

DOCUMENT TECHNIQUE

## PNGMDR 2016-18

# ETUDE COMPARATIVE DE L'INCINÉRATION DES DÉCHETS TFA ET DU STOCKAGE DIRECT AU CIRES

**Identification**  
EAM.RP.ASSI.18.002.1

Décembre 2018

Page : 1/25



## Sommaire

<b>1.</b>	<b>Introduction</b>	<b>4</b>
1.1	<i>Contexte et objet du document</i>	4
1.2	<i>Retour d'expérience sur l'incinération des déchets</i>	4
1.2.1	L'incinération des déchets dans le domaine conventionnel	4
1.2.2	Retour d'expérience sur l'incinération de déchets radioactifs	5
1.3	<i>Périmètre de l'étude</i>	5
<b>2.</b>	<b>Présentation des installations concernées par l'étude</b>	<b>6</b>
2.1	<i>L'installation de CENTRACO</i>	6
2.2	<i>Les installations de stockage de surface de l'Andra</i>	9
2.2.1	Le Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage des déchets TFA (CIRES)	9
2.2.1.1	Critères d'acceptation radiologique	9
2.2.1.2	Les alvéoles de stockage	9
2.2.1.3	Équipements de traitement des déchets	10
2.2.2	Le Centre de stockage des déchets FMA de l'Aube (CSA)	11
<b>3.</b>	<b>Évaluation du gisement de déchets TFA incinérables destinés au CIRES et possiblement réorientables vers CENTRACO</b>	<b>12</b>
3.1	<i>Le retour d'expérience actuel</i>	12
3.2	<i>L'inventaire prévisionnel des déchets incinérables</i>	12
3.2.1	Les prévisions globales	12
3.2.2	L'évaluation de la part de déchets incinérables	12
3.3	<i>Conclusion sur l'inventaire prévisionnel</i>	13
3.4	<i>Aspects radiologiques</i>	14
<b>4.</b>	<b>Analyse des filières sur les plans de la protection de l'environnement, de la santé des personnes et de la sécurité</b>	<b>15</b>
4.1	<i>Deux scénarios de gestion des déchets incinérables</i>	15
4.2	<i>Rejets associés aux deux scénarios</i>	16
4.2.1	Le mode de calcul du bilan des émissions	16
4.2.1.1	Les centres de stockage de l'Andra	16
4.2.1.2	CENTRACO	17
4.2.2	Bilan comparatif des rejets	17
4.3	<i>Comparaison des scénarios au plan de la santé des personnes</i>	18
4.4	<i>Comparaison des scénarios au plan de la sécurité</i>	19
<b>5.</b>	<b>Analyse multicritère comparative des scénarios de traitement et de prise en charge des déchets dits « incinérables »</b>	<b>21</b>
5.1	<i>Présentation des critères</i>	21
5.2	<i>Résultats et synthèse de l'analyse multicritère</i>	21
5.2.4	Comparaison des deux scénarios sur le plan de l'environnement	22
<b>6.</b>	<b>Conclusion</b>	<b>24</b>
	<b>Annexe 1 : Analyse multicritère des scénarios de gestion des déchets TFA incinérables</b>	<b>25</b>

# 1. Introduction

## 1.1 Contexte et objet du document

L'arrêté PNGMDR 2016-2018 du 23 février 2017 pris en application du décret n° 2017-231 du 23 février 2017 établit :

### Article 25

« 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. L'ASN est saisie pour avis sur cette étude».

Le présent document constitue l'étude demandée par l'article 25 de l'arrêté PNGMDR 2016-2018.

L'étude s'est articulée autour de l'établissement d'un inventaire prévisionnel des déchets TFA incinérables, de l'établissement d'un bilan environnemental et d'une analyse multicritère comparative.

Pour ce document, l'Andra a travaillé en collaboration avec les producteurs CEA, Orano (représentant également Framatome) et EDF ainsi que SOCODEI, qui ont fourni des informations et participé à des échanges.

## 1.2 Retour d'expérience sur l'incinération des déchets

### 1.2.1 L'incinération des déchets dans le domaine conventionnel

Dans le domaine conventionnel, l'incinération est un procédé couramment appliqué aux déchets non dangereux, notamment les ordures ménagères, voire aux déchets dangereux au moyen d'installations spécifiques.

En 2010, le traitement des ordures ménagères par incinération représentait un total 14 Mt/an, soit 30% des déchets municipaux. L'incinération de déchets dangereux représentait environ 2,4 Mt/an<sup>1</sup>.

Le procédé d'incinération comprend les phases d'entreposage et de préparation des déchets pour alimentation du four, combustion, traitement des fumées et des mâchefers.

