

LE TECHNOCENTRE DE FESSENHEIM

Le cadre

Déchets

Stockage

Directive Euratom 2013-59

Fusion-densification ou fusion-valorisation

Le Technocentre

Histoire et perles

DEFINITION DES DECHETS RADIOACTIFS

Code de l'Environnement – Article L542-1-1 (Modifié 2016)

Une substance radioactive

est une substance qui contient des **radionucléides, naturels ou artificiels**, dont l'activité ou la concentration justifie un contrôle de radioprotection

Une matière radioactive

est une substance radioactive pour laquelle une **utilisation ultérieure est prévue ou envisagée**, le cas échéant après traitement.

Un combustible nucléaire

est regardé comme un **combustible usé** lorsque, après avoir été irradié dans le cœur d'un réacteur, il en est définitivement retiré.

Les déchets radioactifs

sont des substances radioactives pour lesquelles **aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée** ou qui ont été requalifiées comme tels par l'autorité administrative en application de l'article L. 542-13-2.

Les déchets radioactifs ultimes

sont des déchets radioactifs **qui ne peuvent plus être traités** dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de leur part valorisable ou par réduction de leur caractère polluant ou dangereux.

CLASSIFICATION

DUREE DE VIE

VIE TRES COURTE : période inférieure à 100 jours

Iode 131 (8 jours) **Cancer de la thyroïde**

Xénon 133 (9 heures)

VIE COURTE : période inférieure à 31 ans

Césium 137 (30 ans) **Analogue au Potassium**

Cobalt 60 (5,3 ans)

Strontium 90 (29 ans) **Analogue au Calcium**

VIE LONGUE : période supérieure à 31 ans

U238 (4 milliards années)

Pu238 (87 ans)

Pu239 (24 000 ans)... militaire

Période (demi-vie) : le temps que la moitié des noyaux atomiques se désintègrent

Mais pas la masse...

1 période : $1/2$

2 périodes : $1/4$

3 périodes : $1/8$

... 10 périodes : $1 / 1024$

CLASSIFICATION

ACTIVITE

TFA = TRES FAIBLE ACTIVITE

Activité inférieure à 100 Bq/g

100 000 Bq/kg

"Leur niveau de radioactivité est généralement compris entre 1 et 100 Bq/g, avec une moyenne d'une dizaine de Bq/g, soit un niveau **proche de la radioactivité naturelle.**"
Gravats, bétons, ferrailles... Déchets de démantèlement

FA = FAIBLE ACTIVITE

Activité entre 100 Bq/g et 1 000 000 Bq/g

100 000 – 1 000 000 000 Bq/kg

MA = MOYENNE ACTIVITE

1 000 000 Bq/g et 1 000 000 000 Bq/g

1 000 000 000 – 1 000 000 000 000 Bq/kg

"Industrie nucléaire, laboratoires de recherche, déchets radifères (radium), graphite, retraitement (gainés, matériels...)"

HA : HAUTE ACTIVITE

Activité supérieure à 1 000 000 000 Bq/g

1 000 000 000 000 Bq/kg

"matières non recyclables issues du traitement des combustibles usés "

Corps humain : **80 – 120** Bq/kg

Plaine d'Alsace : environ **400** Bq/kg

Montagne (granit) : **1000 – 8000** Bq/kg

**proche de la
radioactivité naturelle ?**

CLASSIFICATION

		Déchets dits à vie très courte contenant des radioéléments de période < 100 jours	Déchets dits à vie courte dont la radioactivité provient principalement des radioéléments de période ≤ 31 ans	Déchets dits à vie longue contenant majoritairement des radioéléments de période > 31 ans
1000 Bq/kg	Très faible activité (TFA)	Gestion par décroissance radioactive sur le site de production puis élimination dans les filières de stockage dédiées aux déchets conventionnels	CIRES Recyclage ou stockage dédié en surface (installation de stockage du centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage de l'Aube)	
100 000 Bq/kg	Faible activité (FA)		CSA Stockage de surface (centre de stockage des déchets de l'Aube)	Stockage à faible profondeur (à l'étude dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)
1 000 000 000 Bq/kg	Moyenne activité (MA)			
10 000 000 000 000 Bq/kg	Haute activité (HA)	Non applicable ¹	Stockage en couche géologique profonde (en projet dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)	
			100 jours	31 ans

(10 périodes : diminution d'un facteur mille)

STOCKAGE

DECHETS TFA : le CIRES à Morvilliers (Aube)

Capacité : 650 000 m³ sur 46 hectares

Occupation (2020) : 409 000 m³

Durée de surveillance : environ 300 ans.

