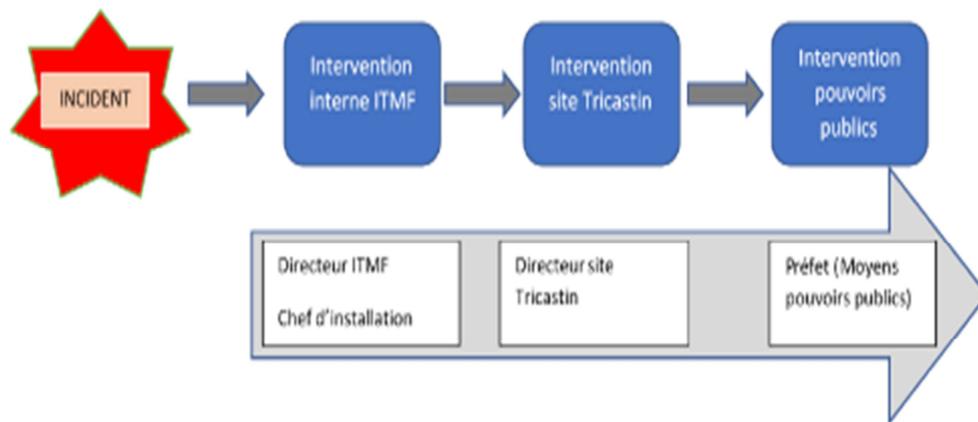


Figure 34 - Les niveaux d'intervention en situation incidentelle

PARTIE 2

Chapitre 7 - Les filières de recyclage

7.1 Introduction

Le chapitre 7 présente l'étude menée en collaboration avec les industriels français des filières sidérurgiques existantes. Les différents paragraphes sont les suivants :

- La description des filières de recyclage suivant une méthodologie en trois étapes :
 - Identifier les produits finis dans les domaines nucléaire et conventionnel,
 - Rechercher les industriels pouvant répondre à l'élaboration de ces produits à partir des lingots provenant de l'ITMF.
 - Définir les caractéristiques des produits sortant de l'ITMF.
- Les bilans des quantités potentielles de lingots valorisables et la capacité de la filière, depuis le producteur d'origine (GB-GV) jusqu'à l'utilisateur final, à produire les produits finis demandés.
- Les conditions nécessaires pour maintenir la traçabilité des lingots tout au long du processus de façonnage.
- L'analyse de l'identification des enjeux des filières de recyclage, les impacts potentiels et les parades pour en limiter l'importance. Des opportunités sont également identifiées.

7.2 Cadre réglementaire et recommandations du GT

Les articles R1333-2 à 4 du CSP précisent le cadre des possibilités de recyclage. Le groupe de travail, présenté au paragraphe 1.2, a émis pour les filières de recyclage les recommandations R5 à R14 dans le rapport référencé¹². Le PNGMDR 16-18 a repris les recommandations du groupe de travail.

Ces textes et recommandations sont rappelés dans le tableau ci-après :

¹² Rapport du groupe de travail sur la valorisation de matériaux de très faible activité du 25/07/2015.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 54/85
--	-----------------	-----------	--------------

Référence recommandations ou exigences réglementaires	Exigences réglementaires (R), PNGMDR 2016-2018 et Recommandations (GT)	Texte
R1333-2 du CSP	R	« Est interdite toute addition intentionnelle de radionucléides artificiels et naturels, y compris lorsqu'ils sont obtenus par activation, dans les produits de construction, les biens de consommation et les denrées alimentaires ... »
R1333-3 du CSP		« Est également interdite l'utilisation, pour la fabrication des biens de consommation et des produits de construction, des matériaux et des déchets provenant d'une activité nucléaire ... »
R1333-4 du CSP		« En application du 1° de l'article L. 1333-1, des dérogations aux interdictions énoncées aux R.1333-2 et R. 1333-3 peuvent, si elles sont justifiées par les avantages qu'elles procurent au regard des risques sanitaires qu'elles peuvent présenter, être accordées par arrêté du ministre ... après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire et du Haut Conseil de la santé publique. Les denrées alimentaires, les matériaux placés en contact avec des denrées alimentaires et des eaux destinées à la consommation humaine, les jouets, les parures ou les produits cosmétiques ne sont pas concernés par ces dérogations. »
R1333-5 du CSP		« Un arrêté des ministres ..., définit les éléments ... à toute demande de dérogation ainsi que les modalités ... à l'information des consommateurs. La liste des biens de consommation ... »
R7		
R8	PNGMDR 2016-2018	Sur la base des recommandations du groupe de travail dont le résumé est donné au paragraphe 3.5.5.3 et de la recommandation R7, Areva et EDF doivent remettre avant mi- 2018 un dossier qui, d'une part, présente les options techniques et de sûreté d'une installation de traitement de leurs grands lots homogènes de matériaux métalliques de très faible activité (part valorisable des GV et diffuseurs de GB1) et, d'autre part, décrit les filières de gestion associées. Ce dossier devra également indiquer le calendrier en vue de la mise en service de l'installation.
R5	GT	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.

Tableau 4 – Réglementation et recommandations pour la valorisation des métaux

7.3 Description des filières de recyclage

7.3.1 Description de filières industrielles

7.3.1.1 Introduction et principe d'élaboration

Les scénarios étudiés concernent l'utilisation des lingots provenant de l'ITMF dans les installations de façonnage de l'industrie lourde existante. Deux filières ont été étudiées :

- La filière acier permettant la production des aciers de nuances variées. Les produits semis finis sont des produits plats (tôles minces ou épaisses) ou des produits longs finis tels que les fils & fers à béton, des profilés et des tubes.
- La filière « fonte » permettant la production de fonte et d'équipements moulés.

Les filières « acier » et « fonte » sont alimentées par transferts de lingots dont les caractéristiques métallurgiques ont été ajustées pour répondre à chacune de ces filières. Le taux de carbone ajusté détermine la filière de recyclage par envoi en fonderie ou en aciérie.

La figure ci-après illustre les deux filières de fabrication de produits à partir de fonte et d'acier.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 56/85
--	-----------------	-----------	--------------

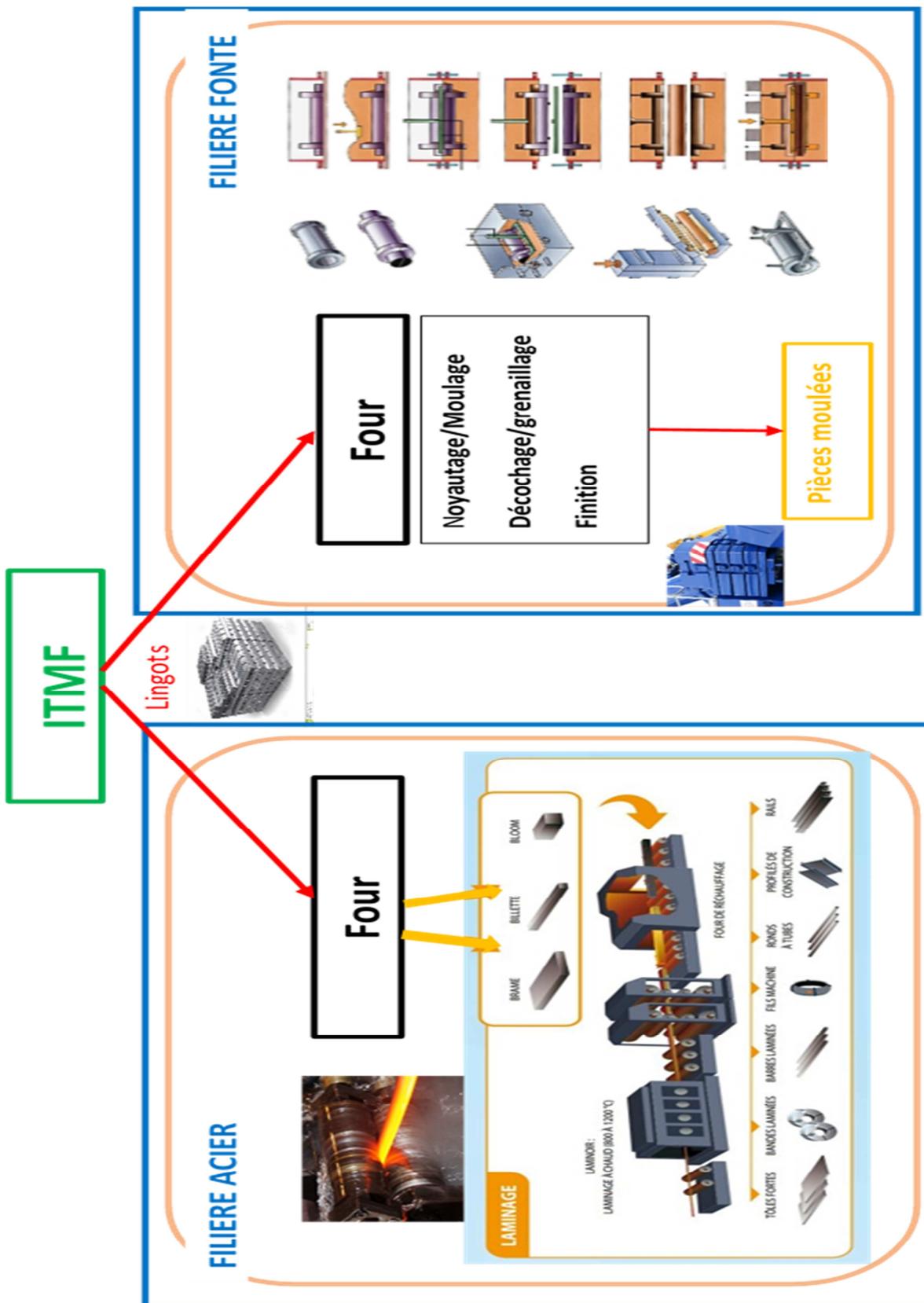


Figure 35 - Schéma de principe de la valorisation des lingots

La filière « acier »

La figure 34 ci-dessus présente sur sa partie gauche, les procédés industriels pour la réalisation d'acier.

