

Filière TFA

Livrables PNGMDR 2018

GT PNGMDR

21 décembre 2018



framatome



SOMMAIRE

1. Introduction
2. Evaluation des quantités de déchets TFA issus du démantèlement des installations nucléaires (Art.20)
3. Incinération TFA (Art.25)
4. Densification des TFA (Art.27)
5. Fusion densifiante (Art.28) et Fusion valorisation (Art.24)
6. Conclusion

framatome

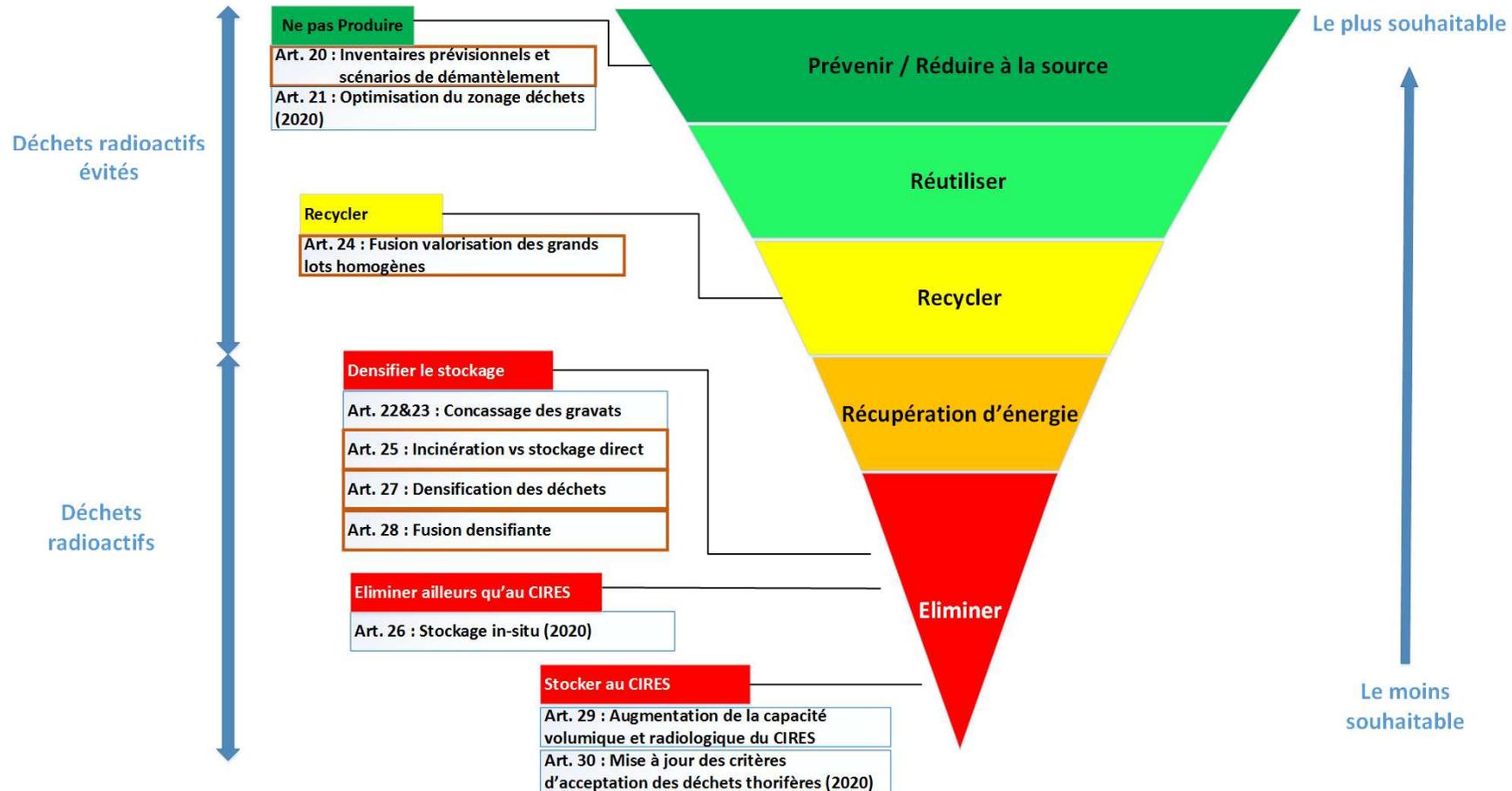


INTRODUCTION (1/3)

La hiérarchie des modes de gestion des déchets énoncée par la loi de 2015 relative à la Transition Ecologique pour la Croissance Verte (TECV)

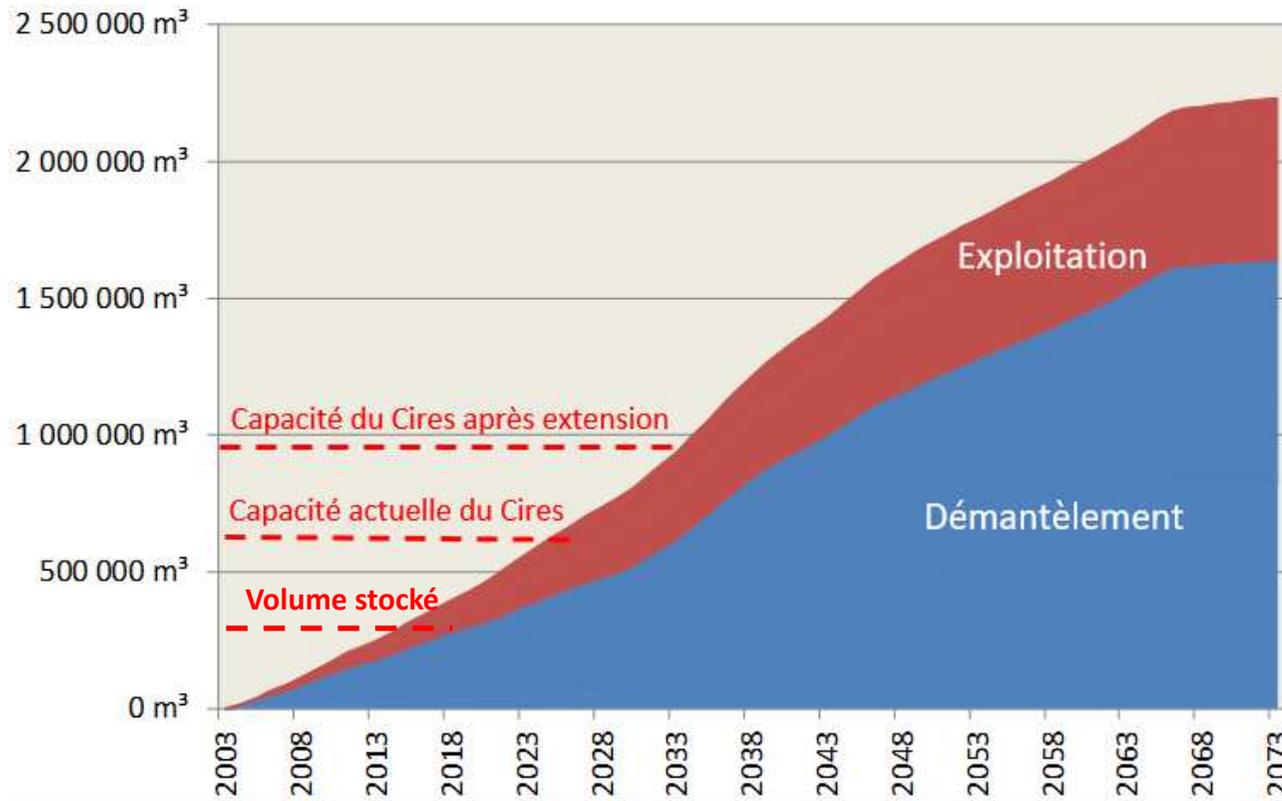
Transverses

- Art. 31 : Schéma directeur Industriel (2020)
- Art. 32 : Etude d'impact du transport



INTRODUCTION (2/3)

L'inventaire prospectif à terminaison des déchets TFA est de 2 100 000 à 2 300 000 m³ à selon les hypothèses de l'IN 2018

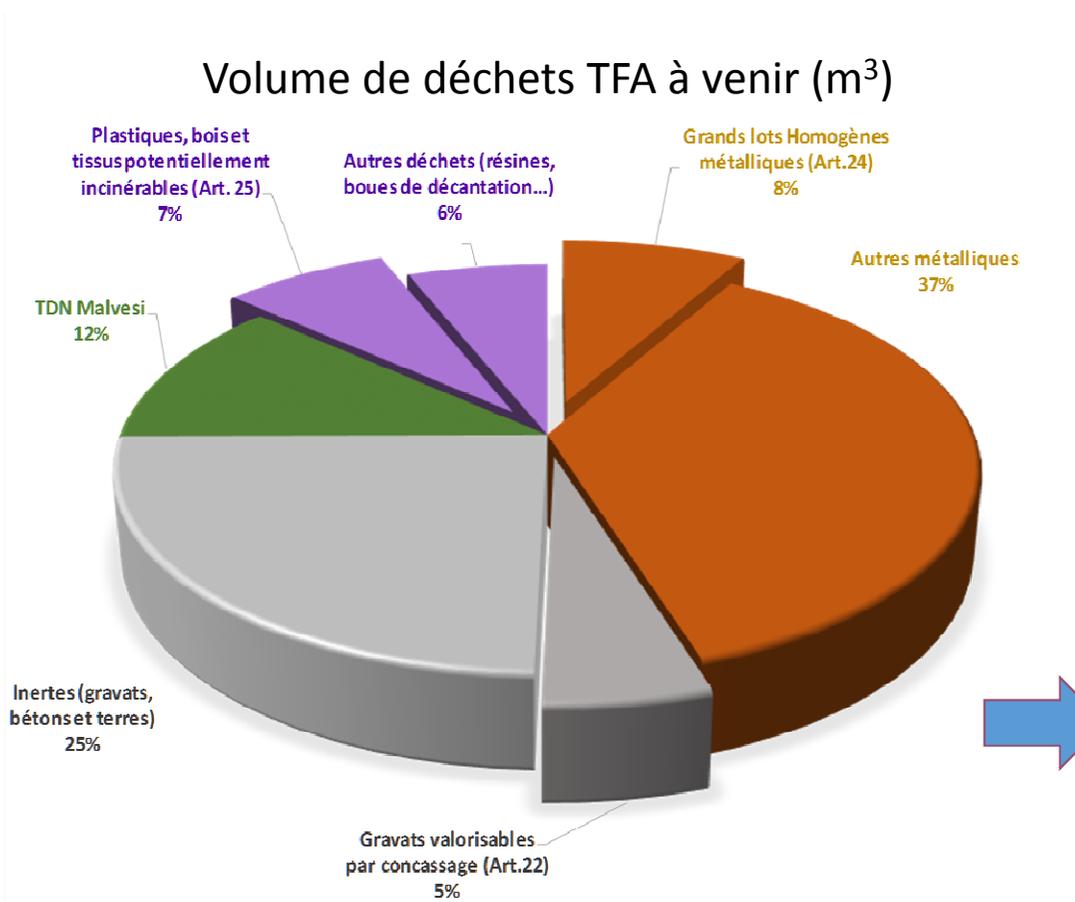


Evolution de 2003 à 2073 des volumes cumulés de déchets TFA produits et à produire respectivement par l'exploitation des installations et le démantèlement