Projet ACACI (Augmentation de la Capacité de Stockage Autorisé) :
Augmentation de 250 à 300 000 m³ (Saturation 2038)

DECHETS FMA-VC : le CSA à Soulaines (Aube)

Capacité : 1 million m³ sur 95 hectares

Occupation (2018) : 335 000 m³ (FMA-VC) (Saturation 2042 – 2062)

Durée de surveillance : environ 300 ans.

DECHETS HA et MA-VL : CIGEO à Bure

Capacité : 10 000 m³ de déchets HA

75 000 m³ de déchets MA-VL

Durée de surveillance (exploitation) : 100 ans



CIRES



CSA



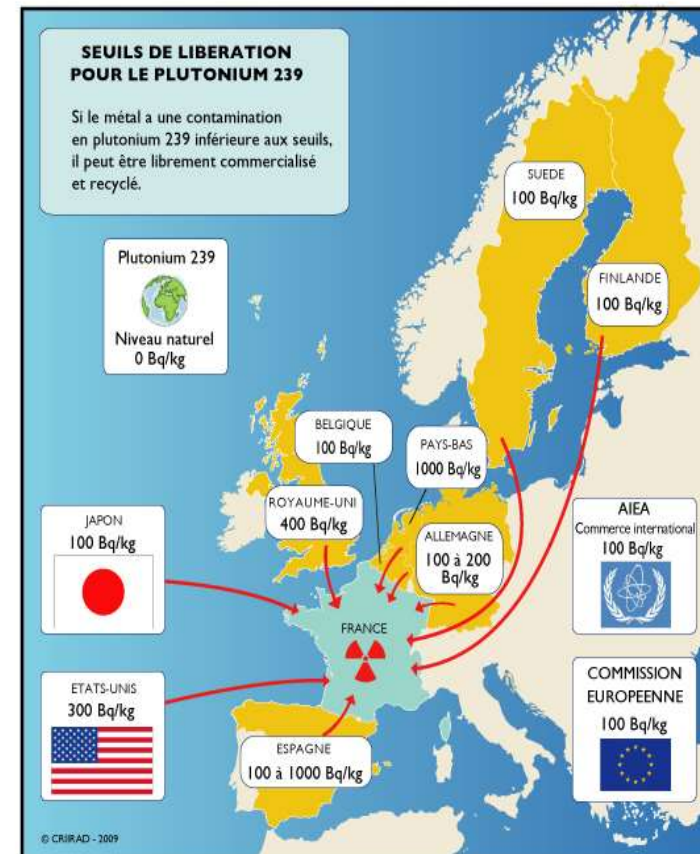
SEUILS DE LIBERATION :

DIRECTIVE 2013/59/EURATOM DU CONSEIL

du 5 décembre 2013

fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants et abrogeant les directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom et 2003/122/Euratom

Radionucléide	Concentration d'activité (kBq kg ⁻¹)
Pu-235	100
Pu-236	1
Pu-237	100
Pu-238	0,1
Pu-239	0,1
Pu-240	0,1
Pu-241	10
Pu-242	0,1
Pu-243	1 000
Pu-244 (†)	0,1



SEUILS DE LIBERATION : plus de 260 isotopes
Ex : Plutonium 100 – 1000 000 Bq/kg

**Directive non contraignante – Adoptée par la plupart des pays européens,
SANS APPLICATION RELLE A CE JOUR**

IDEE ou NECESSITE de la fusion

Le démantèlement des installations nucléaires produira des quantités importantes de déchets métalliques TFA

Le CIREs sera saturé à l'horizon 2025- 2030 (2038 – 2040 ?)

Arrêté du 23 février 2017 (pour le PNGMDR 2016-2018)

*Faire "avant le 30 juin 2018 une étude de la faisabilité technicoéconomique de la fusion de déchets métalliques TFA en vue de leur **densification**"*

***Fondre les déchets métalliques TFA pour les décontaminer et en faire des lingots pour prendre moins de place.
(Idée de 2010...)***

Estimation EDF-CEA-ORANO(2016)

900 000 t d'ici 2070

Georges Besse 1 : **150 000 t**

GV des centrales : 100 000 t

Divers : 650 000 t

Fessenheim : 12 000 t (EDF)