L'incinération produit des rejets liquides et gazeux, et des déchets constitués des résidus d'épuration des fumées (environ 20 à 30 kg de cendres par tonne de déchets incinérés), qui, en raison de leur caractère dangereux, sont stockés en ISDD après stabilisation.

Par ailleurs, dans la grande majorité des cas, l'incinération permet de valoriser :

- La chaleur, qui est récupérée.
- Des mâchefers (résidus solides de combustion), qui, s'ils respectent des exigences de qualité définies par arrêté ministériel, sont réutilisés en matériaux routiers (200 à 250 kg de mâchefers générés par tonne de déchets incinérés)<sup>2</sup>. Sinon, ils sont expédiés en ISDD ou ISDND<sup>3</sup>;
- Des métaux ferreux et non ferreux généralement recyclés dans l'industrie ;

L'ADEME pointe un certain nombre d'avantages et d'inconvénients à l'incinération<sup>4</sup> :

Avantages :

- Elle permet de réduire en moyenne de 70 % la masse des déchets entrants et de 90 % leur volume et contribue donc très significativement à la réduction des quantités de déchets à stocker ;

<sup>1</sup> ADEME – Chiffres-clés déchets – Édition 2014

<sup>2</sup> ADEME – L'incinération des déchets ménagers et assimilés - décembre 2012

<sup>3</sup> ISDD : Installation de Stockage de Déchets Dangereux. ISDND : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux

<sup>4</sup> ADEME – L'incinération des déchets ménagers et assimilés - décembre 2012

- Elle peut réduire la nocivité des déchets. Par exemple, la combustion stérilise les déchets médicaux ;
- Le principal avantage de l'incinération mis en valeur par l'ADEME est cependant la production d'énergie qui participe à la réduction de l'utilisation de ressources fossiles. Ainsi, la valorisation d'une tonne de déchets peut permettre de produire jusqu'à 500 kWh d'électricité (en valorisation d'électricité seule) ou 1 700 kWh de chaleur (en valorisation thermique seule).

Inconvénients :

- L'incinération suscite des craintes de la part du public en raison de mauvaises pratiques passées<sup>2</sup>, malgré l'amélioration du parc ces dernières années (par exemple, réduction d'un facteur 100 des rejets en dioxine). De plus, elle génère également des craintes sur le fait qu'elle constituerait un obstacle au développement du recyclage et de la prévention.

### 1.2.2 Retour d'expérience sur l'incinération de déchets radioactifs

L'incinération est un procédé thermique utilisé dans l'industrie nucléaire au niveau mondial pour le traitement des déchets radioactifs de faible et moyenne activité. Elle offre l'intérêt d'une forte réduction volumique des déchets avant stockage et permet de traiter un large spectre de déchets : solides, liquides organiques et liquides aqueux.

Les résidus d'incinération nécessitent généralement une cimentation, soit pour leur conférer une stabilité physico-chimique, soit pour en éliminer le caractère dispersable. Ils sont ensuite conditionnés sous des formes adaptées au stockage.

Selon les pays, différents procédés d'incinération sont opérationnels. Ils se caractérisent principalement par la technologie de la chambre de combustion :

- Chambre de combustion fixe, utilisée dans les fours de Socodei – CENTRACO (France), Belgoprocess-CILVA (Belgique), Ontario Power Generation (Canada), ENRESA El Cabril (Espagne) ;
- Chambre de combustion à lit fluidisé et four vertical, pour les incinérateurs de Bohunice – JAVYS (Slovaquie), Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (Allemagne), Cyclife (Suède), Chmelnitzki (Ukraine)... ;
- Chambre de combustion de type four rotatif. Ce type de four est employé dans l'unité de traitement de déchets radioactifs (TFA, FA) de très faible capacité sur le site du CEA-VALDUC développé sur la base de l'installation « froide » IRIS du CEA-MARCOULE (Pilote semi-industriel < 10 kg/h). Par ailleurs, on retrouve ce type de four dans les unités de co-incinération des déchets radioactifs avec des déchets dangereux fonctionnant sous régime ICPE ou équivalent au Royaume Uni : installations Tradebe (Fawley Commercial High Temperature Incinerator), Augean (East Kent Waste Recovery Facility) ou Veolia environmental Services (Ellesmere Port Waste Recovery Facility)).
- Four à torche à plasma (technologie récente). Cette technologie est mise en œuvre dans les unités de Zwilag (Suisse), Pluton (Sté Radon en Russie) KAERI à Daejon (Corée du Sud) (plasma en milieu oxydant), et sur la centrale de Kozloduy (Bulgarie).

Les capacités des installations citées étant très faibles par rapport aux volumes traités dans le conventionnel, il n'y a généralement pas de valorisation énergétique. Le résidu final, radioactif, n'est pas non plus valorisé.