INTRODUCTION (3/3)

Perspective de production de déchets TFA

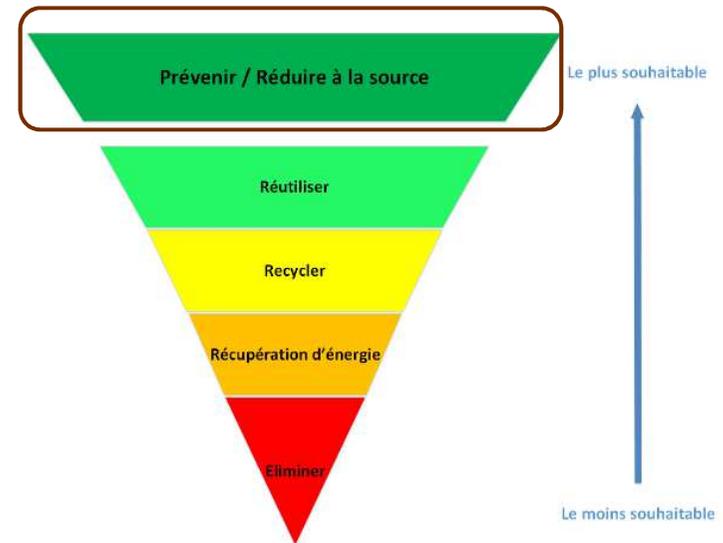
- Volume de déchets TFA à venir : 1 800 000 m³
- La répartition des natures physiques des déchets devrait progressivement évoluer, avec notamment une augmentation à venir de la quantité de déchets métalliques



La hiérarchie des modes de gestion des déchets invite à explorer des modes de gestion complémentaires pour limiter les volumes de déchets ultimes à stocker

Les estimations montrent que les métaux représenteront près de la moitié (45% en volume) des déchets TFA qui seront produits

Art.20 Méthodologie d'évaluation des quantités de déchets TFA issus du démantèlement des installations nucléaires



GT PNGMDR
21 décembre 2018

framatome



EDF



orano

SOMMAIRE

1. La demande du PNGMDR
2. Périmètre de l'étude
3. Stratégie de démantèlement
4. REX des chantiers de démantèlement
5. Méthodologie d'estimation
6. Etudes de cas
7. Conclusion

LA DEMANDE DU PNGMDR

Article 20 de l'arrêté PNGMDR du 23 février 2017:

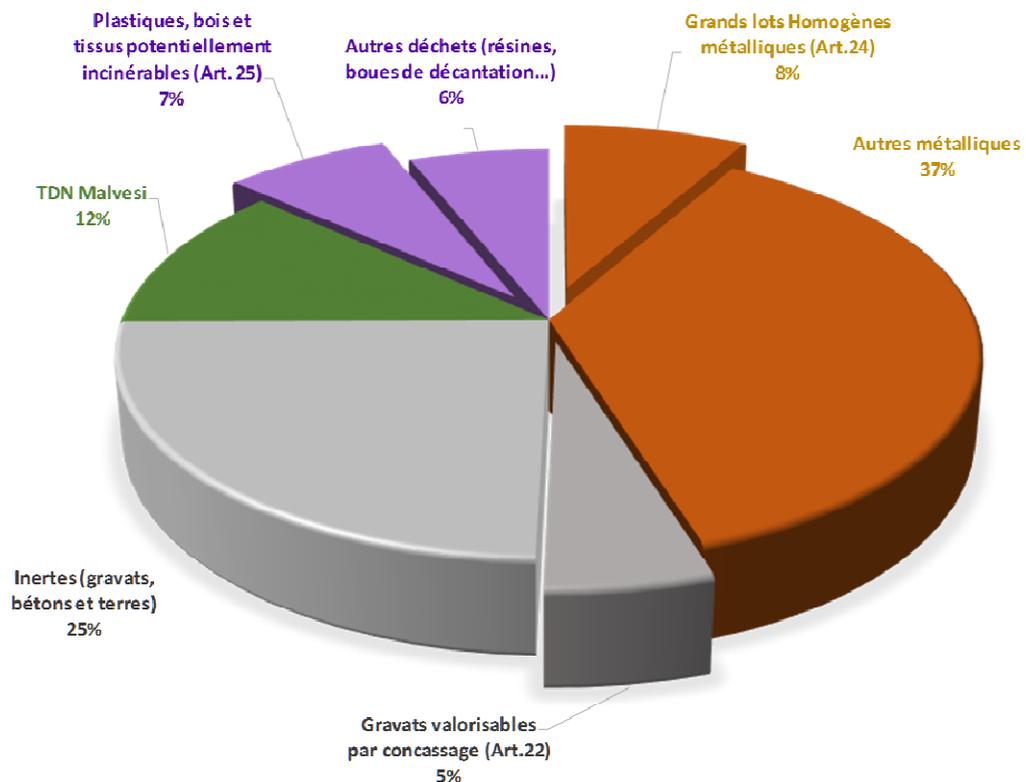
«Areva, le CEA et EDF remettent au ministre chargé de l'énergie avant le 30 juin 2018 une étude présentant :

- i. sur la base du retour d'expérience de chantiers de démantèlement, la méthodologie et les incertitudes associées aux estimations prévisionnelles de la production de déchets TFA ;*
- ii. des études de cas de démantèlement pour chaque exploitant évaluant les volumes de déchets TFA produits selon plusieurs scénarios d'assainissement. Le niveau d'incertitude associé à ces études de cas sera évalué.*

L'ASN et l'ASND sont saisies pour avis sur cette étude.»

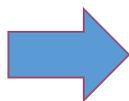
PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE

Volume de déchets TFA à venir (m³)



Du fait qu'ils proviennent essentiellement de procédés, il y a peu d'incertitudes sur la production des déchets métalliques TFA lors du démantèlement des installations

→ ils ne sont pas considérés dans la présente étude.

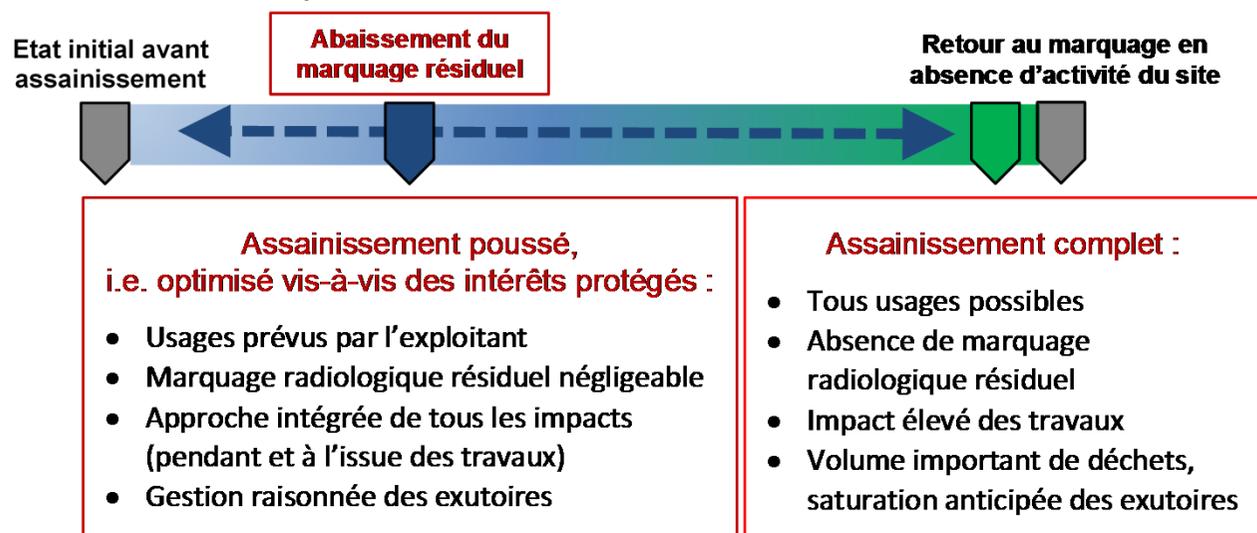


L'étude est centrée sur les inertes (terres et gravats) issus de l'assainissement des sols et structures

STRATÉGIE DE DÉMANTÈLEMENT

Assainissement des structures et des sols :

Les exploitants proposent de retenir, installation par installation, une approche proportionnée aux enjeux (calquée sur le principe ALARA) qui soit le résultat d'une recherche d'optimisation sur les plans technique, économique, de la protection de l'environnement et de la production de déchets.



Les critères énoncés dans la figure supra permettent dans un premier temps d'évaluer la faisabilité d'un assainissement complet, puis de comparer les scénarios d'assainissement poussé afin de retenir et justifier le scénario le plus approprié.