Les lingots provenant de l'ITMF passent par une étape de fusion à l'entrée de la filière de façonnage.

Les différentes étapes du procédé dans cette filière permettent de façonner différents sous-produits (billettes¹³ ou du bloom¹⁴ ou de la brame¹⁵) afin de produire des produits finis :

- Soit d'usage courant tels les fers à béton ou armatures de ferrailage, des tubes soudés ou non, des rails, des conteneurs ou des futs.
- Soit dans certains cas, des produits finis spécifiques tels les piping¹⁶ pour matières agressives, des tôles épaisses pour blindage destinées à des usages industriels hors domaine grand public.



Figure 36 - Convoi de blooms



Figure 37 - Les billettes

¹³ Une billette, sous-produit en sidérurgie, de section carrée ou ronde, permet d'obtenir par laminage ou extrusion des produits longs métalliques de faibles section (fil métalliques, barres, profilés...).

¹⁴ Un bloom est un produit intermédiaire en sidérurgie de section carrée de longueur variable destinée à être engagée dans les trains de laminoirs afin d'obtenir pour obtenir des produits longs de section importante tels les poutrelles, rails et palplanches, ...

¹⁵ Une brame, sous-produit en sidérurgie, est un bloc d'acier de forme parallélépipédique de fortes dimensions. C'est le produit dont sont issues les tôles ou les plaques, après laminage.

¹⁶ piping : terme anglais signifiant canalisation, tuyauterie ou conduite.

Figure 38 - Les brames



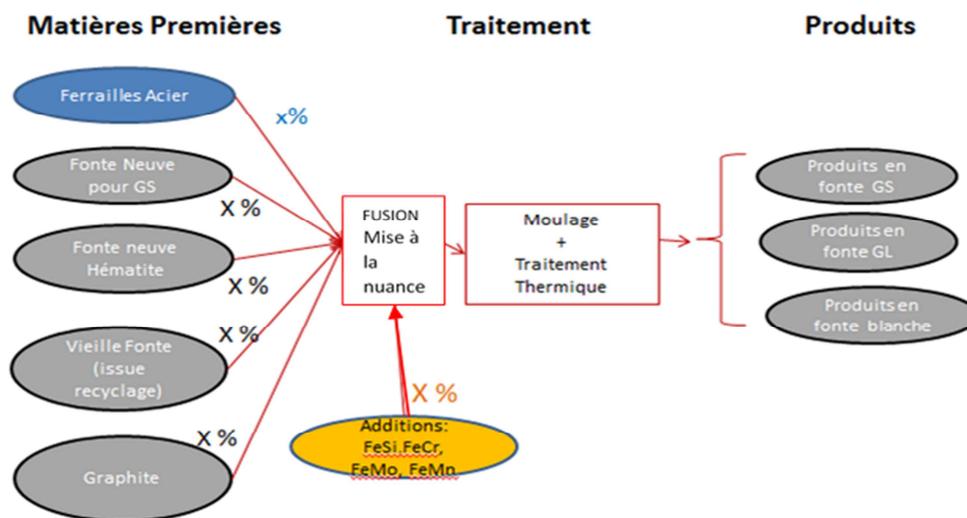
Les principales étapes pour obtenir les produits finis sont les suivantes :

- Fusion du lingot dans un four et mise à la nuance puis transformation du lingot en bloom ou en brame.
- Laminage¹⁷ à chaud du bloom ou de la brame.
- Laminage à froid de la pièce formée.
- Traitement thermique de la pièce par refroidissement maîtrisé et décapage.

La filière « Fonte »

La fonte se différencie de l'acier par sa teneur élevée en carbone (>2%) et certains additifs tels la silice, le chrome, le molybdène et le manganèse. Cette additivation permet de modifier et de renforcer certaines caractéristiques mécaniques du métal comme la résistance à la corrosion ou l'augmentation de la dureté. Les pièces en fonte, préalablement ajustées à la nuance recherchée, peuvent être moulées comme le présente la figure ci-dessous.

Figure 39 – Schéma de principe de la filière « fonte »



¹⁷ Laminage est l'action ayant pour but la réduction d'épaisseur d'un métal. Le laminoir est l'installation industrielle permettant d'obtenir par compression continue au passage entre deux cylindres contrarotatifs l'épaisseur de métal souhaitée.

Les moyens de fusion utilisés sont le four à induction ou le cubilot :

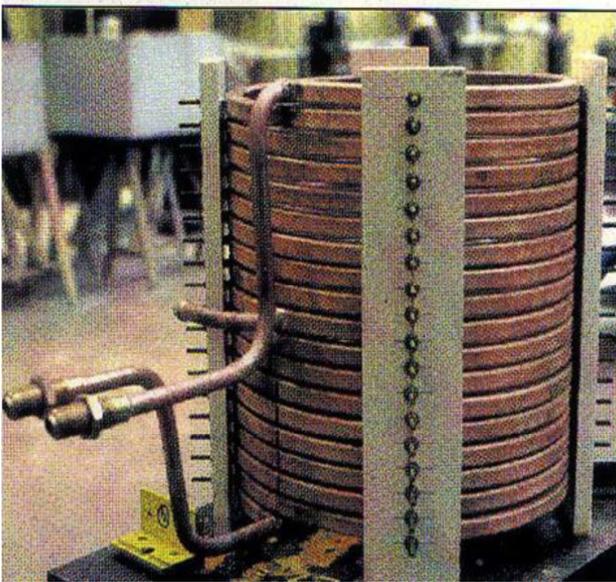


Figure 40 - Four à Induction



Figure 41 - Cubilot

Le procédé d'élaboration des pièces moulées :

Un exemple des différentes étapes de moulage de pièces en fonte est présenté ci-après :

Le procédé d'élaboration se décline en 5 étapes :

Etape 1 : la fabrication du moule (deux caisses) dans lequel sont introduits du sable à prise chimique et une reproduction de la pièce (plastique ou bois).

Etape 2 : l'opération de noyautage qui consiste à mettre en place le noyau permettant de faire des formes plus ou moins complexes.

Etape 3 : l'opération de coulée du métal en fusion préalablement ajusté en nuance.

Etape 4 : l'extraction de la pièce du moule après refroidissement.

Etape 5 : La dernière étape est celle des finitions de la pièce. La cinquième étape est celle du grenailage pour éliminer le sable présent sur la pièce.

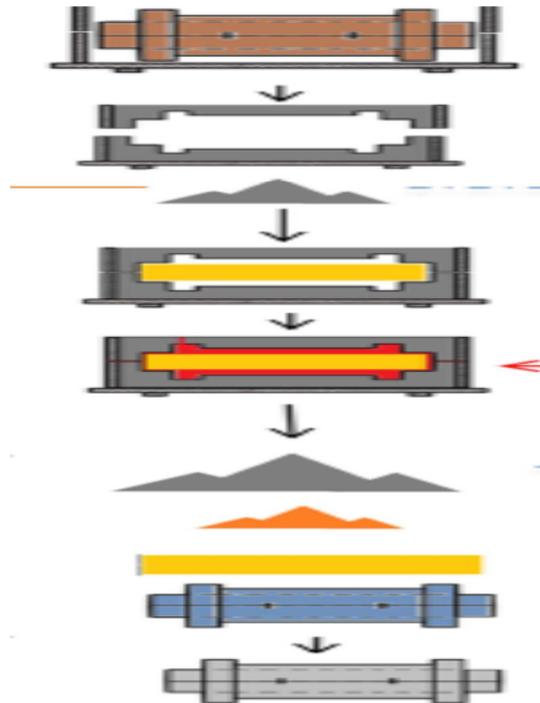


Figure 42 - Fabrication des pièces moulées

Trois types de fonte peuvent être produites :

La fonte GL¹⁸ et la fonte GS¹⁹ sont utilisées dans la fabrication de pièces mécaniques. La présence de graphite dans ces fontes leur confère un mode de corrosion particulièrement résistant (contre-poids et ancrages de turbines marines). La fonte GS a la particularité d'avoir une résistance importante à la traction.

La fonte blanche, du fait de la présence de carbone sous forme de carbure, est réservée à des pièces de résistance à l'usure des chocs, notamment pour les pièces de broyeurs.



Figure 43 – contre-poids en fonte

¹⁸ Fonte GL (Graphite Lamellaire) est une fonte grise dont le graphite est sous forme de lamelles.