12 GV : 3600 t

Couvercles : 108 t

Goujons, écrous : 29 t

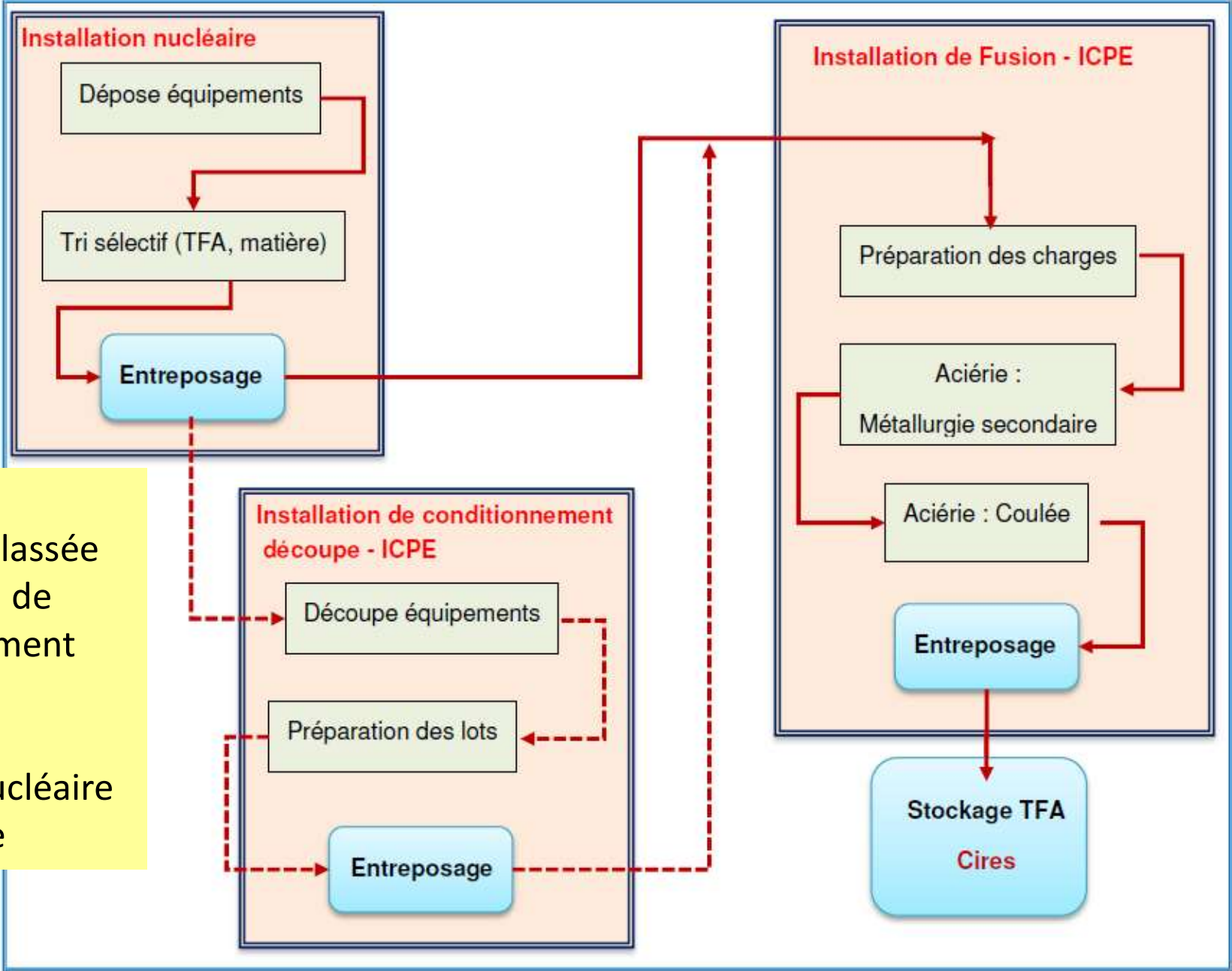
Pressuriseurs : 380 t

Peau : 600 t

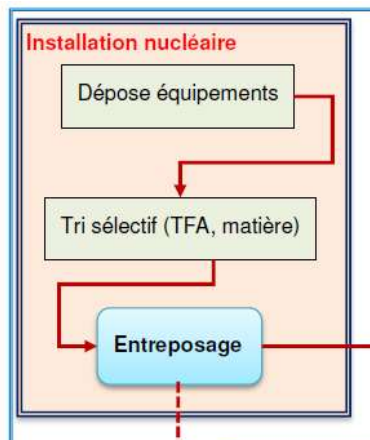
UNE INSTALLATION DE FUSION DENSIFIANTE

PNGMDR
2016-2018

ICPE
Installation classée
Protection de
l'Environnement
ou
INB
Installation Nucléaire
de Base



UNE INSTALLATION DE FUSION DENSIFIANTE



Dans l'installation en démantèlement :

Tri sélectif (matériau)

Tri radiologique

Découpe des éléments

Conditionnement en colis de 33 m³

Entreposage des colis

Expédition vers centre de fusion



Installation de valorisation :

"Une grande partie des moyens pour mettre en oeuvre cette solution de valorisation pourrait être analogue à ceux nécessaires à une filière de fusion densifiante "