RETOUR D'EXPERIENCE DE CHANTIERS DE DEMANTELEMENT

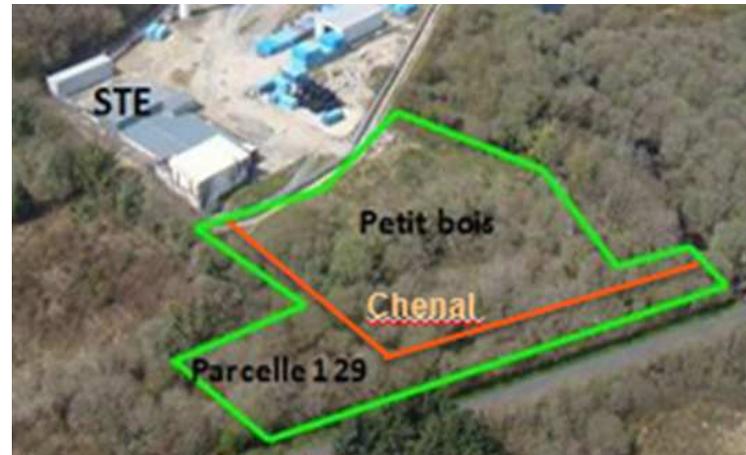
REX EDF

Chantiers de démantèlement réalisés sur les sites de Brennilis (INB n°162), Chooz (INB n°163) et AMI Chinon (INB n°94) :

- Ces assainissements ont permis le déclassement des structures au titre du zonage déchets, la démolition des structures déclassées par des méthodes conventionnelles et la gestion des déchets via des filières conventionnelles.
- EDF a également procédé à des travaux d'assainissement des sols de l'ancien chenal de rejets entre juin et septembre 2012.



Vues générales du site de Brennilis



02/07/12

©EDF

Vue du chenal (Brennilis)

RETOUR D'EXPERIENCE DE CHANTIERS DE DEMANTELEMENT

REX EDF

- Bilan quantitatif des chantiers de démantèlement :

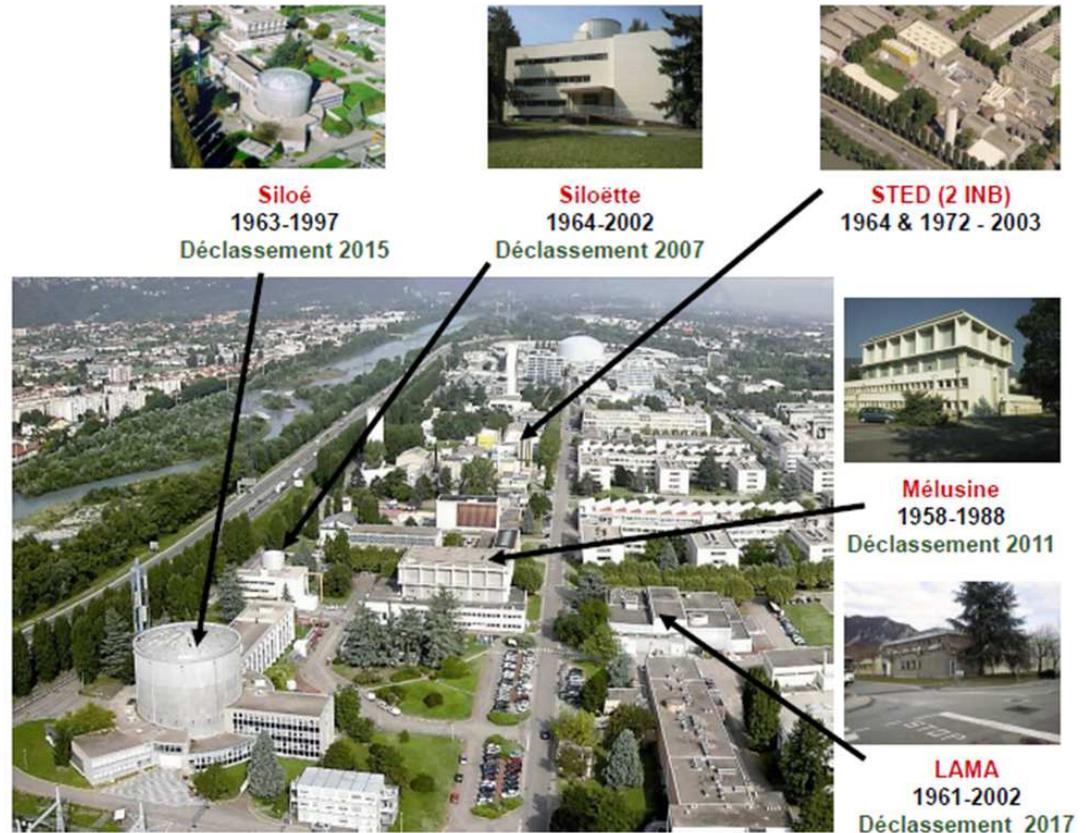
Chantier	TFA estimés	Année estimation	TFA produits	Année réalisation
Brennilis (bâtiment EDS, BCI et superstructures de la STE)	2 674 t	2003	2 593 t	2006
Chooz (locaux colline)	170 t	2002	208 t	2004
AMI Chinon (Local S220)	130 t	2005	104 t	2006
Brennilis (terres du chenal)	1 050 t pour un abaissement de 80% du terme source	2011	1 550 t pour un abaissement minimum de 95% du terme source	2012

- Les écarts entre le tonnage estimé vs produit est de l'ordre de 10 à 30% sur les chantiers d'assainissement des structures
- Ecart légèrement supérieur sur le chantier d'assainissement du chenal de Brennilis, en lien avec l'évolution de l'état final visé.

RETOUR D'EXPERIENCE DE CHANTIERS DE DEMANTELEMENT

REX CEA (Déconstruction du centre de Grenoble) :

- Projet PASSAGE démarré en 2002 et comprenait six INB du site à déconstruire dans le but de dénucléariser le site :
- trois réacteurs (Siloëtte, Mélusine et Siloé)
- un Laboratoire d'Analyse des Matériaux Actifs (LAMA)
- une station de traitement des effluents et de déchets (STED)



RETOUR D'EXPERIENCE DE CHANTIERS DE DEMANTELEMENT

REX CEA (Déconstruction du centre de Grenoble) :

○ Inventaire initial (études de scénarios de DEM) : modélisation des bâtiments sur la base de plans et de relevés in situ → incertitude de l'ordre de 5 à 10 % (évaluation des zones/murs/dalles à retirer) :

○ Principaux écarts entre inventaire initial et le bilan final sont dus à :

- Ecroutage insuffisant en regard de l'activation plus importante que prévue sur Mélusine → démolition complète de certaines parties de génie civil
- Evolutions pendant le déroulement du projet en fonction de l'avancement et du REX des chantiers :
 - Siloé : le REX de Mélusine a induit la décision de ne plus écrouter les bétons mais de détruire les internes des réacteurs
 - STED : décision de détruire l'ensemble des bâtiments

Installation	Prévisionnel	Réalisé	Ecart
Siloëtte	435 m ³	135 m ³	-300 m ³ soit -70%
Mélusine	330 m ³ (prévisionnel estimé avant chaque étape de travaux)	1 305 m ³	+975 m ³ Soit +300%
Siloé	555 m ³ Issus du rapport de sureté	4 240 m ³	+3 685 m ³ soit environ 7 fois plus
LAMA	1 626 m ³ Issus du rapport de sureté	1 855 m ³	+229 m ³ soit +11%
STED	8 300 m ³ Issus du rapport de sûreté	14 195 m ³	+5 895 m ³ soit +70%



RETOUR D'EXPERIENCE DE CHANTIERS DE DEMANTELEMENT

REX Orano (Déconstruction des structures des sites de Veurey-Voroize et Annecy – Pilote d'assainissement pour Orano)

	TFA Inventaire initial	Année estimation	TFA produits	Année réalisation
scénario de référence selon le guide SD3-DEM-02 devenu le guide n°14 de l'ASN	8 000 tonnes	2006	16 200 tonnes	2012

- Principaux écarts entre inventaire initial et le bilan final sont dus à :
 - Des aléas rencontrés sur l'état initial de certaines structures (galeries techniques, dalle de sol, tuyauteries enterrées)
 - Une connaissance insuffisante des caractéristiques physiques des surfaces à assainir, associée au phénomène de migration de la contamination (Rex de l'historique de l'installation difficile à reconstruire)
 - Une application de la démarche d'assainissement complet sur les structures qui nécessite le retrait intégral de la surface en cas d'impossibilité de contrôler la contamination résiduelle
 - Une technique d'assainissement par démolition intégrale des structures compte tenu de leur état physique et/ou la présence de nombreuses singularités, qui n'était pas initialement prévue

RETOUR D'EXPERIENCE DE CHANTIERS DE DEMANTELEMENT

Conclusion sur le REX :

- Les exemples développés par les producteurs, montrent que lorsque l'état initial est connu et l'état final est bien défini, les incertitudes sont faibles, variant de 10% à 30% selon les modèles utilisés
- Les écarts entre la prévision et les quantités produites sont essentiellement dus aux évolutions des scénarios d'assainissement

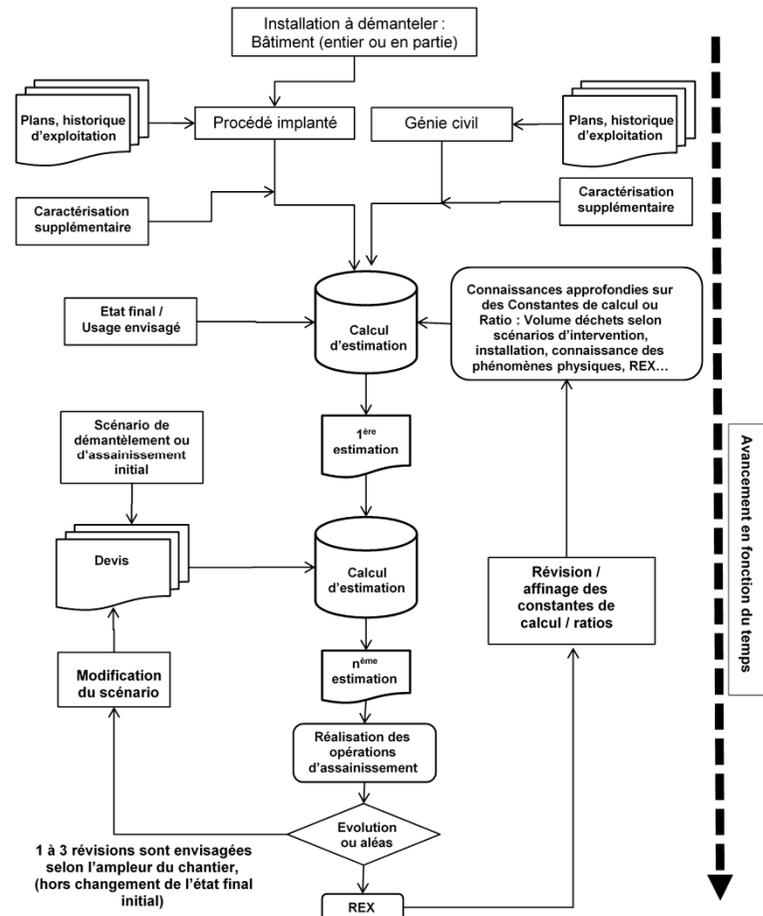
METHODOLOGIE D'ESTIMATION

Le processus d'estimation conduit à la réalisation d'un certain nombre d'itérations permettant :