¹⁹ Fonte GS (Graphite Sphéroïde) est une fonte grise dont le graphite est sous forme de sphéroïdes

7.3.2 Le marché du recyclage des métaux

7.3.2.1 La filière « acier »

L'analyse réalisée sur le marché français actuel montre que la production nominale de l'ITMF ($16 \cdot 10^3$ t/an) représenterait **0.1%** du volume annuel d'acier français produit ($16 \cdot 10^6$ t/an) et **0.23 %** du volume annuel d'acier français produit à partir de ferrailles recyclées ($7 \cdot 10^6$ t/an).

L'exportation d'acier représente $5.4 \cdot 10^6$ t en 2015. Ces proportions sont faibles et sont compatibles avec l'introduction des produits de l'ITMF sur le marché français des ferrailles sans perturber l'équilibre de ce marché.

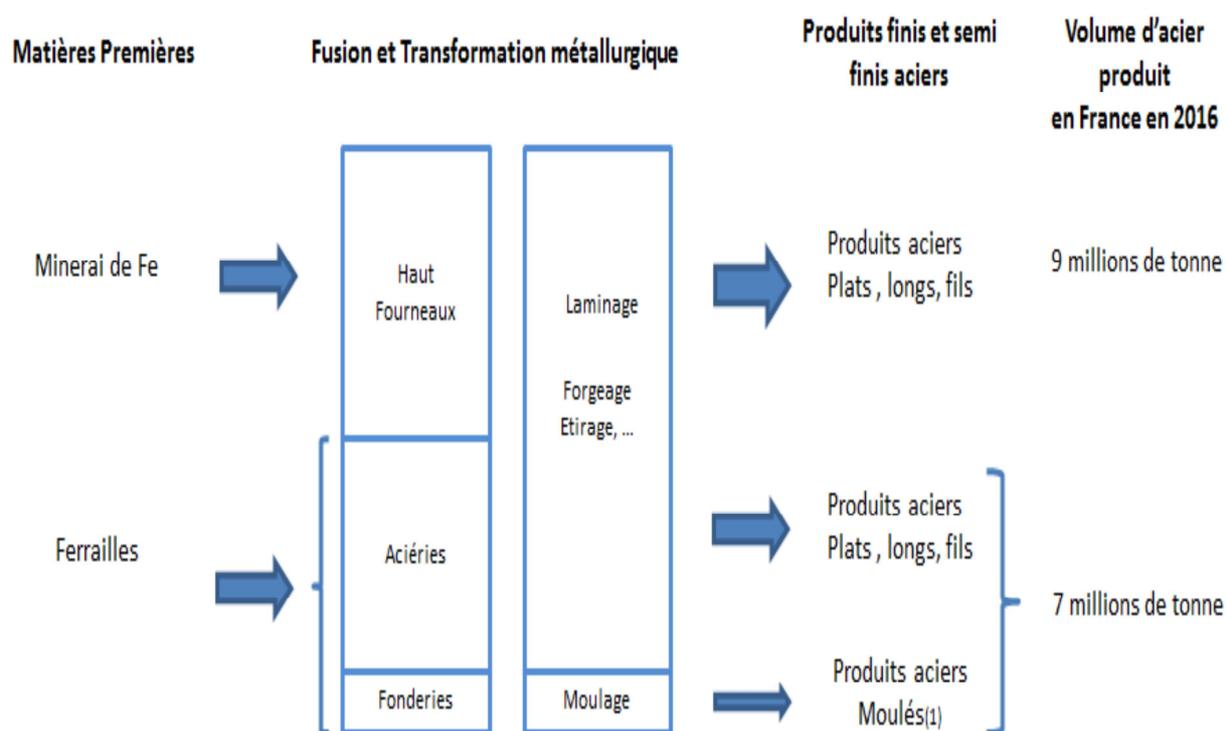


Figure 44 - Filière de production de produits en acier

7.3.2.2 La filière « fonte »

La filière de production de fonte est représentée par le schéma ci-dessous. La production française de fonte en 2015 était de $1.3 \cdot 10^6$ tonnes et en légère décroissance depuis 5 ans ($1.6 \cdot 10^6$ en 2011). Elle est produite sous forme de fonte GL et GS principalement. La production de l'ITMF ($16 \cdot 10^3$ t/an) sur le marché français des fontes est faible, de l'ordre de **1,3%** de la production annuelle conventionnelle de fonte.

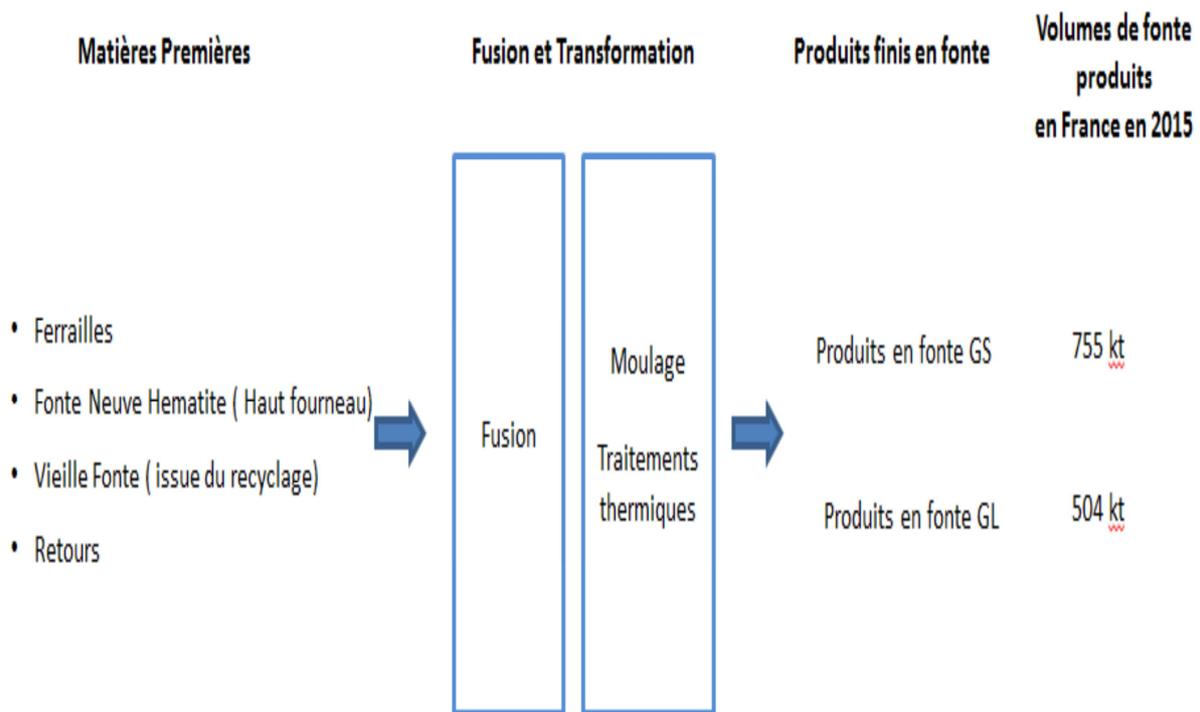


Figure 45 - La filière "fonte"

7.3.3 L'approche méthodologique

L'approche méthodologique pour l'analyse des débouchés des lingots produits par l'ITMF est présentée par le schéma suivant. La prise en compte de la réglementation et des recommandations du groupe de travail (cf. chapitre 7.2) ont conduit à développer une démarche en quatre étapes :

- Etape 1 : sélectionner les produits finis compatibles.
- Etape 2 : sélectionner les filières industrielles suivant 4 critères (intérêt de l'industriel, faisabilité technique, viabilité économique et traçabilité).
- Etape 3 : définir l'optimum technique des caractéristiques des sous-produits sortants de l'ITMF.
- Etape 4 : analyser les Risques et OPportunités (AROP) que présentent les filières sélectionnées.