UNE INSTALLATION DE FUSION DENSIFIANTE

Dans l'installation de conditionnement:

Entreposage des conteneurs

Découpe des éléments pour chargement dans l'installation de fusion

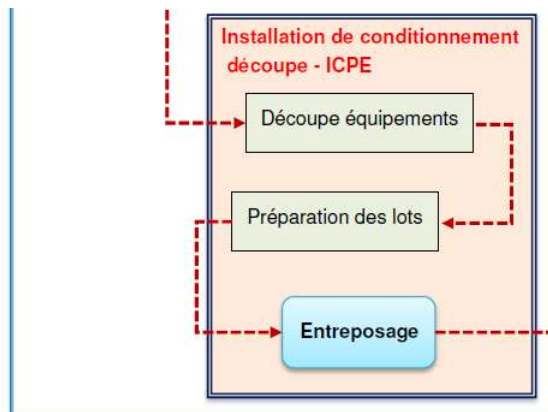
(sciage / découpe thermique / usinage)

Entreposage avant fusion

Possibilité de découpes de grosse pièces (?)



Cyclife Suède (EDF)



A priori, installation de conditionnement **au voisinage** du (des) fours

Activation des équipements

(scies, vêtements) TFA ou FAMA

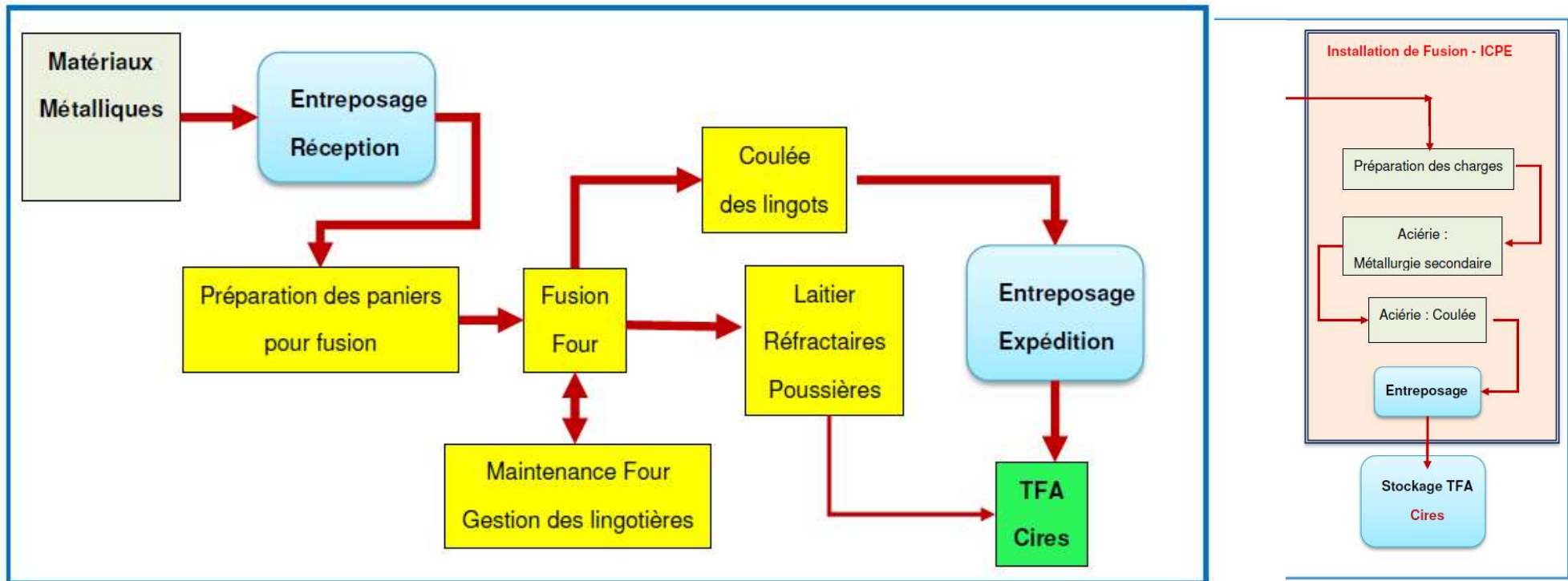
Découpes dans les conteneurs

ou en salle contrôlée (?)

Installation de valorisation :

"Une grande partie des moyens pour mettre en oeuvre cette solution de valorisation pourrait être analogue à ceux nécessaires à une filière de fusion densifiante "

UNE INSTALLATION DE FUSION DENSIFIANTE



Fusion de dans un four à Arc ou à induction (1650°)

"Impuretés , certains radioéléments et poussières migrent dans le laitier"

Éléments plus légers que le fer ...