- l'acquisition des données d'entrées au fur et à mesure
- des estimations de plus en plus fiables

Méthode commune et partagée entre les exploitants qui vient enrichir la base de données

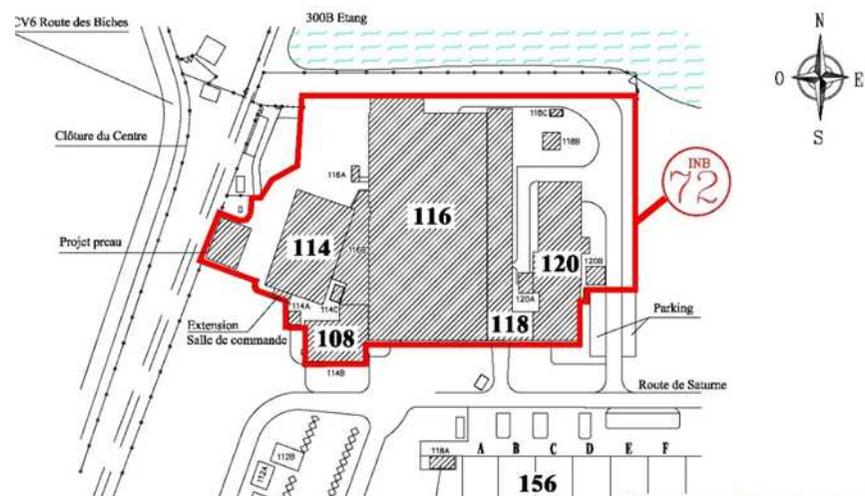
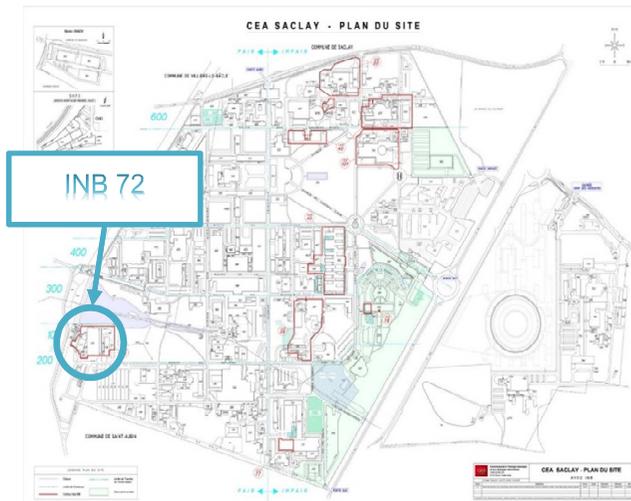
Dans le cas de la réhabilitation des sols, ces principes restent applicables, mais le retour d'expérience reste encore trop limité pour permettre une paramétrisation opérationnelle.



ÉTUDES DE CAS DE DÉMANTÈLEMENT

CEA (gestion des sols de l'INB n°72 du site de SACLAY) :

- INB n° 72, dénommée ZGDS (Zone de Gestion de Déchets radioactifs Solides) constituée de cinq bâtiments et d'aires extérieures.
- Dossier de demande de démantèlement envoyé le 16 décembre 2015.
- Plan de gestion des sols demandé en cours d'instruction.



ÉTUDES DE CAS DE DÉMANTÈLEMENT

CEA (gestion des sols de l'INB n°72 du site de SACLAY) :

- Scénario complet : sols avec un marquage diffus → volumes de terres à traiter par excavation importants vis-à-vis Cires : Cas de l'INB 72 = 12 000 m³ (soit la totalité des remblais)
- Choix d'un scénario poussé (optimisé vis-à-vis des intérêts protégés) → opportunité donnée par le guide n°24 de l'ASN :
 - Etude de sensibilité réalisée (seuil de contamination + indice de confiance) → volumes variant de 450 à 12 000 m³ soit un facteur pouvant être supérieur à 25
 - Bilan coût/avantage à établir sur la base de l'étude de sensibilité et du plan de gestion → définition des zones restreintes retenues

ÉTUDES DE CAS DE DÉMANTÈLEMENT

Orano (démantèlement des sites SICN de Veurey-Voroize et d'Annecy) :

- Les bâtiments et éléments de structures ont fait l'objet d'un assainissement complet. Les aires extérieures non revêtues, sous un revêtement retiré ou conservé, ont fait l'objet d'un mode de gestion proportionné aux enjeux, avec une conservation en l'état justifiée par l'impact résiduel négligeable, accompagné de restrictions d'usage
- Deux autres choix auraient été possibles et ont été regardé dans cette étude de cas :
 - Application d'un assainissement poussé pour les bâtiments,
 - Application d'un assainissement complet des zones extérieures.

Ces deux options aboutissent à des scénarios avec des différence de volumes de déchets générés par rapport au réalisé

ÉTUDES DE CAS DE DÉMANTÈLEMENT

Orano (démantèlement des sites SICN de Veurey-Voroize et d'Annecy) :

- Au global cela permet de comparer les trois scénarios :
 - Scénario d'assainissement poussé en laissant les bâtiments sur pieds → de l'ordre de 1 830 t de déchets TFA estimées
 - Scénario d'assainissement complet des bâtiments et proportionné aux enjeux pour les aires extérieures → 16 200 t de déchets TFA générées
 - Scénario d'assainissement complet des bâtiments et aires extérieures → 68 000 t de déchets TFA estimées
- Cette étude de cas fait apparaitre un facteur de l'ordre de 40 sur les quantités de déchets

ÉTUDES DE CAS DE DÉMANTÈLEMENT

EDF (Démantèlement de la Station de Traitement des Effluents (STE) du site de Brennilis) :

- L'étape de gestion des sols associés à ce démantèlement a fait l'objet d'un plan de gestion des terres présenté en 2016. Ce plan de gestion illustre la démarche d'optimisation qui peut être conduite pour choisir le mode d'assainissement.
- L'assainissement complet a été étudié, mais écarté compte tenu :
 - de la présence d'une nappe aquifère à faible profondeur qui constitue un verrou technique à la mise en œuvre d'une excavation profonde et présente des risques significatifs pour les intervenants ;
 - de volumes importants de terre à excaver. En effet, les terres présentes sous la STE pourraient être potentiellement marquées, même très faiblement, jusqu'aux terrains très compacts sous-jacents (granite sain non fissuré), ce qui représenterait jusqu'à 12 000 m³ de terres à orienter en déchets TFA.



ÉTUDES DE CAS DE DÉMANTÈLEMENT

EDF (démantèlement de la Station de Traitement des Effluents (STE) du site de Brennilis) :

- L'analyse multicritères conduit à une solution d'assainissement poussé et à un abaissement additionnel du terme source en complément du retrait du radier (une maîtrise des impacts associés aux travaux d'excavation : sécurité des travailleurs, rejets de CO₂, trafic routier, etc) → production d'un volume de terres à conditionner en déchets TFA de l'ordre de 300 m³.
- Variabilité importante des volumes de déchets TFA potentiellement produits selon l'état final retenu → de l'ordre d'un facteur de 40 entre l'assainissement poussé retenu et l'assainissement complet.



CONCLUSION

Pour réaliser les estimations de production de déchets TFA, les exploitants peuvent s'appuyer sur des méthodes et des outils de plus en plus fiables grâce à la prise en compte d'un REX partagé entre EDF, CEA et Orano. Les exemples développés montrent que lorsque l'état initial est connu et l'état final défini, les incertitudes sont faibles variant de 10% à 30%.

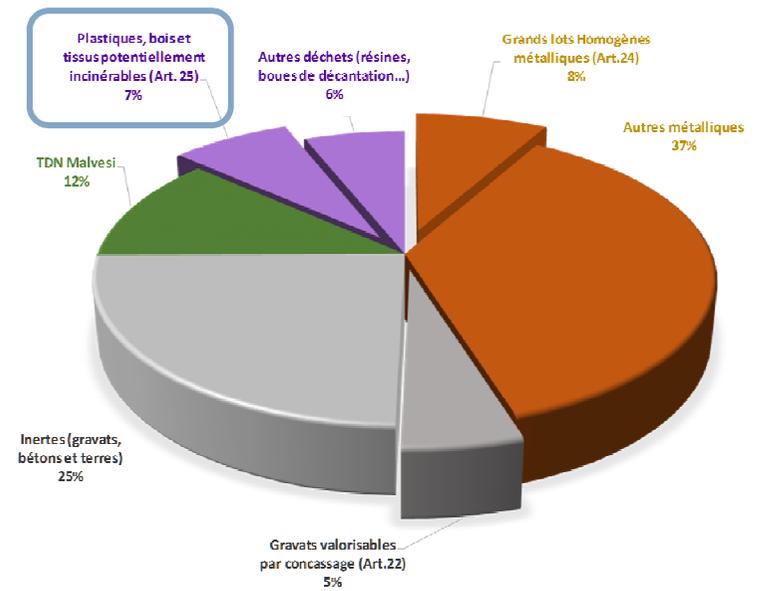
Les bilans sur des chantiers d'assainissement réalisés comparant les quantités produites par rapport aux estimations avant chantier font apparaître des écarts pouvant être supérieurs à 50%. Cet écart est essentiellement dû aux évolutions des scénarios d'assainissement lors du démantèlement :

- Méconnaissance de l'historique (reclassement de certaines zones à déchets en zone à déchets nucléaires)
- Découverte de marquage des sols mis en évidence après déconstruction de bâtiments
- Démolition complète de certaines parties du génie civil non prévues initialement

La définition et l'atteinte de l'état final envisagé est le paramètre clé pour maîtriser les volumes de déchets TFA produits. Les études de cas montrent qu'il est possible de réduire ces volumes jusqu'à un facteur 25, voire 40 selon la configuration des sites envisagés, par rapport à un assainissement complet.