Ces quatre étapes ont été synthétisées dans le schéma ci-dessous :

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 63/85
--	-----------------	-----------	--------------

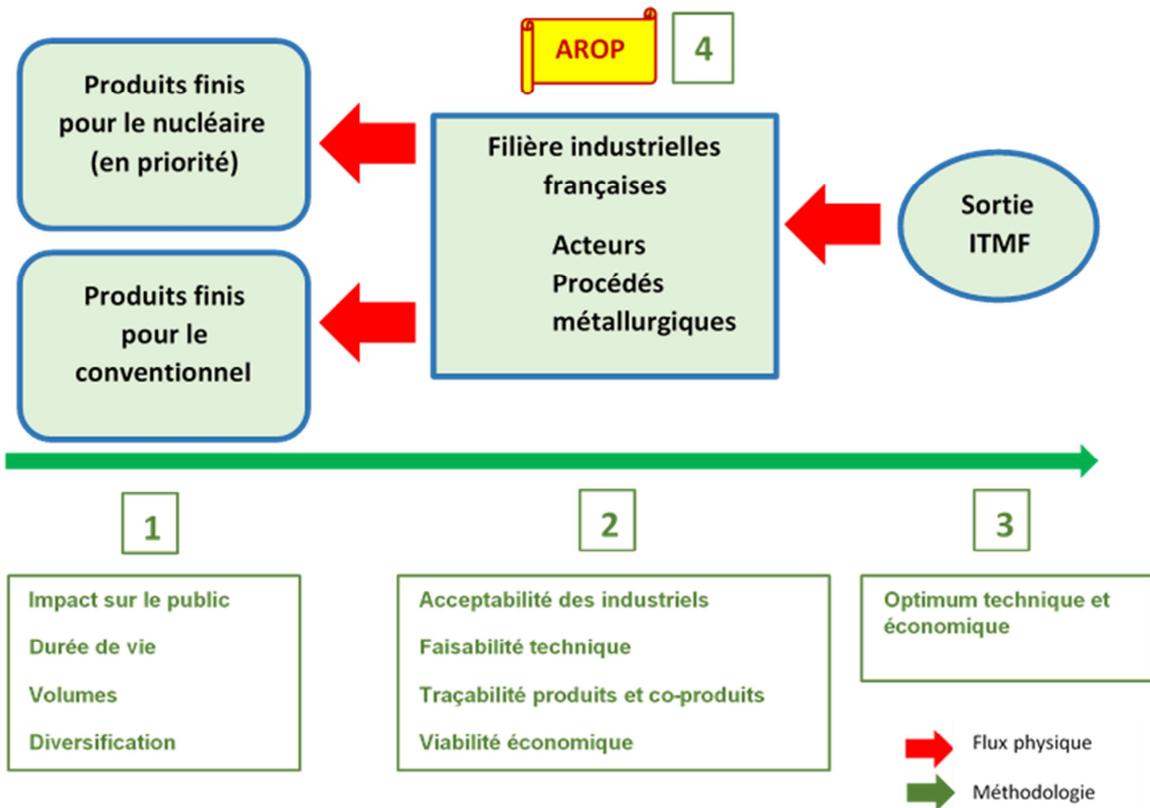


Figure 46 - Approche méthodologique

En complément, l'approche méthodologique prend en compte également le Retour d'Expérience (REX) ainsi que des critères associés aux objectifs définis :

- Produits banalisés et utilisés par le grand public, non retenus.
- Filières dont la fabrication est réalisée sur le territoire français.
- Utilisation des systèmes de traçabilité existants chez les industriels.
- Choix de produits à cycle de vie long.
- Préférence pour les acteurs industriels robustes et pérennes.
- Adéquation avec les volumes de ferrailles produites par l'ITMF.

7.3.4 Les produits finis

L'étude a été menée avec l'implication des acteurs industriels français des activités sidérurgiques et nucléaires. Ceci a permis d'établir la sélection des produits compatibles sur les marchés nucléaire et conventionnel de l'acier et de la fonte.

7.3.4.1 Les principaux acteurs industriels

Ces sidérurgistes couvrent les principaux secteurs de production d'acier et de fonte dont les usines sont implantées en France. Les capacités de production vont de plusieurs milliers de tonnes/an à des millions de tonnes/an.

Les critères identifiés sur ces secteurs d'activité (acier, fonte) sont répertoriés dans les tableaux ci-dessous.

Les acteurs industriels français capables d'élaborer les produits finis sélectionnés ont été évalués selon les quatre critères suivants :

• **Critère A – Intérêt de l'industriel**

Ce critère évalue la volonté et la capacité de l'industriel d'utiliser les produits issus de l'ITMF comme matière première.

• **Critère B : Faisabilité technique**

Ce critère évalue la capacité technique de l'industriel à élaborer le produit fini en fonte ou en acier à partir des produits issus de l'ITMF (fusion, transformations métallurgiques...).

• **Critère C : Viabilité Economique**

Ce critère évalue le coût des étapes métallurgiques pour aboutir à un produit fini en fonte ou en acier à partir des produits issus de l'ITMF.

• **Critère D : Traçabilité**

Ce critère évalue le système existant de traçabilité des produits de l'industriel en cohérence avec les recommandations du GT.

7.3.4.2 La filière « acier » : Les produits en acier

L'étude menée sur les filières « acier » a permis de sélectionner des filières industrielles qui permettraient de répondre aux critères de l'étude. Les filières sont synthétisées dans le

Tableau 5 ci-dessous.

Filière par nuance	Produits finis en acier	Utilisation dans le domaine nucléaire ou conventionnelle
Acier S235	Conteneur en acier tôle de forte épaisseur (>3 mm)	Nucléaire et conventionnel
	Fûts en acier tôle de forte épaisseur (de 5 à 12.7 mm)	
	Fût en acier tôle mince (<3mm)	
	Panier nu et armature (fils et fers à béton)	
Acier Mn moulé	Pièces d'usure de cœurs de voies en acier moulé	Conventionnel

Tableau 5 - Les produits en acier sélectionnés

Pour le marché conventionnel

Les produits potentiels suivants provenant de cette filière ne peuvent pas être retenus du fait du non-respect de certains critères retenus :

- Les rails et les tubes de casing pour l'industrie ne seraient pas réalisés sur le territoire français.
- Les tuyaux d'évacuation de l'eau. En effet, Il n'est pas possible de dédier les lingots provenant de l'ITMF uniquement à la production de tuyauteries pour les eaux usées car potentiellement utilisées pour l'acheminement de l'eau potable. Dans ce cas, le critère de traçabilité, ne serait pas garanti et ne répondrait pas à l'article R1333-2 du code de la santé publique.

Pour le marché du nucléaire

L'analyse a été réalisée pour l'ensemble des industriels nucléaire français (EDF, Orano, CEA, ANDRA) en considérant les besoins futurs au vu des business plans connus à ce jour.

Une estimation de tonnages annuels par type de produits finis pour l'industrie nucléaire est présentée dans le tableau ci-dessous :

	Catégories de produits (tonnes/an)						
Identification des produits	Conteneurs pour l'exploitation	Conteneurs et autres produits pour les projets de démantèlement	Matériaux pour le projet CIGEO (période de construction)	Conteneurs et autres produits pour le projet CIGEO (période d'exploitation)	Tous produits confondus avant, pendant et après la période de production de l'ITMF		
Période des besoins	2029-2055	2029-2055	2021-2029	2030-2075	2021-2028	2029-2055 ¹ 2029 ² 2030-2055	Après 2055
Tonnes / an	1600	2500	9400	2100	9400	13 500 ¹ 6 200 ²	2100

Tableau 6 – Quantités par grandes familles de produits (en Tonnes/an)

Dans le domaine nucléaire, la majeure partie des produits finis en acier identifiés répondant aux besoins du secteur nucléaire sont des produits en acier « banalisés » (tôles pour container, fer à béton, rails ...) utilisés largement en dehors du nucléaire sur les marchés grand public.

Les filières industrielles de la sidérurgie qui les produisent sont des filières intégrées, automatisées de grosse capacité de production de produits finis et très compétitives, avec des étapes de refusion et de transformation en coulée continue. Le flux de lingots « acier » provenant de l'ITMF pourrait être consommé par ces filières en tant que matière première au

même titre que les ferrailles recyclées qui sont consommées comme matières premières sans déstabiliser les flux produits (voir

Tableau 6).

Toutefois, les sidérurgistes à fort tonnage de production ne peuvent pas considérer la consommation de produits issus de l'ITMF de façon différente des ferrailles « classiques » recyclées, notamment la traçabilité des produits et co-produits, du fait du faible tonnage des ferrailles de l'ITMF, sans perturber leur chaîne de production et sans remettre en cause la viabilité économique du projet. Il n'est donc pas envisageable de fournir des produits dédiés à partir de l'ITMF uniquement pour les besoins de ces industriels nucléaires.

D'autres filières industrielles ont été étudiées. Les acteurs spécialisés sur d'autres secteurs (alliage haute pureté) dont le tonnage est plus faible, qui produiraient à façon des produits en acier banalisés à partir des produits issus de l'ITMF, ne sont alors pas compétitifs au regard des exigences réglementaires, des recommandations du GT et des objectifs mentionnés.

Ces éléments pris en compte dans l'étude n'ont pas permis de sélectionner les filières conventionnelles de production de produits finis en acier pour les besoins de l'industrie nucléaire, bien que les volumes et les durées de vie de ces produits répondent aux critères.

L'impact économique de production vis-à-vis du marché actuel est un facteur important qui ne permet pas non plus de retenir le domaine conventionnel de débouchés des produits issus des lingots de l'ITMF.

Le Tableau 7 synthétise les résultats.

Elaboration de produits finis	Produits finis	Acteurs identifiés I	Intérêt de l'industriel	Faisabilité technique	Viabilité économique	Traçabilité
Produits plats (tôles épaisses)	Tous	11		-	-	
	Conteneurs Nuance acier S235	12				
	Tous	13		NC	NC	NC
	Conteneurs Nuance acier S235	14			-	
Produits plats (tôles minces)	Fûts nuance acier S235	11		-	-	
		14				
Produits longs (fer à béton)	Panier nu, fer à béton	12				
		15		-	-	
Produits longs (Rail)	Rail	16		-	-	
Produits longs (tubes de casing)	Tubes de casing	17		-	--	

Tableau 7 – Les filières de valorisation « acier » étudiées



Critère obtenu

Critère non obtenu

Conclusion de la filière « acier »

En conclusion, au vu des business plans actuels de ces industriels, les filières « acier » ne peuvent pas être retenues pour le recyclage des aciers provenant de l'ITMF dans les domaines nucléaire et conventionnel. En effet, il n'y a pas de filière de recyclage en France qui garantisse :

- La traçabilité des produits et des co-produits tout au long de sa filière et
- La viabilité économique lorsque celle-ci a pu être évaluée.