Coulée des lingots

Entreposage

Envoi vers le CIRES

Installation de valorisation :

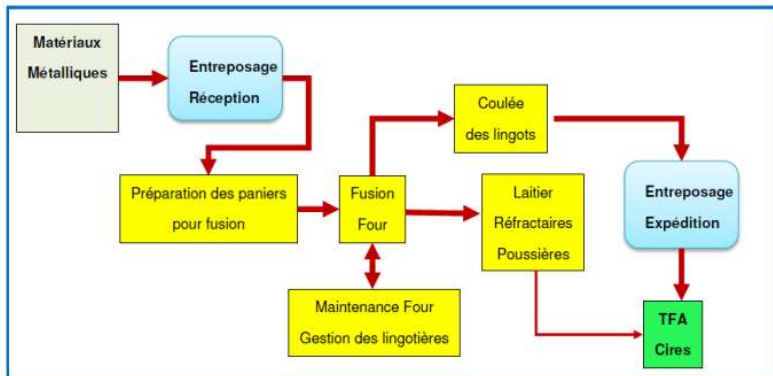
"Une grande partie des moyens pour mettre en oeuvre cette solution de valorisation pourrait être analogue à ceux nécessaires à une filière de fusion densifiante "

UNE INSTALLATION DE FUSION DENSIFIANTE

Entreposage arrivée : conteneurs gerbés
Lingots : fûts de 220 litres chemisés
masse : 1,5 tonne

Déchets induits : 3% de la masse traitée

Laitier + panières + équipements : déchets TFA à FA
Contrôles (légers) à différentes étapes
(TFA reste TFA)



Centraco (Cyclife EDF) à Bagnol sur Cèze)

Crée 1999

11 ha

(Incinération)

Découpe grandes pièces

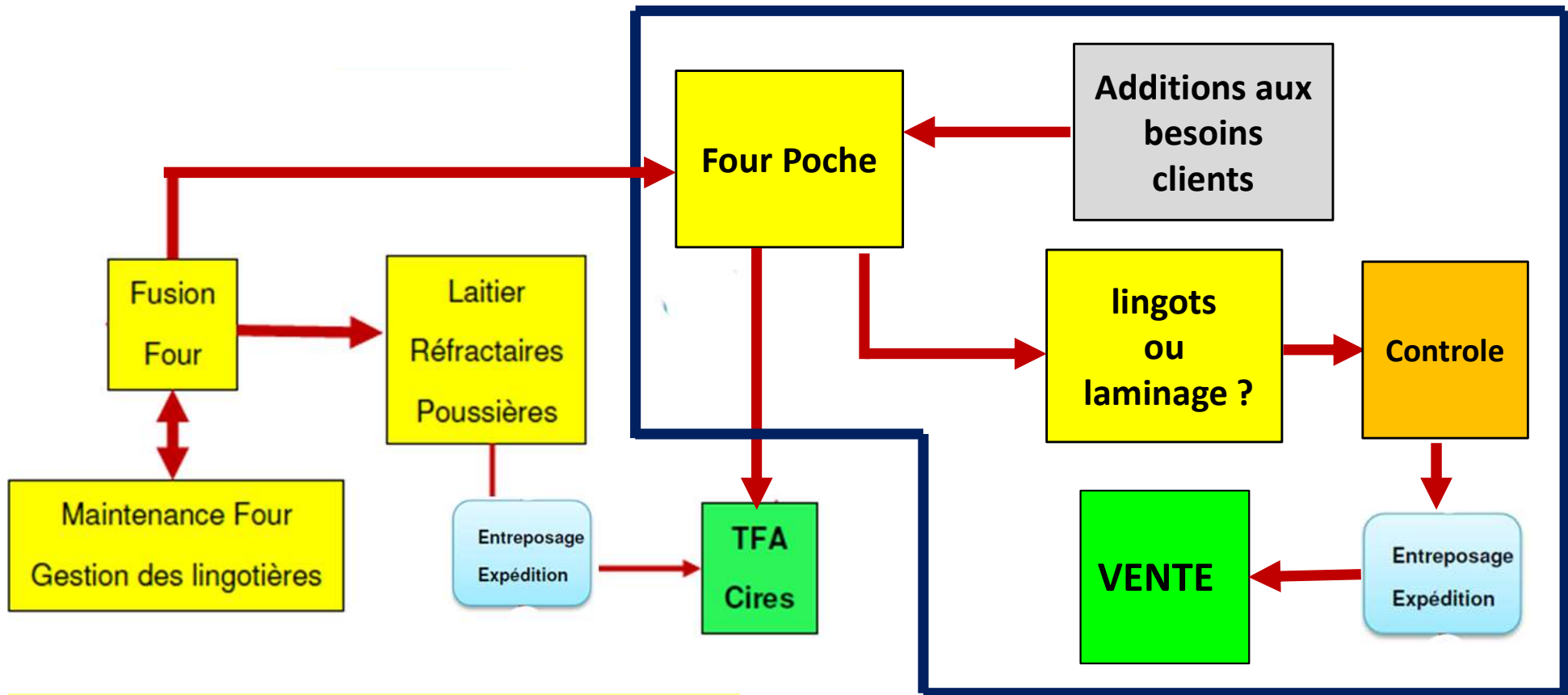
Four avec capacité de 3500 t / an



Installation de valorisation :