Art. 25 Comparaison entre Incinération+stockage des résidus et stockage direct

Volume de déchets TFA à venir (m³)



GT PNGMDR
21 décembre 2018

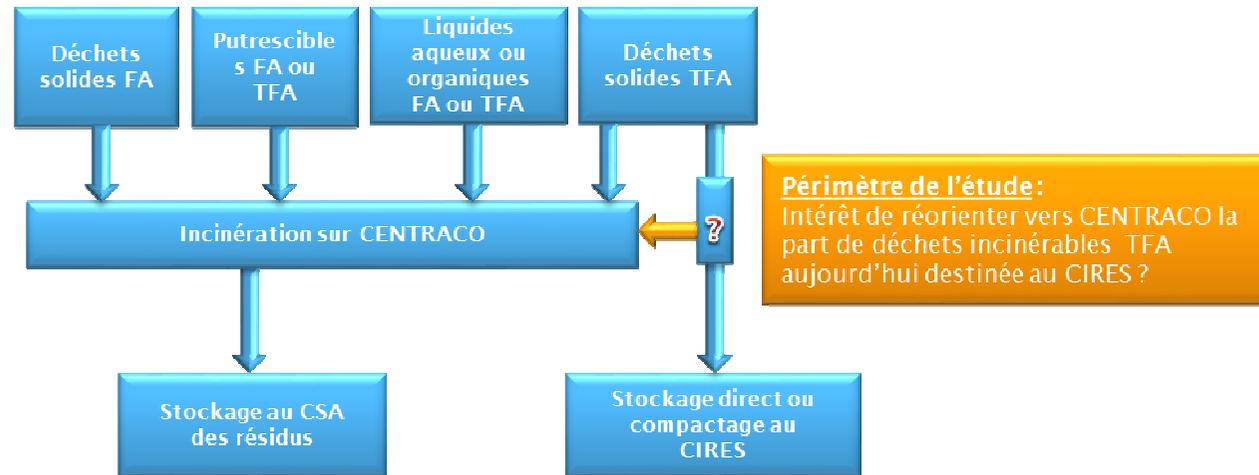


LA DEMANDE DU PNGMDR

Art 25 de l'arrêté du 23 février 2017 :

« L'ANDRA, en lien avec SOCODEI et les producteurs de déchets radioactifs TFA, remet au ministre chargé de l'énergie avant le 31 décembre 2017, pour chaque type de déchets TFA incinérables, une étude comparant, sur les plans de la protection de la santé des personnes, de l'environnement et de la sécurité, l'incinération puis le stockage des résidus avec un stockage direct. Cette analyse prend notamment en compte les rejets radioactifs et chimiques induits par le procédé d'incinération. »

OBJET DE L'ÉTUDE RÉALISÉE



Incinérateur de CENTRACO :

- Capacité de traitement de 3000 t/an pour les déchets solides + 3000 t/an pour les déchets liquides
 - Facteur net de réduction des DSI de 33 après cimentation et colisage
 - Résidus FMA (effet de concentration + mélange des résidus avec ceux résultant du traitement des déchets FMA)

Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage des déchets TFA (CIREs)

- De l'ordre de 27 000 m³ de déchets livrés par an
- Presse à balle pour les GRVS de déchets compactables : Facteur de réduction d'environ 3

EVALUATION DE L'INVENTAIRE PRÉVISIONNEL DES DÉCHETS INCINÉRABLES A PRIORI DESTINÉS AU STOCKAGE CIRES

$$V_{inc} = V_{total} \times R_{inc}$$

V_{total} : Inventaire prévisionnel établi en 2014-2015 par les producteurs et l'Andra :

- 1 800 000 m³ de déchets sur la période 2018-2073, soit environ 32 000 m³/an.

R_{inc} basé sur le REX du démantèlement du CEA Grenoble :

- 7,5 % des colis issus du démantèlement du CEA Grenoble étaient incinérables

Volume annuel de déchets incinérables potentiellement réorientables
vers CENTRACO retenu : **2400 m³/an**

LA VALEUR DE 2 400 M³/AN EST MAJORANTE

Hypothèses retenues :

- Les incinérables en mélange avec des déchets non incinérables (colis dits mixtes), n'ont pas été pris en compte
 - Un tri supplémentaire ne permettrait de gagner que 10% de volume en plus
 - Il se ferait au détriment de l'exploitation :
 - Espaces disponibles dans les INB pas toujours suffisants pour multiplier les conteneurs de collecte,
 - Un tri manuel en aval du conditionnement augmenterait le risque d'accident lié à la manutention et le bilan dosimétrique

Plusieurs facteurs de surestimation :

- La valeur considérée pour V_{total} est majorante
 - Les volumes réellement livrés sont la plupart du temps inférieurs aux prévisions
- Elle comprend des déchets pour lesquels le ratio Rinc de 7,5 % n'est pas valable
 - Ex : 200 000 m³ de déchets TDN de Malvesi
- Certains déchets incinérables ne sont pas acceptables sur Centraco
 - Les spécifications de CENTRACO interdisent certains déchets trop halogénés par exemple

SCÉNARIOS ET INDICATEURS DE COMPARAISON

Scénario « stockage direct » : Réception au CIREs de 2 400 m³ → 1 400 m³ stockés au CIREs

Scénario « incinération » : Incinération de 2 400 m³ → 73 m³ stockés au CSA

- Indicateurs environnementaux
 - Rejets gazeux
 - Rejets liquides
 - Consommation de ressources naturelles
 - Mise en œuvre de techniques de récupération et recyclage
 - Utilisation de substances dangereuses
 - Consommation de la capacité de stockage
 - Impact long terme
- Indicateurs de risque sanitaire en exploitation
 - Bilan dosimétrique associé à chacun des scénarios
- Indicateurs de sécurité en exploitation
 - TF et TG des installations
- Critères techniques (MTD)
 - Quantité de déchets induits
 - REX disponible sur les procédés
 - Progrès techniques et évolution des connaissances

Scénario n°1 Compactage et stockage au Cires	Scénario n°2 Incinération puis stockage des résidus au CSA
/	Transport des déchets du site producteur jusqu'à CENTRACO ⁽¹⁾
/	Incinération des déchets TFA à CENTRACO
/	Cimentation des déchets sur CENTRACO
Transport des déchets du site producteur vers le CIREs'	Transport des résidus de CENTRACO vers le CSA
Déchargement des GRVS	Déchargement des colis
Compactage par la presse à balle	/
Transfert des colis compactés en alvéole	/
Stockage des colis en alvéole	Stockage des colis dans l'ouvrage

ANALYSE DES INDICATEURS DE COMPARAISON

Critère technique retenus

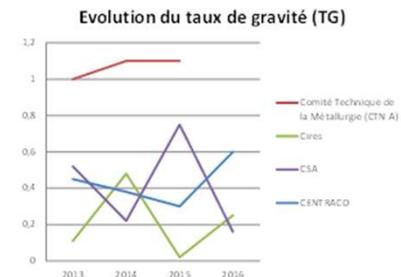
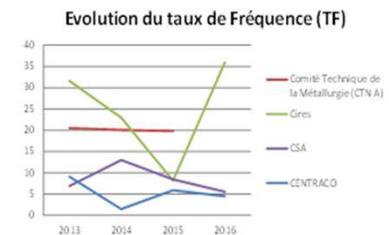
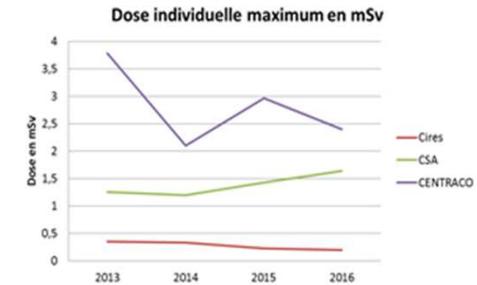
- Retour d'expérience industriel : installations et procédés conçus et exploités selon les meilleurs standards
- Déchets induits en exploitation : l'incinération à Centraco est un procédé qui produit plus de déchets induits radioactifs et conventionnels
 - Le facteur de réduction volumique tient compte des déchets induits

Critère sanitaire retenu : Bilan dosimétrique des installations

- Au regard des volumes, le bilan dosimétrique des deux scénarios resterait quasiment inchangé, quel que soit le scénario envisagé
 - Il n'y a pas de justification à réorienter les déchets vers l'une ou l'autre des installations du point de vue de la dosimétrie des travailleurs

Critères sécurité retenus : Taux de Fréquence et Taux de Gravité des accidents sur les installations

- Les 3 installations présentent des bilans proches et globalement inférieurs à la moyenne nationale
 - Au plan de la sécurité des travailleurs, la comparaison des deux scénarios ne justifie pas de privilégier un scénario plutôt qu'un



Les deux scénarios ne se distinguent pas sur ces critères

ANALYSE DES CRITÈRES ENVIRONNEMENTAUX

Indicateurs calculés à partir des émissions annuelles des installations au prorata du volume de déchets considérés. Seuls les points les plus différenciant sont précisés ici.