Cependant, les marchés dits « de niche », marchés spécifiques correspondant à un produit ou service très spécialisé, restent potentiellement des secteurs dans lesquels des débouchés industriels seraient possibles mais les volumes de ventes potentiels sont naturellement plus faibles et limités.

7.3.4.3 La filière « fonte » : les produits en fonte

L'étude menée sur les filières « fonte » a permis de sélectionner des filières industrielles qui permettraient de répondre aux critères de l'étude. Les filières sont synthétisées dans le Tableau 8 présenté ci-dessous.

Dans le marché du nucléaire

L'étude menée avec les industriels du nucléaire n'a pas permis d'identifier de produits finis en fonte pour le secteur du nucléaire. Les produits en fonte utilisés dans le nucléaire sont spécifiques (lest de pompe, ...) et donc de faible volume ou proviennent du marché conventionnel avec également une utilisation courante ou banalisée par le grand public.

Dans le marché conventionnel :

Sur la base des critères de l'étude, les produits et secteurs identifiés ci-dessous n'ont pas été retenus du fait de leur utilisation par le grand public ou du faible volume consommé. Ce sont :

- Les équipements de l'industrie automobile.
- Les articles ménagers et de décoration.
- Les machines agricoles.
- Les pompes et robinetterie pour le secteur énergie (faible volume consommé).
- Les équipements de l'aéronautique et de l'espace (faible volume consommé).
- Les équipements de la construction navale et métallurgique.

La recherche de produits s'est donc orientée vers les secteurs suivants :

- Matériel pour les mines, les forges et pour les activités de manutention levage.
- Autres secteurs de la mécanique.
- Electricité et électronique.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 68/85
--	-----------------	-----------	--------------

Le Tableau 8 présente les produits sélectionnés qui répondent aux critères définis.

Ces produits ont été choisis car ils ne font pas l'objet d'une utilisation courante ou banalisés par le grand public. Ce sont par ailleurs des produits à cycle de vie long, et les volumes consommés sont en adéquation avec les volumes produits par l'ITMF.

Filière par nuance	Produits finis en fonte	Utilisation dans le secteur conventionnel
Fonte	Contrepoids engins de manutention (fonte GL)	Mécanique
	Plaque de garnissage interne et boulets des broyeurs (fonte blanche)	Mines forges manutention forgeage
	Rotor éolienne offshore et flottantes (fonte GL)	Electricité et mécanique
	Lest éolienne flottante (fonte GL)	Mécanique
	Lest hydrolienne (fonte GL)	
Gaines câbles électriques immergées	Electricité	

Tableau 8 – Les produits issus de la filière « fonte »



Figure 47 - Contre-poids de grue

Les contrepoids pour grues, chariots élévateurs, nacelles sont des produits permettant de répondre aux critères de sélection. Le marché des contrepoids est stable et l'étude le considère constant sur la période comprise entre 2029 et 2046. La quantité annuelle produite de contrepoids en France est de l'ordre de 124 000 tonnes.

Les filières sont synthétisées dans le tableau ci-dessous. La définition des critères est identique à celle utilisée pour la filière « acier ».

Elaboration du produit fini	Produit fini	Acteur identifié J	Critères filière industrielle			
			A	B	C	D
Fonte GL	Contrepoids	J1				
	Lest hydroliennes	J2				
Fonte GS	Lest éolienne flottante	J1				
	Gaines câbles électriques immergées					
	Rotor éolienne offshore	J3				
Fonte blanche Cr Mo	Plaques de garnissage interne et boulets des broyeurs à boulets	J4				
		J5				
Acier Mn moulé	Pièces d'usure de Cœurs de voies	J6				
		J7				

Tableau 9 - Les filières de valorisation de la fonte étudiées

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 69/85
--	-----------------	-----------	--------------

Critère obtenu

Conclusions pour la filière « fonte » :

L'ensemble des acteurs rencontrés présente des positions favorables sur les 4 critères retenus avec des débouchés en nombre très limité, uniquement dans le domaine conventionnel et répondant aux exigences réglementaires des recommandations du GT et des objectifs pris en compte.

7.3.5 Bilans des quantités de lingots valorisables

Les quantités produites par l'ITMF annuellement sont indiquées dans le chapitre 0. La production maximale est 16 000 t/an et la masse totale produite entre 2029 et 2055 est d'environ 204 000 tonnes.

Le tableau ci-dessous présente sur cette base l'accessibilité du marché « fonte » par les produits issus de l'ITMF.

<i>Production maximale ITMF 16000 t/an Période 2029 à 2046</i>	Besoins actuels 2016 et futurs du marché		Quantités accessibles estimés par l'ITMF (t/an)			
	Quantités produites (t/an)	Perspectives	Produit en fonte	TI (%)*	Produit acier	TI (%)*
Contrepoids	124000	Besoins constants	74400	60	37200	30
Lest hydrolienne	48000	Développement des énergies renouvelables	28800	60	14400	30
Gaines câbles immergés	45600		4560	10	4560	10
Plaque de garnissage	6000	Besoins constants	3600	60	3600	60

*Taux d'Incorporation (TI) d'acier ou de fonte provenant de l'ITMF dans le flux de production

Tableau 10 – Accessibilité du marché par l'ITMF (Acier et fonte)

Seuls les débouchés des produits « fonte » dans le domaine conventionnel ont été identifiés. Les industriels contactés par la filière de production de produits finis en fonte se révèlent intéressés.

Les 4 critères de sélection (Intérêt de l'industriel, faisabilité technique, viabilité économique, traçabilité) sont satisfaits.

La filière des contrepoids est la filière la plus solide à ce stade. En effet, le volume des contrepoids est largement supérieur au volume de production de l'ITMF. Les contrepoids sont produits par deux industriels différents. La nuance de fonte GL est standard. Le four à cubilot pourrait accepter dans son lit de fusion 60% de la fonte ce qui permet d'assurer les consommations des quantités produites par l'ITMF.

Les demandes en lests des hydroliennes sont également supérieures à la capacité maximale de l'ITMF. Ce nouveau marché potentiel, actuellement en test, dépend de l'industrialisation de ce mode de production d'énergie et plus généralement du développement des énergies renouvelables.

Les besoins en lest des éoliennes et des rotors d'éoliennes flottantes sont très faibles et ne peuvent pas constituer à ce stade un débouché significatif pour les produits issus de l'ITMF.

Enfin, la diversification des filières est recommandée en termes de produits finis et d'acteurs. Dans ce cadre, la filière des plaques de garnissage pourrait être une filière prometteuse.

Ces débouchés que sont les lests des éoliennes, les rotors d'éoliennes flottantes n'ont pas actuellement atteint leur maturité opérationnelle et pourraient être considérés comme des filières accessibles dans le futur.

7.4 Conditions de traçabilité des filières de recyclage

Le principe retenu à ce stade a été d'évaluer le système de traçabilité existant chez les industriels susceptibles de traiter les aciers et les fontes produites par l'ITMF et non pas d'imposer un système de traçabilité spécifique pour les raisons suivantes :

- Un système complémentaire de traçabilité représente une difficulté particulière à l'industriel de superposition partielle ou totale de son propre système,
- La mise en place d'un système complémentaire aurait une incidence négative sur les coûts de production.

L'évaluation des systèmes existants chez les industriels a permis de vérifier qu'il permettait de répondre aux recommandations du GT.

Les principales dispositions sont les suivantes :

- Les industriels sont certifiés. Ces systèmes sont régulièrement audités.
- Les manuels qualité décrivent les dispositions prises en termes de traçabilité à chaque étape de la fabrication (fabrication, flux, entreposage, approvisionnement/expédition des produits et co-produits) ainsi que les contrôles opérés.
- Les systèmes qualités décrivent les dispositions prises pour assurer, à chaque étape de la fabrication, une traçabilité des produits et coproduits.

Conclusion :

Les systèmes de traçabilité des produits et des co-produits qui existent chez les acteurs industriels pour les filières retenus ont été évalués.

L'étude a montré que les flux des produits et des co-produits générés par les procédés font l'objet d'une traçabilité pendant les étapes de fabrication. Ces dispositions répondent aux demandes prescrites dans l'article 24 du 23 février 2017 et aux recommandations indiquées dans le rapport du groupe de travail du 25 juillet 2015.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 71/85
--	-----------------	-----------	--------------

7.5 Conclusion de la faisabilité des filières de valorisation

Les filières « acier » de produits longs (fer à béton, armature, panier nu) et courts ou plats (fûts, conteneurs, fil) fabriqués respectivement à partir de brame, bloom, billettes à partir des lingots issus de l'ITMF, ne peuvent satisfaire à l'ensemble des critères (Intérêt de l'industriel, Faisabilité technique, Viabilité économique, Traçabilité) dans le domaine nucléaire ou conventionnel.