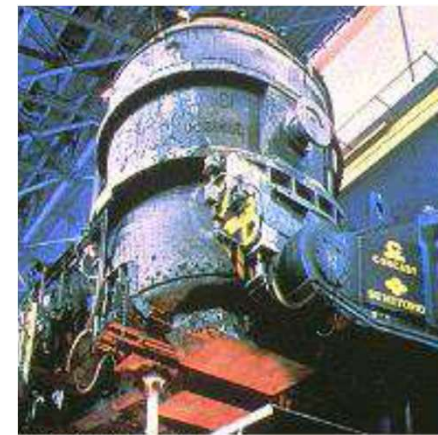
"Une grande partie des moyens pour mettre en oeuvre cette solution de valorisation pourrait être analogue à ceux nécessaires à une filière de fusion densifiante "

VERS LA FUSION VALORISANTE : ITMF (2018)



2eme four poche (réchauffage fusion)
Ajustement composition selon client
Lingotage (Laminage ?)
Entreposage

LE TECHNOCENTRE !



American Iron and Steel Institute

LE TECHNOCENTRE DE FESSENHEIM

Dans le plan de démantèlement (novembre 2020)



Gestion des GV de démantèlement et estimation du planning associé

Les GV issus du démantèlement seront mis en entreposage dans les BEGV avant envoi vers la filière de traitement « Technocentre », installation centralisée de traitement de découpe et de fusion localisée en France, dont la date de disponibilité prévisionnelle est 2027. Dans le contexte de la décision gouvernementale et de l'ASN du 21/02/2020 consécutive au débat public relatif à la préparation du 5^{ème} PNGMDR offrant de nouvelles possibilités de dérogations ciblées permettant, après fusion et décontamination, une valorisation au cas par cas de déchets radioactifs métalliques de très faible activité, et dans une logique de libération des métaux sous les seuils de la Directive Euratom 2013/59, cette installation permettra une réduction des volumes de déchets destinés à être stockés au CIREs, une optimisation de la protection du personnel. Les GV de démantèlement de l'INB75 constitueront les premiers GV de démantèlement à être ainsi traités dans cette installation. A ce titre, les opérations d'évacuation des GV usés permettront de tester en vraie grandeur des activités qui seront ensuite à généraliser, éventuellement industrialisées pour la mise en œuvre du Technocentre :

Réception et entreposage
Découpe
Fusion
Re-Fusion et adaptation au client
Entreposage

Planning :

Avant-projet et localisation entre 2021 et mi 2023
Dossier de demande d'autorisation environnementale vers 2025
Décision en 2025
Constructions Module Entreposage (mi-2027)
Module Décontamination et Découpe (début 2029)
Module Fusion (2030)

LE TECHNOCENTRE DE FESSENHEIM

Précisions ?

Projet de EDF/ORANO pour le PNGMDR 2016-2018

Exige tri sélectif à l'origine (TFA / FMA)

Exige plus d'homogénéisation des TFA

Etape de décontamination probable (sablage ou lessivage) ?

Four à Arc nécessaire (aciers ou fontes à la demande du client)

Nécessité d'un 2ème four

Déchets induits : produits réfractaires / gaz / poussières /

Estimation EDF : entre 4 et 8 % de la masse traitée.

Capacité du (des) fours ?

Surface du Technocentre ? (Centraco : 11 ha, centrale 36 ha)

Durée de vie (2070 ?)

Favorable : Réduction des déchets à stocker au CIREs

1000 t de déchets TFA : entre 833 et 1250 m³

Après fusion : 154 m³ valorisé

80 m³ de déchets TFA

Défavorable : Consommation énergie (dont transport)

Déchets induits

Réactifs chimiques pour le traitement des fumées

Risques d'accidents plus élevés

LE TECHNOCENTRE DE FESSENHEIM

Questions ?

Coût du Technocentre ?