Rejets gazeux

- Gaz à effet de serre : Le scénario « incinération » génère plus d'émissions (facteur 100), du fait de la combustion des déchets et du transport supplémentaire
- Polluants atmosphériques et poussières : Le scénario « incinération » génère plus d'émissions que le stockage direct
 - les émissions réelles associées aux installations restent très inférieurs à leur autorisation de rejets

Consommation de ressources naturelles

- Le scénario « incinération » consomme plus d'eau que le stockage direct, facteur 100 (refroidissement, traitement des fumées, cimentation...)
- La consommation en énergie primaire est suivie au travers des émissions de GES

Consommation de la capacité de stockage

- L'incinération préserve davantage la capacité de l'exutoire que le stockage direct (5% en volume stocké)

Impact à long terme

- Scénarios équivalents : L'incinération concentre l'activité radiologique du déchet mais améliore ses caractéristiques physico-chimiques (minéralisation des déchets organiques)

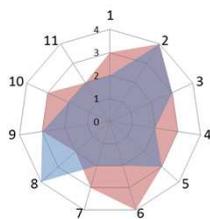
Comparer les deux scénarios revient essentiellement à mettre en balance des rejets immédiats en GES et autres substances chimiques d'une part, et des volumes de stockage évités d'autre part

BILAN DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES

Groupes de critères	N°	Critères d'analyse	Stockage au Cires après compactage à la presse à balle		Incinération des déchets et stockage des résidus au CSA	
			Notation	Commentaires / Justification du choix par rapport au critère	Notation	Commentaires / Justification du choix par rapport au critère
Critères techniques	1	Utilisation de techniques produisant peu de déchets induits en exploitation	3	Le stockage produit peu de déchets induits en exploitation	2	L'incinération de déchets produit différents déchets induits (liquides et solides) gérés dans les filières nucléaires et conventionnelles correspondantes
	2	Procédés, équipements ou modes d'exploitation comparables, qui ont été expérimentés avec succès à une échelle industrielle	4	Mode de gestion éprouvé dans le domaine conventionnel et nucléaire pour la gestion des déchets ultimes	4	Procédé d'incinération éprouvé dans le domaine conventionnel et nucléaire
	3	Progrès techniques et évolution des connaissances scientifiques	3	Stockage aux meilleurs standards	3	Procédé moderne et meilleures techniques actuelles d'épuration des fumées et gaz
critère sanitaire (impact radiologique en exploitation)	4	Nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact en exploitation Basée sur la radioprotection des travailleurs	3	Dosimétrie minimale	2	Dosimétrie un peu plus élevée
critère sécurité	5	Nécessité de prévenir les accidents et d'en réduire les conséquences sur l'environnement	3	TF et TG faibles Nombre d'opérations limité	3	TF et TG faibles mais multiplication des opérations (dont tri préalable) et donc des risques d'incident et transport routier supplémentaire des déchets
critères environnementaux	6	Nature, effets et volume des émissions concernées	4	Quantités rejetées faibles	2	Rejets plus élevés, même si largement inférieurs aux autorisations
	7	Consommation et nature des matières premières (y compris l'eau) utilisées dans le procédé et l'efficacité énergétique	3	Faible consommation d'eau et d'énergie	2	Consommation importante d'eau pour traitement des rejets gazeux (traitement humide. Consommation d'énergie (dont transport)
	8	Impact du procédé sur l'exutoire : disponibilité et préservation de la capacité de stockage	2	Faible optimisation (compactage)	4	Réduction de volume importante
	9	Impact long terme des déchets	3	Faible activité massique et mais forme chimique moins stable en situation de stockage (plastiques notamment)	3	Concentration de l'activité mais réduction de la dangerosité chimique des déchets par le procédé thermique (résidu inerte chimiquement)
	10	Utilisation de substances moins dangereuses	3	Peu de substances dangereuses utilisées	2	Utilisation de réactifs chimiques pour le traitement de fumée, utilisation d'hydrocarbures pour la combustion
	11	Développement des techniques de récupération et de recyclage des substances émises et utilisées dans le procédé et des déchets, le cas échéant	2	Absence de recyclage des déchets ou émissions. Absence de valorisation énergétique	2	Absence de recyclage des déchets ou émissions. Absence de valorisation énergétique

Analyse multicritère des scénarios de traitement - par critère

■ Stockage au Cires après compactage à la presse à balle ■ Incinération des déchets et stockage au CSA



1	Procédé beaucoup moins performant
2	Procédé moins performant
3	Procédé plus performant
4	Procédé beaucoup plus performant

CONCLUSION

L'analyse multicritères montre que les scénarios « incinération » et « stockage » sont, in fine, équivalents sur les aspects autres que les critères environnementaux

- Les différences mises en évidence sont minimales et ne justifient pas de privilégier un mode de gestion plutôt qu'un autre

Au plan environnemental, comparer les deux scénarios revient essentiellement à mettre en balance :

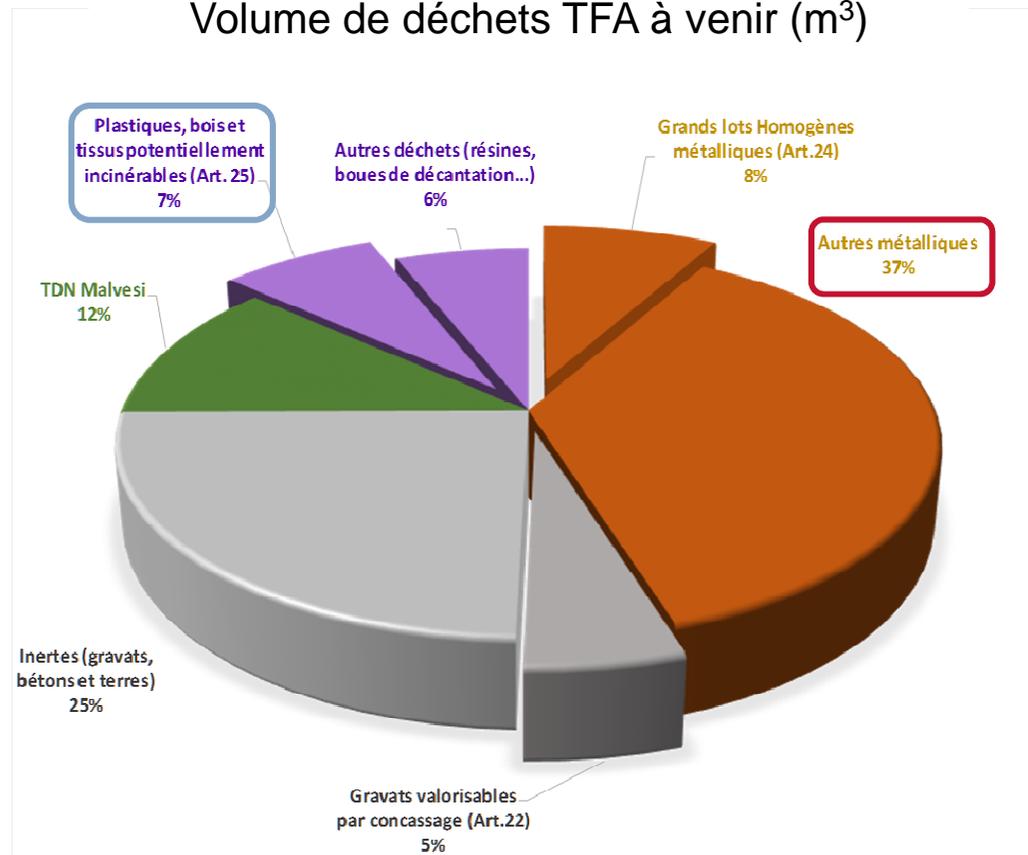
- des rejets immédiats en GES et autres substances chimiques d'une part,
- des volumes de stockage évités d'autre part

En outre, les enjeux sont faibles

- L'économie de stockage potentielle représenterait moins de 5 % des volumes stockés par an au CIREs

Art.27 Densification

Volume de déchets TFA à venir (m³)



GT PNGMDR
21 décembre 2018

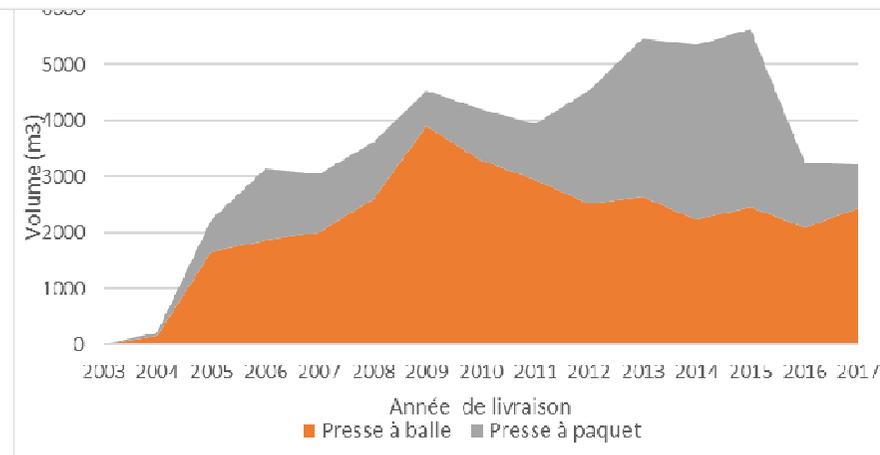
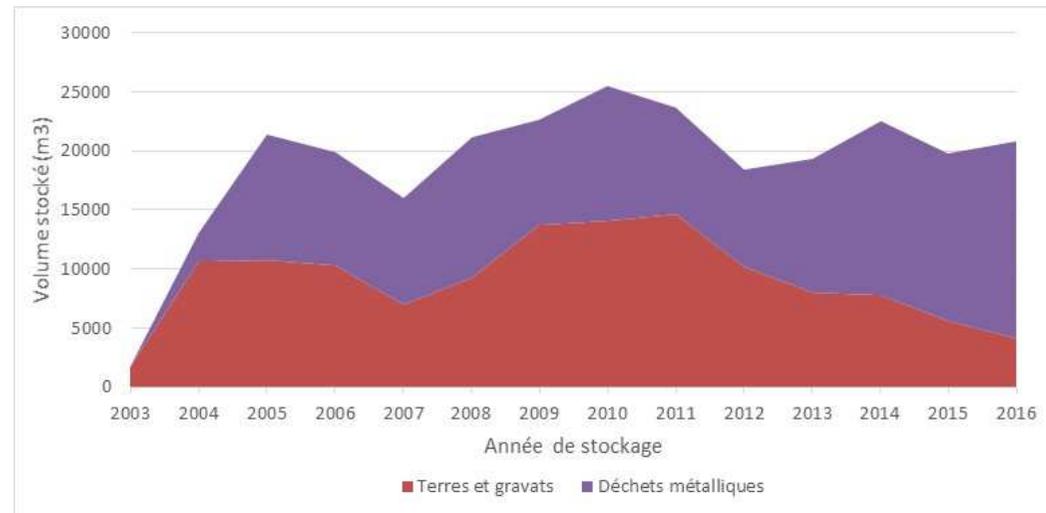
framatome



DENSIFICATION

Retour d'expérience

- Depuis quelques années, prédominance des déchets métalliques, avec, en conséquence, une densité au stockage de l'ordre de 1
- Des presses à compacter, au CIREs, qui permettent un gain de l'ordre de 10% en volume à stocker (réduction volumique moyenne de 3 environ).



DENSIFICATION

... et optimisations de densité mises en œuvre dès la production des colis

- Ces optimisations font appel à des opérations de découpes, d'agencement, de compactage...