Outre les marchés de « niche » acier, seule la filière de fabrication des produits « fonte » moulés dans le domaine conventionnel pourraient permettre l'usage des fontes issus de l'ITMF. Les critères de sélection basés sur les exigences réglementaires, les recommandations du GT et les objectifs mentionnés ci-dessus (critères A, B, C, D) peuvent être satisfaits pour cette filière à ce stade.

La filière de fabrication des contrepoids semble être celle qui répondrait la mieux à tous les critères.

Les autres filières « fonte » (hydroliennes, éoliennes flottantes, ...) sont en développement industriel et ne peuvent être un débouché à ce stade pour l'utilisation des lingots produites par l'ITMF.

Cependant, ces marchés sont soutenus par des politiques institutionnelles volontaristes et sont prometteurs dans la production d'électricité dans le futur. Un examen régulier de ces marchés devra être conduit pour saisir l'opportunité du recyclage des métaux provenant de l'ITMF.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 72/85
--	-----------------	-----------	--------------

PARTIE 3

Chapitre 8 - Analyse de risques et d'opportunités

8.1 Introduction

L'Analyse de Risques et d'Opportunités (AROP) identifie, évalue les risques et les opportunités du projet de traitement des aciers provenant du démantèlement de l'usine Georges Besse (INB 93), de la segmentation des générateurs de vapeur des CNPE EDF et de la valorisation des aciers produits par l'ITMF. Une synthèse de cette analyse est présentée en considérant les éléments actuels de la réglementation, les facteurs économiques et les meilleures techniques disponibles.

8.2 Synthèse de l'analyse de risques

Le délai de plus de 10 ans entre la décision d'engagement du projet (2018) jusqu'à la mise en service de cette installation 2029 génère une incertitude concernant :

- L'évolution potentielle de la réglementation pouvant affecter le projet, notamment en termes de rentabilité économique.
- L'évolution des filières de valorisation envisagées à ce jour. En revanche, des marchés non connus à ce stade peuvent se créer dans la période.

Les risques du projet tels qu'envisagés actuellement sont de nature réglementaire, technique (produits et installation), et économique (coût et rentabilité du projet, choix des industriels, marché).

Le risque réglementaire porte notamment sur l'obtention d'une dérogation au titre du code de santé publique et sur le délai de délivrance des diverses autorisations compatibles avec les études jusqu'à la mise en service industrielle des installations (voir chapitre 9).

Une adaptation de la réglementation actuelle sera nécessaire pour permettre et respecter la chronologie et la durée des étapes présentées (voir chapitre 0) sans affecter la rentabilité économique du projet et permettre le traitement des aciers à partir de 2029. Une priorité devra également être apportée sur l'instruction des dossiers afin de réduire autant que possible les délais d'obtention de ces autorisations.

Préalablement, une clarification de la réglementation sera nécessaire concernant notamment le processus de dérogation et le contenu du dossier de demande.

La prise en compte des exigences réglementaires, des recommandations du GT et des objectifs (intérêt des industriels - aciérie, fonderie) conduit à privilégier actuellement le champ des voies de recyclage vers celui de la fonte dans marché limité (fabrication des contre-poids, ...).

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 73/85
--	-----------------	-----------	--------------

Le risque technique sera mitigé par :

- L'obtention des capacités techniques requises de l'ITMF ainsi que le respect des spécifications des produits sortant de l'ITMF. Elles seront confirmées notamment par des essais de qualification pour déterminer les conditions optimales des paramètres de fonctionnement de l'ITMF.
- La compatibilité des lingots produits pour le recyclage et la réutilisation de ces métaux sans modification des procédés et sans contrainte radiologique. Ces caractéristiques requises seront vérifiées.
- La vérification et l'acceptation dans les filières de stockage TFA opérationnelles, des déchets provenant du traitement des métaux dans l'ITMF (laitier, réfractaires, ...).

Un changement potentiel de technologie du façonnage ou l'évolution des filières de recyclage identifiées à ce jour pourraient avoir pour conséquences un impact sur le planning du projet, sur les investissements et in fine sur la rentabilité de la filière. Des opportunités de marché pourraient permettre l'identification de nouveaux débouchés dans l'industrie.

La décontamination des métaux par fusion est une opération connue mais dont le REX est toutefois limité. La recherche bibliographique et des essais de qualification permettront de conforter la capacité d'obtention des métaux aux caractéristiques envisagées. Ces essais de qualification permettront de compléter la connaissance de ces opérations, de définir et d'optimiser les paramètres de fonctionnement de l'ITMF.

La recherche de la filière de valorisation nécessite de dérouler plusieurs étapes présentées ci-dessous :

- L'étude de marché de la filière envisagée.
- La validation des produits de sortie de l'ITMF, le planning de développement de la filière et l'obtention de l'accord des industriels.
- L'analyse technique des procédés de façonnage des industriels.
- L'analyse d'impact sanitaire et environnemental des procédés de façonnage des industriels sélectionnés et de l'utilisation du ou des produits finis.
- L'établissement de protocoles d'accords avec les industriels en vue de la commercialisation du produit issu de l'ITMF.

Certaines de ces étapes nécessitent un délai significatif et présentent des incertitudes sur la durée nécessaire à l'atteinte du résultat attendu.

L'obtention de partenariats industriels a pour objectif principalement d'impliquer activement les industriels partenaires dans le développement de la filière et de sécuriser le projet dans son ensemble.

Enfin, pour que le projet de valorisation soit économiquement viable, l'objectif financier d'investissement et d'exploitation de l'ITMF doit permettre de trouver un équilibre économique au projet qui le rende compétitif au regard des autres alternatives (stockage direct des déchets TFA).

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 74/85
--	-----------------	-----------	--------------

Chapitre 9 - Le calendrier prévisionnel de la mise en service de l'ITMF

9.1 Chronologie des différentes étapes de planification

La planification du projet de mise en service de l'ITMF prend en compte notamment les aspects techniques, administratifs et économiques du projet ainsi que les partenariats industriels nécessaires à la valorisation des lingots issus de l'ITMF.

L'ordonnancement et la durée des étapes ou tâches devront être confirmés ultérieurement par la prise en compte des facteurs économiques actualisés, des performances de l'ITMF, des caractéristiques requises des lingots en sortie de l'ITMF pour permettre la réutilisation des métaux traités. La recherche d'optimisation et d'efficacité de chaque processus est également présente dans la méthodologie de conduite du projet.

Plusieurs jalons interviennent dans la durée et la chronologie des différentes tâches de planification. L'interdépendance de certaines tâches entre elles conditionnent cette chronologie et le passage d'une étape à la suivante.

Le schéma ci-dessous indique les principales interdépendances et les liens des étapes entre elles.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 75/85
--	-----------------	-----------	--------------