50 – 150 M€ **CIRES : 500€/tonne**
Tcn = 200 000 t

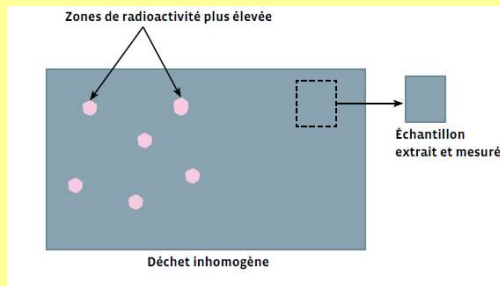
Capacité ?

Comme Cyclide Suède (5000 t/an)

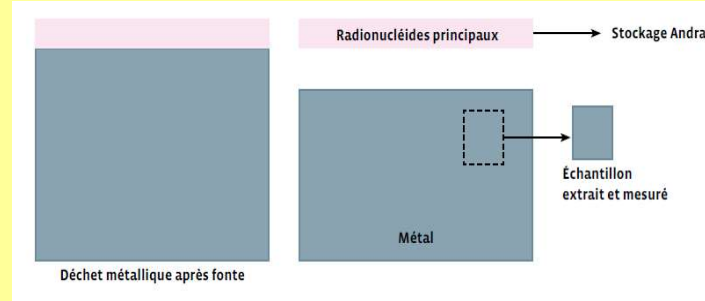
Emplois ?

100 - 150

Mesures de radioactivité sur de grandes pièces ?



Mesure par échantillonnage



Mesure par échantillonnage
après fusion (homogénéisation)

Intérêt économique ?

"le gisement de matières valorisables est étroit. Des projets mis en œuvre parallèlement ne pourront prétendre atteindre la pertinence économique" (ANDRA 2015)

Acheminement (France vers Fessenheim) ?

Conteneurs 33m3 ou GV entiers ?

LES AUTRES TECHNOCENTRES

Cyclife Suède à Nyköping (EDF depuis 2016)
Capacité de fusion : 5000 t/an
Capacité de libération : 2500 t/an



LES AUTRES TECHNOCENTRES

Carla à Krefeld (Allemagne)
Capacité de fusion : 4000 t/an
Production de lingots 1 t
granulats pour containers



LE TECHNOCENTRE DE FESSENHEIM

Perles...

François de Rugy : 1er février 2019

*J'ai "engagé EDF à aménager sur ce site [de Fessenheim] un Technocentre qui permettra de travailler sur le démantèlement, non seulement de la centrale de Fessenheim, **mais aussi d'autres réacteurs français, mais aussi allemands**. Nous sommes en négociations avec le gouvernement allemand pour que des éléments de démantèlement de centrales allemandes [...] puissent être retraités ici, ce qui permettra un chantier avec des emplois pendant de nombreuses années"*

Projet de Territoire Février 2019

*Un projet de technocentre est en cours d'élaboration par EDF, afin d'accompagner les projets de déconstruction européens par le traitement de gros composants électromécaniques des centrales nucléaires ainsi que par le développement d'innovations en environnement industriel. La mise en oeuvre de ce projet industriel d'avenir devra faire l'objet de discussions approfondies avec l'ensemble des parties intéressées, **tant en France qu'en Allemagne, pour s'assurer des conditions, notamment économiques et techniques, de sa réalisation. A ce stade, le projet de technocentre ne fait pas l'objet d'un accord.***

LE TECHNOCENTRE DE FESSENHEIM
Perles...

EDF-ORANO : sept 2019

*En effet, l'option visant à **restreindre l'utilisation de ces lingots dans la filière nucléaire, n'est économiquement pas viable**, pour des raisons de volumes trop faibles et de flux irréguliers. En l'occurrence, il est exclu que l'installation de fusion entrepose durablement les lingots qu'elle produit, à cause d'une impossibilité de les écouler en aval à court terme ;*

Elisabeth Borne 8 janvier 2020

*" J'ai eu des échanges avec mes homologues allemands [...] Je ne peux pas vous dire qu'il y ait des grands signes d'ouverture de la part de nos voisins sur l'utilisation d'un Technocentre qui supposerait pour eux de déplacer des déchets nucléaires au-delà de la frontière, a-t-elle ajouté. **Et très franchement ça ne me paraît pas forcément une piste facilement concrétisable**"*

LE TECHNOCENTRE DE FESSENHEIM

Perles...

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
et ASN 21 février 2020

(orientations données au PNGMDR 2019-2021 ...)

*"Le Gouvernement fera évoluer le cadre réglementaire applicable à la gestion des déchets de très faible activité, afin d'introduire une nouvelle possibilité de **dérogations ciblées** permettant, après fusion et décontamination, une valorisation au cas par cas de déchets radioactifs métalliques de très faible activité"*

LE TECHNOCENTRE DE FESSENHEIM

Perles...