- Cette densification permet également de réduire les flux de transport et la consommation d'emballages

L'AMÉLIORATION DES MOYENS DE DENSIFICATION

De nombreux efforts sont déjà engagés

- Implantation d'installations sur certains sites, optimisation des conditionnements, adaptation des emballages, incitations contractuelles

Une part significative des flux à venir sera constituée de déchets déjà très compacts

- TDN : plus de 200 000 m³ à terminaison

L'enjeu de densification porte essentiellement sur les métaux (850 000 m³)

Le retour d'expérience des moyens mécaniques (**presse cisaille, broyeur, super compacteur, atelier tri/découpe**) peut laisser espérer une densité apparente de **1 à 1,5**

Seul le recours à la fusion permettrait une réduction de volume réellement significative, **surtout si elle s'intègre, au moins pour partie, dans une logique de recyclage**

Art.28 Fusion densifiante

Art.24 Traitement et valorisation des grands lots homogènes de matériaux métalliques provenant :

- de l'usine Georges Besse d'Eurodif**
- des générateurs de vapeur des CNPE EDF**

GT PNGMDR

21 décembre 2018

framatome



EDF



orano

LA DEMANDE DU PNGMDR

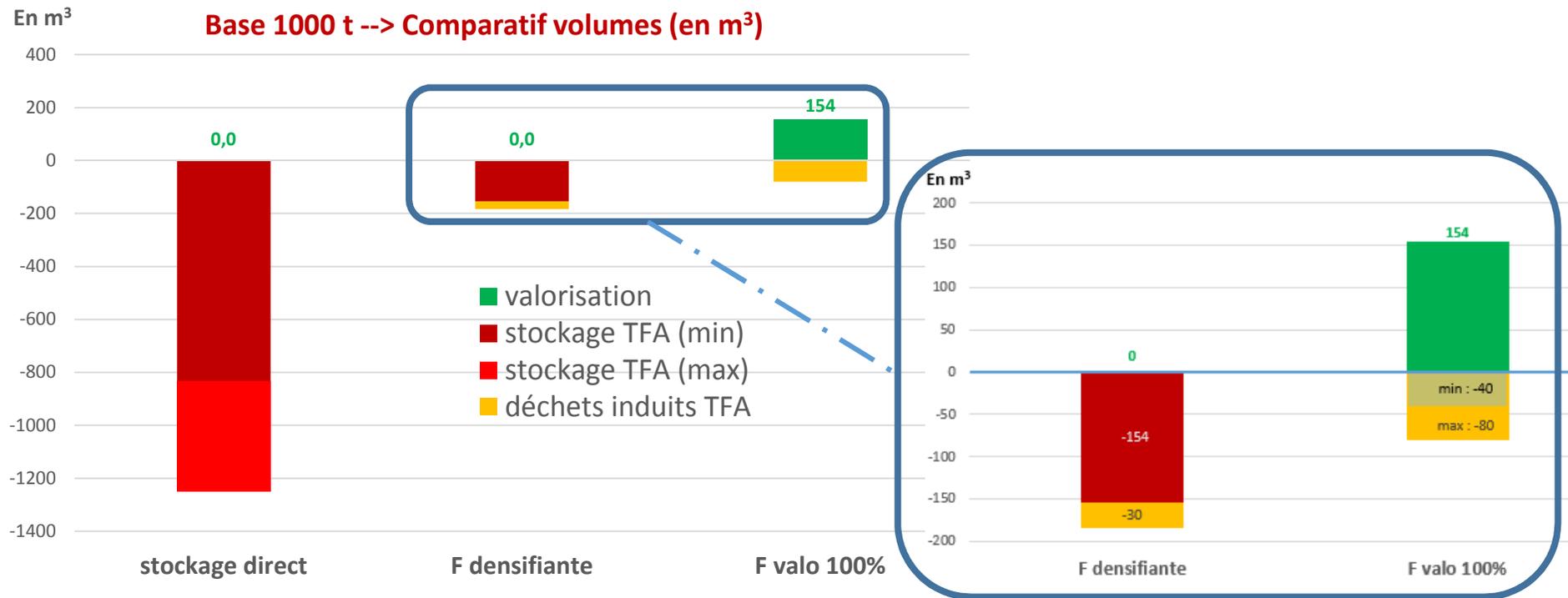
Art. 28 de l'arrêté du 23 février 2017 :

«Les producteurs de déchets métalliques TFA et SOCODEI, en lien avec l'ANDRA, remettent au ministre chargé de l'énergie avant le 30 juin 2018 une étude de la faisabilité technico-économique de la fusion de déchets métalliques TFA en vue de leur densification. Cette étude intègre les impacts sur l'environnement.

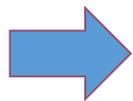
L'ASN est saisie pour avis sur cette étude »

FUSION DENSIFIANTE : LES VOLUMES

Comparaison des volumes de déchets TFA à stocker et valorisables :



Par rapport, au stockage direct :



La fusion densifiante permet des gains de volume en stockage de l'ordre d'un facteur 6,5.
La fusion valorisation permet des gains de volume de stockage de l'ordre d'un facteur 20.

FUSION DENSIFIANTE : CONCLUSION

- La fusion des déchets métalliques montre un gain évident sur les volumes à stocker avec un facteur de réduction de volume supérieur à 6 par rapport à un stockage direct.
- Lorsqu'elle est suivie d'une valorisation des métaux, la fusion conduit à un facteur de réduction de volume à stocker de l'ordre de 20.
- En outre, la fusion valorisation, en permettant une économie de matière première, s'inscrit pleinement dans les orientations de la loi TECV.

LA DEMANDE DU PNGMDR

Art 24 de l'arrêté du 23 février 2017 :

« 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.*

L'ASN et l'ASND sont saisies pour avis sur ce dossier »

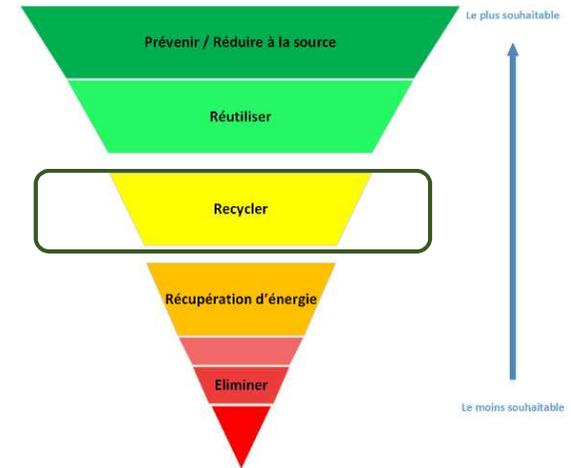
LES ENJEUX

Enjeux environnementaux

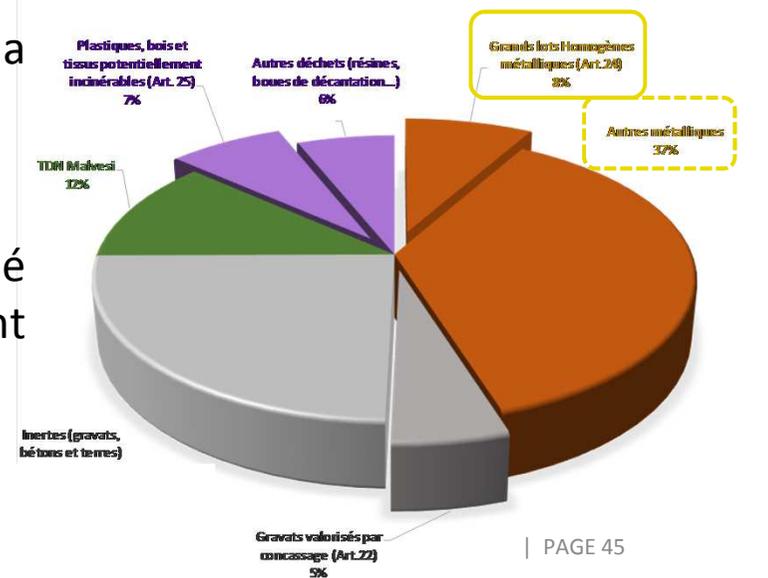
- Recycler les métaux contaminés dans les filières industrielles & réduire la consommation équivalente de matières premières.
- S'affranchir des transports de lingots à destination du stockage Andra.
- S'affranchir de la consommation d'emballages à destination du stockage Andra et réduire ainsi la production de déchets.
-Et enfin, réduire la consommation de la ressource stockage de l'Andra.

Volume de déchets concernés

- Les métaux représenteront près de la moitié (45% en volume) des déchets TFA qui seront produits



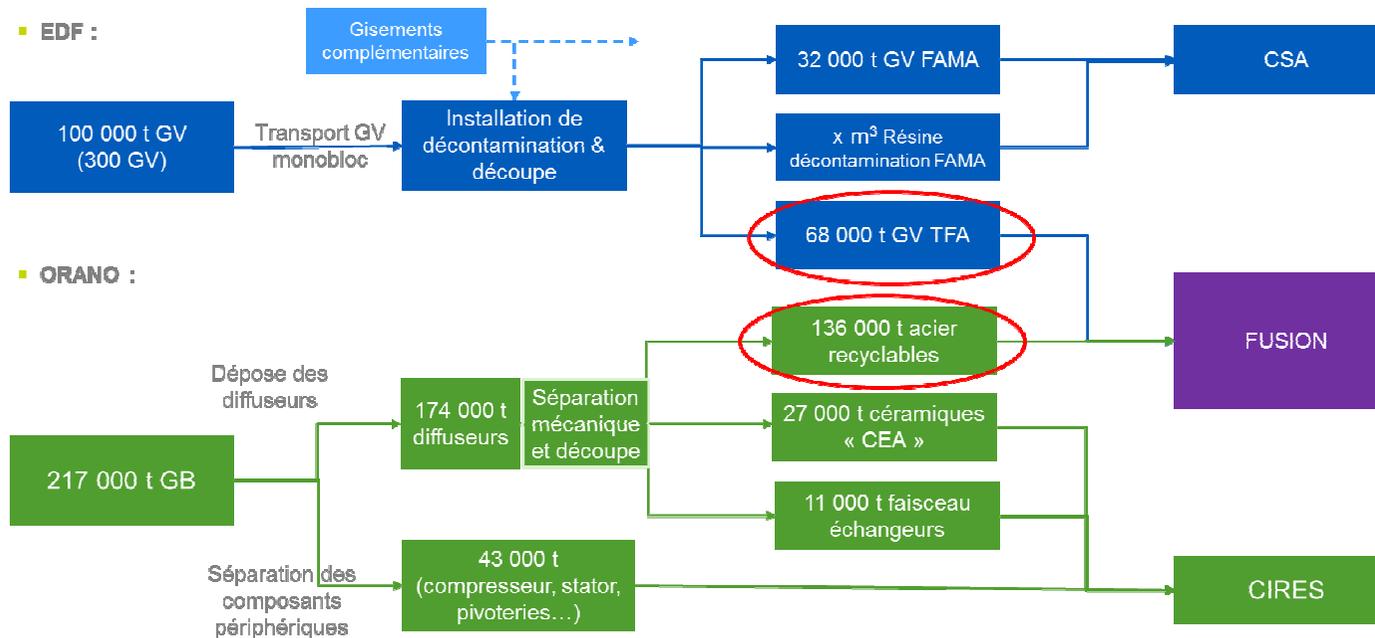
Volume de déchets TFA à venir (m³)