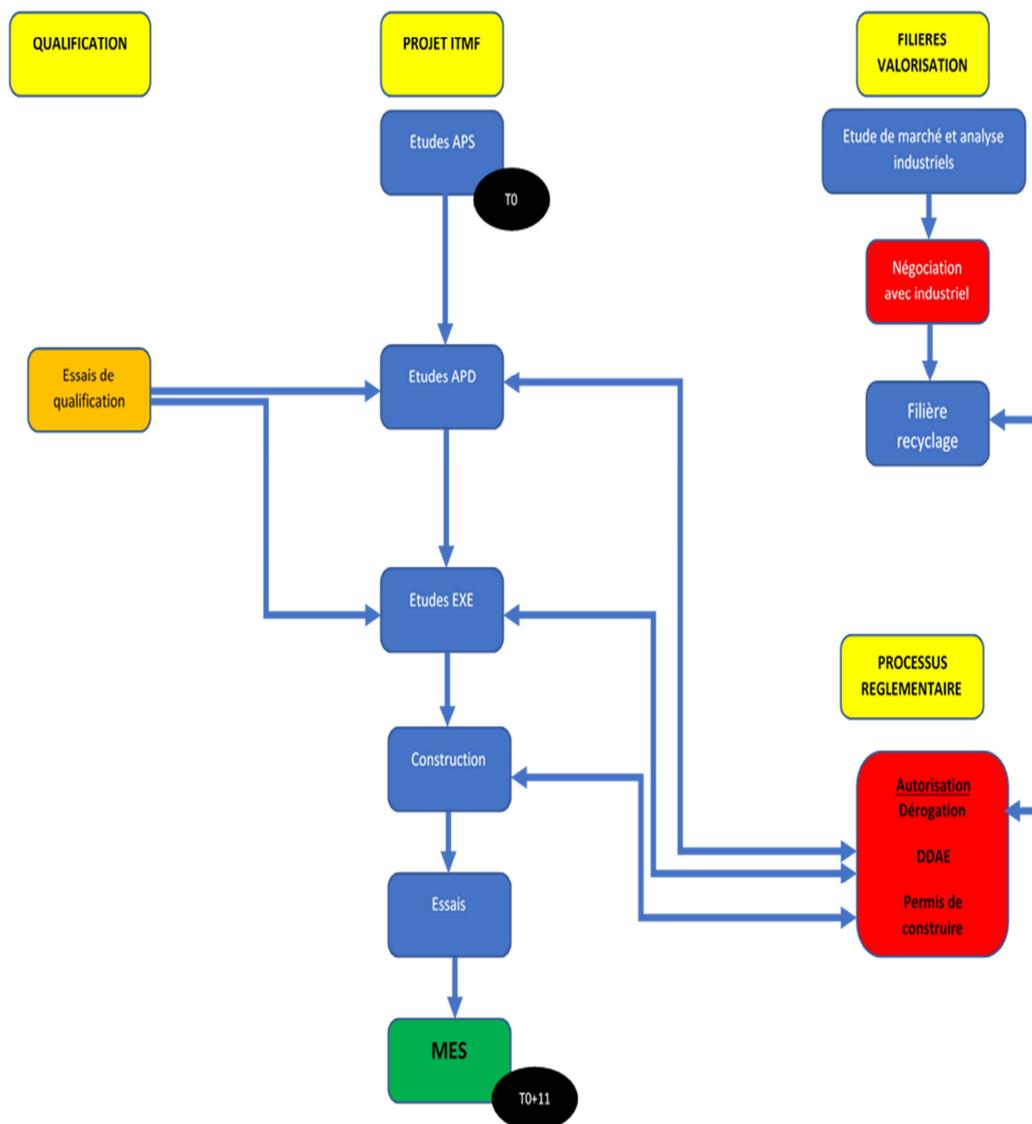


Figure 48 - Les étapes de la planification jusqu'à la MES de l'ITMF

Le planning présenté en chapitre 9.2 a été élaboré en considérant :

- L'obtention de résultats satisfaisants à l'issue des essais de qualification.
- L'acceptation des caractéristiques techniques de performance de l'installation et des produits nécessaires pour enclencher chaque étape.
- L'adaptation de la réglementation pour permettre le développement du projet dans le respect des délais prévus et de rentabilité économique.
- Le respect de délais d'instruction et l'obtention des autorisations nécessaires aux étapes prévues.
- L'existence de filières de valorisation des lingots sortant de l'ITMF indispensable pour la viabilité économique du projet.

- La maîtrise du risque financier conduisant notamment à n'engager les études d'exécution qu'après l'obtention des autorisations.
- Les dates de démarrage du démantèlement des équipements de Georges Besse et de la segmentation des GV.

Le planning technique comporte plusieurs grandes étapes que sont la qualification du procédé présenté dans le paragraphe 4.5, les études de détails (APD) et de réalisation, la construction de l'ITMF et les essais associés et enfin la mise en service industriel.

A ce stade, seuls les aspects techniques ont fait l'objet d'étude d'avant-projet sommaire (APS). Elles définissent les fonctions principales et annexes de l'installation sur la base d'hypothèses prises. Ce niveau d'études a permis de préciser les principales caractéristiques de l'installation et de définir les principales options de sûreté.

Les études d'avant-projet détaillé (APD) permettront de compléter les données du projet, de finaliser les données techniques du projet et de confirmer les hypothèses prises lors des études APS. Elles sont les données d'entrée pour réaliser les études d'EXEcution (EXE). Ces dernières seront nécessaires à la construction de l'installation.

Les aspects administratifs sont gérés par l'application des processus réglementaires de dérogation, d'autorisation et de permis de construire en respect avec les codes de l'environnement, de la santé publique et de l'urbanisme notamment. L'objectif de ces documents est de démontrer respectivement que cette installation et l'utilisation des métaux recyclés ne sont pas susceptibles, notamment, de porter atteinte à la santé et à la protection de l'environnement. Ils prennent également en compte les obligations de transparence et d'informations du public.

Ces dossiers de demande sont présentés au chapitre 2. Pour les réaliser, les études environnementales et les études de sûreté sont notamment nécessaires à l'élaboration de l'étude d'impact.

Si les délais des demandes d'autorisation d'exploitation d'une ICPE et du permis de construire sont spécifiés dans la réglementation et font l'objet d'un REX important, il n'en va pas de même de la demande de dérogation qui devra faire l'objet de précisions concernant le processus administratif, le contenu du dossier de demande et sur les délais d'instruction des Autorités et d'obtention des autorisations.

De même, l'autorisation environnementale dont la validité administrative est de de 3 ans devra faire l'objet d'aménagement, compte tenu des délais nécessaires à la construction et aux essais supérieurs à cette durée.

La construction de l'installation et les essais : après obtention des autorisations nécessaires, la construction de l'ITMF est suivie d'une phase d'essais inactifs puis actifs avant la mise en service industriel de l'installation.

En parallèle de ces étapes, la recherche de partenariats industriels est une étape indispensable pour le recyclage des métaux (lingots) sortant de l'ITMF.

Des accords de partenariats industriels

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 77/85
--	-----------------	-----------	--------------

Des accords de partenariats industriels sont nécessaires pour garantir l'ensemble du process, depuis l'ITMF jusqu'à la réutilisation des métaux recyclés, et indispensables pour renforcer l'existence même de cette filière de valorisation.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 78/85
--	-----------------	-----------	--------------

9.2 Planning de réalisation du projet ITMF jusqu'à la mise en service

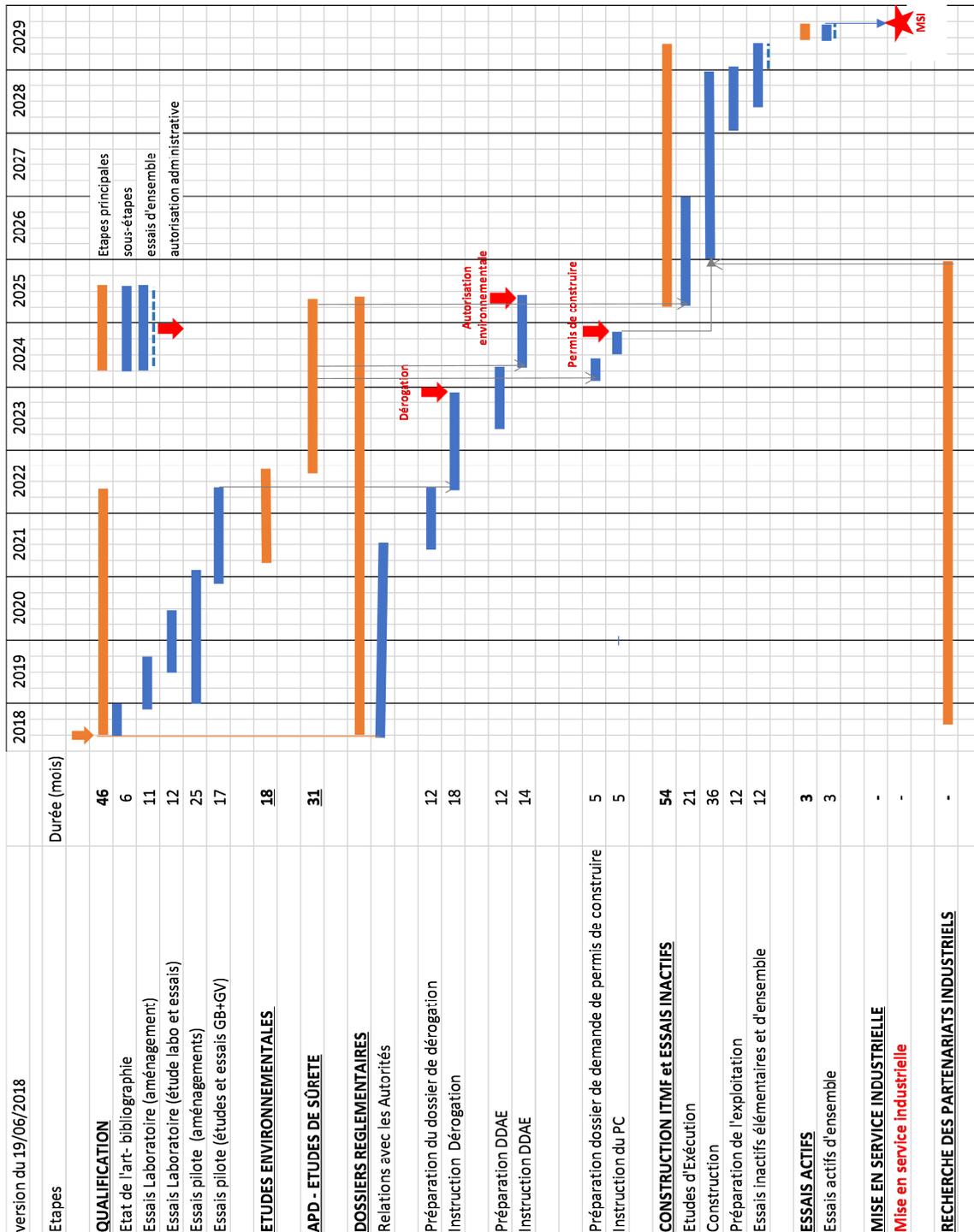


Figure 49- Planification du projet

Conclusion

Le présent document décrit la filière de traitement (ITMF) et de valorisation des métaux (recyclage en sortie de l'ITMF) issus du démantèlement de l'installation nucléaire de base (INB 93) Georges BESSE d'EURODIF Production (GB) et de la segmentation des générateurs de vapeurs (GV) issus des Centres Nucléaires de Production d'Electricité d'EDF (CNPE).