Décret n° 2022-174 du 14 février 2022 relatif à la mise en œuvre d'opérations de valorisation de **substances faiblement radioactives**

"L'usage de substances provenant d'une installation dans laquelle est exercée ou s'est exercée une activité nucléaire, lorsque celles-ci sont contaminées, activées ou susceptibles de l'être par des radionucléides appartenant à des catégories de substances définies par décret, peut faire l'objet d'une dérogation aux interdictions..."

Décret n° 2022-175 du 14 février 2022 relatif aux **substances radioactives éligibles aux opérations de valorisation** mentionnées à l'article R. 1333-6-1 du code de la santé publique

"Substances métalliques qui avant leur usage dans une activité nucléaire ne justifiaient pas un contrôle de la radioprotection"

LE TECHNOCENTRE DE FESSENHEIM



QUELQUES NOTIONS

Radioactivité ALPHA (noyau d'Hélium)

Peu pénétrant (feuille de papier)

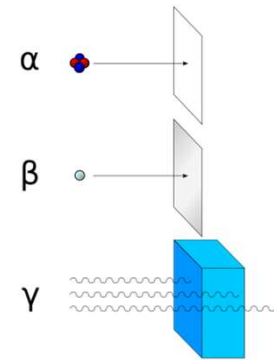
Radioactivité Bêta (électron)

Pénétrant (feuille d'aluminium)

Radioactivité Gamma (Photon)

Très pénétrant 10 cm de plomb)

Le risque principal est l'ingestion d'un élément radioactif



Période (ou demi-vie) :

Durée au bout de laquelle la moitié d'un échantillon radioactif est désintégrée

Exemples : Uranium 238 : 4,4 milliards années

Uranium 235 : 703 millions d'années

Plutonium 239 : 24 000 ans

Iode 131 : 8 jours

Après 10 périodes, il reste 1/1024 de l'échantillon primaire

Exemple : 1 kg de Plutonium

Après 24 000 ans, il en reste 500 g (et 500g d'autre chose)

Après 240 000 ans, il en reste 1 gramme (et 999 grammes d'autre chose)

La stratégie actuelle :

- Un déchet est qualifié de nucléaire en fonction de son lieu de production.
 - Avantage : garantie du point de vue radioprotection
 - Inconvénient :
 - Saturation des centres de stockage (2025 – 2028 ?)
 - Démantèlement des installations nucléaires
(Usine d'enrichissement Georges Besse : 130 000 t d'acier)

Alternatives (en débat ?)

- **Seuil de libération :**
 - Au dessous d'un certain seuil, un déchet n'est plus nucléaire.
libération dans l'industrie sans aucun contrôle ultérieur
- **Traitement des déchets avant libération (ORANO)**
 - Nettoyage par sablage et filtration (filtres radioactifs : FA à MA)
 - Traitement par fusion dans une installation dédiée sur un site .
 - Récupération des éléments radioactifs au vidage du four
 - Réalisation pour envoi (vente) dans l'industrie
 - Evaluation de l'impact sanitaire : 0,01 mSv/an
- **Augmentation des capacités de stockage (Morvilliers) / nouveau centre**

GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

Code de l'Environnement – Article L542-1-1 (Modifié 2016)

L'entreposage

de matières ou de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances à titre temporaire dans une installation spécialement aménagée en surface ou en faible profondeur à cet effet, avec intention de les retirer ultérieurement.

Le stockage de déchets radioactifs est l'opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive dans le respect des principes énoncés à l'article L. 542-1, sans intention de les retirer ultérieurement.

Le stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs est le stockage de déchets radioactifs dans une installation souterraine spécialement aménagée à cet effet, dans le respect du **principe de réversibilité**.

Code de l'Environnement – Article L542-10-1 (Modifié 2016)

La réversibilité est la capacité, pour les générations successives, soit de poursuivre la construction puis l'exploitation des tranches successives d'un stockage, soit de réévaluer les choix définis antérieurement et de faire évoluer les solutions de gestion.

[...]L'autorisation fixe la durée minimale pendant laquelle, à titre de précaution, la **réversibilité du stockage** doit être assurée. Cette durée ne peut être inférieure à cent ans

QUELQUES NOTIONS

Activité :

Vitesse de désintégration des atomes constituant un radionucléide

Unité : Becquerel (Bq)

1 Bq correspond à 1 désintégration par seconde

L'émission d'1 rayonnement (α , β ou γ) par seconde

Exemples :	Corps humain :	environ	100 Bq/kg
	Granite :	environ	1000 Bq /kg
	Uranium naturel :		10 000 000 Bq/kg
	Plutonium :		1 000 000 000 000 Bq/kg

ON VA CLASSER LES ELEMENTS RADIOACTIFS EN FONCTION DE LEUR ACTIVITE

(Et non du type de radioactivité α , β ou γ)

ET DE LEUR PERIODE