LES LOTS HOMOGÈNES GV – GB

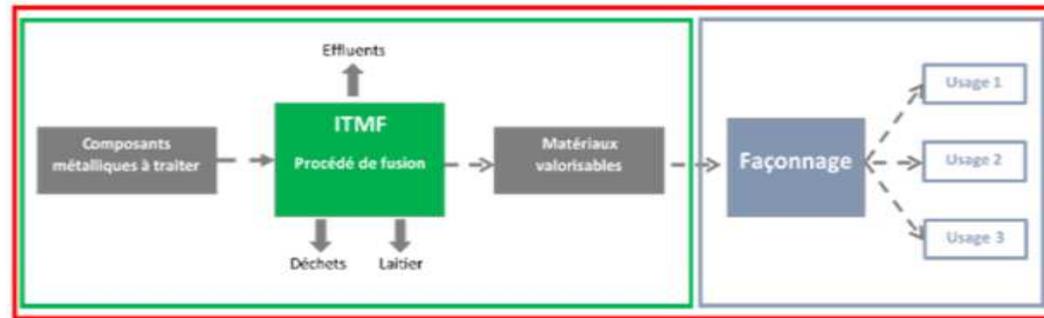
Jusqu'alors, un premier périmètre étudié qui correspond aux grands lots homogènes :

- Issus du démantèlement de l'Usine Georges Besse (GB) Orano.
- Issus du démantèlement des Générateurs de Vapeur (GV) EDF.
- Un total de l'ordre de 200.000 t valorisables



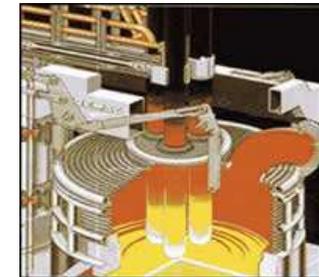
L'INSTALLATION DE FUSION VALORISATION

Périmètre de l'étude



Procédé technique

- **Avantages de la Technologie Four Electrique à Arc (FEA) sélectionnée**
 - Permettre d'accepter dans l'installation des métaux non grenailé en amont
 - Permettant de prendre en charge des morceaux plus grands que le four à induction
 - Four CEA avec technologie FEA développé dans le passé, mais pas d'installation FEA nucléarisé actuellement en activité
- **Principe de fusion des métaux**
 - Séparation des impuretés, des radioéléments et des poussières qui migrent dans le laitier.
 - Homogénéisation de la matière en sortie de fusion.
 - Traitement exhaustif sur l'ensemble des éléments métalliques.
 - Mesure du niveau d'activité, fiable et représentative, possible sur l'ensemble des flux de sortie.



LES PRÉREQUIS DE LA FILIÈRE DE VALORISATION

Technique : Montrer que les lingots issus de l'ITMF ne présentent pas de risque sanitaire

Economique : une gestion par fusion/valorisation qui ne coûte pas plus cher que le stockage direct au CIRE



Réglementaire : un cadre réglementaire compatible avec le projet dans un délai compatible avec les études et la mise en service de l'installation

TECHNIQUE – PROGRAMME DE QUALIFICATION

Description et Enjeux du programme

- **« Être à l'heure » des prochains grands démantèlements**
 - Une durée globale du projet (qualification procédé + conception/réalisation installation) estimée à 11 ans.
 - Rétroactivement, le lancement dès à présent d'un programme de qualification d'une durée de 4 ans.
- **Un programme de qualification (à confirmer au fur et à mesure de l'avancement du programme)**

3 étapes

- Phase Bibliographique (6 mois)
- Phase Essais Laboratoire (20 mois)
- Phase Essais Pilote (20 mois)

- Visant à déterminer une méthodologie et des moyens pour évaluer les performances du procédé en précisant :

3 sujets:

Mesure
Décontamination
Procédé

- La quantité de radioéléments dans le métal décontaminé lors d'une fusion ;
- La quantité de radioéléments dans le métal décontaminé lors d'une refusion ;
- La répartition des radioéléments entre le métal, le laitier, les poussières et les gaz lors d'une fusion sans recyclage de poussières ;
- Les paramètres nécessaires de décantation pour assurer le meilleur rendement de décontamination (temps, niveau de brassage...)
- Le niveau d'activité des déchets issus de la fusion (laitiers, poussières, gaz, réfractaires) ;
- La quantité de radioéléments dans le laitier, les poussières, les réfractaires et les gaz lors d'une refusion ;
- La dispersion des résultats du procédé, sa robustesse et sa reproductibilité ;
- La validation du dimensionnement de l'installation



Programme Investissement Avenir (PIA)



ECONOMIQUE

A l'issue des études d'Avant Projet Sommaire effectuées en 2018 sur une telle installation de fusion/recyclage, l'objectif de trouver un équilibre économique au projet qui le rende compétitif au regard du stockage direct est difficile sur les seuls lots GB GV.

Les conditions de cette réussite passent par :

- Une valorisation des aciers recyclés dans les filières industrielles au coût du marché.
- Un périmètre d'utilisation plus large que celui initialement identifié de 200.000 t (GB + GV).
- Avec une pleine capacité de l'ordre de 400.000 t sur 25 ans (capacité annuelle de 16.000 t), un besoin d'ajouter du « vrac » métallique au-delà des « grands lots homogènes ».

Ces conditions favorables permettraient :

- Une compétitivité technique et économique de cette filière de fusion valorisation.
- Un attrait pour des clients étrangers.
- La développement en France d'une filière industrielle à vocation européenne.

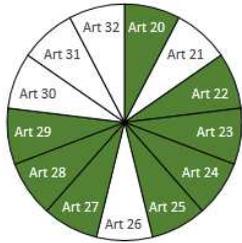
LA VALORISATION: UN RENDEZ-VOUS QUI DOIT ÊTRE À L'HEURE DES GISEMENTS

Les grands principes de ce planning qu'il faut retenir :

- **La nécessité d'une démarche de qualification, dès à présent :**
 - état de l'art : soldé à fin 2018 - essais laboratoire : en préparation pour début 2019 – essais pilote en cours de réflexion
- **La nécessité de réflexions sur le cadre réglementaire**
- **L'élaboration sur le long terme d'un business plan global**
 - En préparation par Orano et EDF

PRINCIPALES ETAPES	Durée (mo's)												
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
QUALIFICATION	46	■	■	■	■								
APD - ETUDES DE SURETE	36					■	■	■					
DEMARCHES REGLEMENTAIRES	-		■	■	■								
CONSTRUCTION ITMF ET ESSAIS INACTIFS	54								■	■	■	■	■
ESSAIS ACTIFS	3												
MISE EN SERVICE INDUSTRIELLE	3												■
RECHERCHE DES PARTENARIATS INDUSTRIELS	-	■	■	■	■	■	■	■					

CONCLUSION (1/2)



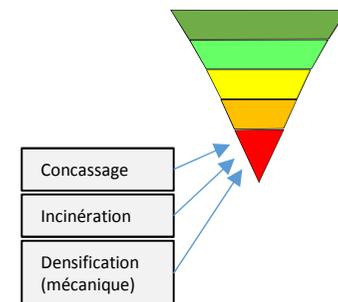
Plus de la moitié (7/12) des études prescrites par le PNGMDR en matière d'optimisation des modes de gestion des déchets TFA sont aujourd'hui achevées. Et déjà, les grands enseignements apparaissent.

De grands défis nous attendent, puisque 1,8 million de m³ de déchets TFA sont attendus dans les 55 ans à venir. Soit 3 centres de stockage tels que le Cires actuel.



Des pistes d'optimisation étudiées ne s'avèrent pas à la hauteur des enjeux.

Un concassage des gravats, une incinération systématique des déchets qui peuvent l'être, ou un supplément de densification mécanique ne modifieraient rien au besoin de nouvelles capacités de stockage, ni en délai ni en volume.



framatome

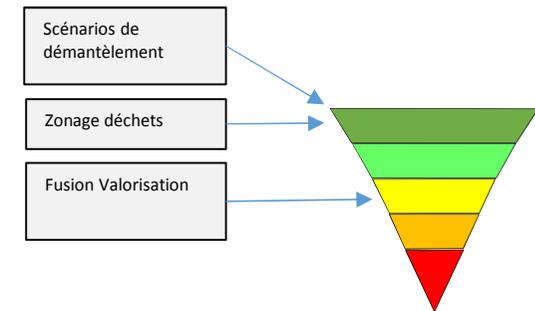


CONCLUSION (2/2)

Les véritables enjeux se situent en amont du stockage, à des niveaux plus élevés de la hiérarchie des modes de gestion préconisée par le Code de l'Environnement.

Les efforts doivent ainsi être concentrés sur les objectifs suivants :

- Réduire les quantités de déchets à stocker :
 - En évaluant les scénarios d'assainissement par une analyse coût-bénéfice intégrant la préservation de la ressource rare
 - En optimisant le zonage déchets
- Réduire et valoriser par fusion les déchets métalliques :
Les économies de stockage potentielles sont majeures. Un recyclage d'une partie du gisement permettrait de s'inscrire dans une logique d'économie circulaire.



Un deuxième centre de stockage TFA restera nécessaire. Cependant, l'augmentation de la capacité volumique du Cires à 950 000 m³, si elle est autorisée, prolongera sa durée de vie, et procurera le temps nécessaire aux études et discussions restant à conduire sur les différentes pistes d'optimisation évoquées.

framatome