Il aborde notamment les aspects techniques, réglementaires et économiques de la filière.

Les aspects techniques

Suite aux études d'avant-projet sommaire menées sur cette installation de traitement des éléments métalliques par fusion, les principaux éléments techniques sont mentionnés dans ce dossier.

Le caractère innovant du procédé de traitement de lots homogènes de métaux dans un four à arc électrique nécessite des essais de qualification dont les résultats permettront notamment de confirmer la capacité de décontamination de l'uranium du procédé et l'atteinte des caractéristiques recherchées, notamment radiologiques, des lingots en sortie de l'ITMF.

L'aspect réglementaire

La réglementation actuelle autorise par dérogation, sous certaines conditions, le recyclage des métaux provenant des installations nucléaires. Les procédures d'autorisations sont actuellement longues, complexes et mal adaptées au projet de valorisation des métaux provenant de GB et GV. Le retour d'expérience est faible et n'est pas représentatif pour le projet de valorisation des métaux TFA.

Une clarification de la déclinaison des processus réglementaires, des délais d'obtention des autorisations et du contenu des dossiers sera nécessaire, notamment en ce qui concerne l'autorisation de dérogation, tout ceci en cohérence avec le planning global du projet.

L'aspect économique

La valorisation des lingots sortant de l'ITMF participe à la rentabilité économique du projet et est indispensable à l'existence même de la filière. Le projet devra être économiquement performant au regard de l'alternative que constitue le stockage direct des déchets TFA.

La performance économique du projet est conditionnée notamment par :

- L'obtention des performances attendues de l'ITMF pour les lots homogènes GB/GV.
- L'optimisation des flux de traitement et de recyclage des métaux.
- L'optimisation du coût de production de l'installation.
- L'optimisation financière de la filière de valorisation et notamment la valeur du marché pour la revente des lingots.

Le façonnage et les filières de gestion associées aux métaux sortant de l'ITMF ont été analysés en collaboration avec certains industriels du secteur.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 80/85
--	-----------------	-----------	--------------

Les filières de valorisation et la recherche de partenariats industriels

Les exigences réglementaires, les recommandations du Groupe de Travail valorisation, les perspectives de marché et les objectifs pris en compte conduisent, à ce stade, à considérer la filière « acier » comme une filière de « niche ».

La filière « fonte » semble plus adaptée dans le domaine conventionnel sur un secteur limité de produits moulés.

La recherche de filières de valorisation avec l'obtention d'accords de partenariat dont la mise en place effective ne se ferait que dans une dizaine d'années est une démarche complexe dans un contexte industriel concurrentiel. En revanche, cette période pourrait être propice à l'identification de nouvelles filières de valorisation de l'acier et de la fonte dans les domaines nucléaire et conventionnel.

Orano et EDF poursuivent ces études techniques et économiques engagées et présentées dans cette note pour consolider la démonstration que la filière de valorisation des lots homogènes de métaux TFA constitue un projet industriel sûr, réglementairement possible et économiquement performant.

L'étude d'une filière de valorisation des matériaux métalliques TFA, issus du démantèlement de GB et de la segmentation des GV provenant des CNPE d'EDF, s'inscrit pleinement dans une démarche de préservation des ressources naturelles :

- économie de minerai de fer et de charbon
- préservation et utilisation durable de la ressource stockage du CIRCES (environ 150 000 m³ seraient économisés) par la réduction des volumes de déchets produits.

Plus globalement, la mise en service de cette installation contribue au développement d'une filière française et de ses emplois associés.

A ce stade de l'étude, la déclinaison de la réglementation et des recommandations du GT valorisation a été intégrée de façon restrictive, limitant de fait fortement les filières de valorisation potentielles. Une déclinaison moins restrictive, à niveau de sûreté équivalent, serait de nature à favoriser le développement de la filière.

PNGMDR : Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques TFA provenant - De l'usine Georges Besse d'EURODIF - Des générateurs de vapeur des CNPE EDF	Réf. : DPSN-DIR	Juin 2018	Page : 81/85
--	-----------------	-----------	--------------

Liste des figures

Figure 1 - Cycle de vie du métal dans le cadre de la filière « stockage direct » et de la filière de valorisation des métaux.....	9
Figure 2 - Périmètre de l'étude	10
Figure 3 - L'INB 93 Georges Besse	13
Figure 4 - Les diffuseurs et les liaisons associés	13
Figure 5 - Implantation de l'INB 93 sur le site du Tricastin	14
Figure 6 - Les unités de traitement et de conditionnement des matériaux de GB	14
Figure 7 - Les étapes de démantèlement des diffuseurs	15
Figure 8 - Coupe d'un étage de diffusion et ses liaisons associées	16
Figure 9 - Flux de référence de production de métaux provenant de GB pour l'ITMF	18
Figure 10 - Schéma type d'un GV.....	19
Figure 11 - Générateur de vapeur	20
Figure 12 - Vue en coupe d'un générateur de vapeur.....	21
Figure 13 - Implantation de l'ITMF	23
Figure 14 - Flux de référence de l'ITMF	24
Figure 15 - L'ITMF	25
Figure 16 - Vue générale de l'ITMF	26
Figure 17 - Les fonctions principales de l'ITMF.....	26
Figure 18 - Zones d'activité de l'ITMF	28
Figure 19 - Exemple de conditionnement - futur caisson SAVEC"ST12"	29
Figure 20 - Conteneur ISO 20 pieds.....	29
Figure 21 - Schéma de principe d'un Four Electrique à Arc	32
Figure 22 - Four Electrique à Arc.....	32
Figure 23 - FEA dans son local	32
Figure 24 - Vidange du métal en fusion	33
Figure 25 - Transfert du cuvier	34
Figure 26 – Four d'affinage	34
Figure 27 - Chenal de coulée	35
Figure 28 - Filtre à manches.....	36
Figure 29 - Synoptique de flux de traitement des aciers GB et GV	37
Figure 30 - Stratégie d'échantillonnage et de mesures	40
Figure 31 – Les lingots	44
Figure 32 - GRVS - "Big-bag"	45
Figure 33 - Principe du traitement des effluents gazeux du procédé et des locaux associés	46
Figure 34 - Les niveaux d'intervention en situation incidentelle	53
Figure 35 - Schéma de principe de la valorisation des lingots	57
Figure 36 - Convoi de blooms.....	58
Figure 37 - Les billettes	58
Figure 38 - Les brames	59
Figure 39 – Schéma de principe de la filière « fonte »	59
Figure 40 - Four à Induction	60
Figure 41 - Cubilot.....	60
Figure 42 - Fabrication des pièces moulées	61
Figure 43 – contre-poids en fonte.....	61
Figure 44 - Filière de production de produits en acier.....	62
Figure 45 - La filière "fonte"	63

Figure 46 - Approche méthodologique.....	64
Figure 47 - Contre-poids de grue.....	69
Figure 48 - Les étapes de la planification jusqu'à la MES de l'ITMF	76
Figure 49- Planification du projet	79

Liste des tableaux

Tableau 1 - Recommandations du GT	12
Tableau 2 - Inventaires des aciers GB et ses principaux composants	17
Tableau 3 – Les fonctions et les zones de l'ITMF	27
Tableau 4 – Réglementation et recommandations pour la valorisation des métaux.....	56
Tableau 5 - Les produits en acier sélectionnés.....	65
Tableau 6 – Quantités par grandes familles de produits (en Tonnes/an)	66
Tableau 7 – Les filières de valorisation « acier » étudiées.....	67
Tableau 8 – Les produits issus de la filière « fonte »	69
Tableau 9 - Les filières de valorisation de la fonte étudiées.....	69
Tableau 10 – Accessibilité du marché par l'ITMF (Acier et fonte)	70

Les abréviations

Acronyme	DENOMINATION
ANDRA	Agence Nationale de gestion des Déchets Radioactifs
ACV	Analyse de Cycle de Vie
APS	Avant-Projet Sommaire
APD	Avant-Projet Détaillé
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
ASTM	American Standards for Testing and Materials
CIRES	Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Électricité
CSP	Code de la Santé Publique
CSTFA	Centre de Stockage des déchets de Très Faible Activité
DDAE	Demande D'Autorisation Environnementale
DGEC	Direction Générale de l'Energie et du Climat. Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
EDF	Electricité De France
EPLS	Equipe Locale de Premier Secours
EXE	Etudes d'EXEcution
FEA	Four Electrique à Arc
FI	Four à Induction
FOH	Facteur Organisationnel et Humain
GB	Usine Georges Besse
GRVS	Grand Récipient Vrac Souple appelé également Big Bag
GV	Générateur de Vapeur
HCSP	Haut Comité de la Santé Publique
HCTSIN	Haut Comité pour la Transparence et l'Information sur la Sécurité Nucléaire
INB	Installation Nucléaire de Base
IP2	Indice de Protection 2 - standard international relatif à l'étanchéité des conteneurs
ITMF	Installation de Traitement des Métaux par Fusion
PNGMDR	Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs
PRISME	Programme de Rinçage Intensif-Suivi de la Mise Sous air d'Eurodif
RGS	Règles Générales de Sûreté
SDIS	Service Département d'Incendie et de Secours
SPR	Service de Protection contre les Radiations
TFA	Très Faiblement Actif