La stabilisation des résidus et poussières d'incinération est indispensable pour leur acceptation en stockage. Elle est généralement réalisée au niveau de l'installation d'incinération ou sur une installation centralisée.

Le choix du procédé de stabilisation/cimentation dépend de la qualité physico-chimique des déchets traités et des exigences des centres de stockage.

## 1.3 Périmètre de l'étude

### Les déchets concernés

Les déchets incinérables produits par les producteurs électronucléaires recouvrent :

- Des déchets solides, dont le bois ;
- Des liquides organiques ou aqueux ;

- Des déchets putrescibles organiques.

Les liquides organiques ou aqueux et les déchets putrescibles sont déjà incinérés, on retient donc qu'ils ne sont pas concernés par la présente étude.

**L'étude se focalisera donc sur les déchets incinérables (déchets solides) aujourd'hui destinés au stockage au Cires, qu'il serait éventuellement possible de réorienter vers l'incinération si l'option s'avérait préférable.**

### L'installation d'incinération

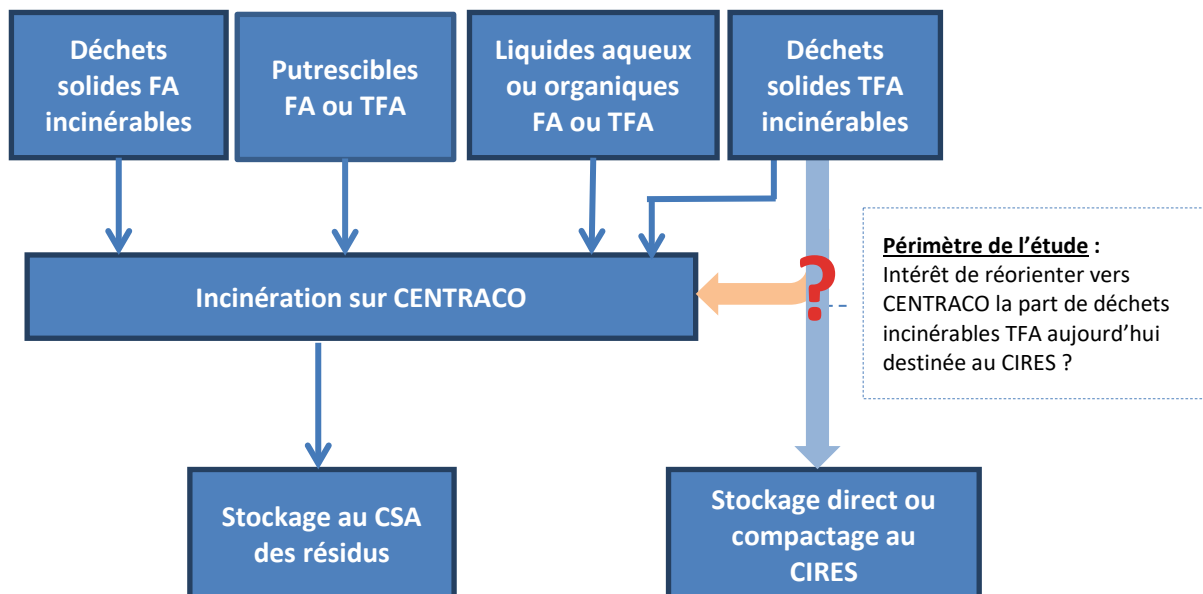
**Pour la présente étude, on ne considérera que la seule installation CENTRACO.** Ce choix est motivé par les raisons suivantes :

- Le gisement de déchets radioactifs incinérables (voir *infra*) apparaît faible pour faire fonctionner simultanément en France deux incinérateurs centralisés de déchets radioactifs ;
- Considérer une seconde installation imposerait de faire des hypothèses sur ses performances en matière de radioprotection, de sécurité et d'impact environnemental. CENTRACO, exploitée depuis 1999, est la seule installation française qui apporte suffisamment de retour d'expérience ;
- Il pourrait être difficile, au plan de l'acceptation sociétale, de justifier la création d'une deuxième installation d'incinération alors qu'il en existe déjà une capable d'absorber les flux envisageables.

### Les résidus (cendres et mâchefers)

Pour les raisons détaillées au § 3.4, on considère que les résidus seront systématiquement de catégorie FMA.

En résumé, le périmètre de l'étude est illustré par le schéma suivant



## 2. Présentation des installations concernées par l'étude

### 2.1 L'installation de CENTRACO

L'installation CENTRACO, exploitée par la société SOCODEI sur le site de Marcoule, a été mise en service en 1999. SOCODEI (Société de Conditionnement des Déchets et Effluents Industriels) créée en 1990, est une filiale à 100% d'EDF.

L'usine CENTRACO est une INB autorisée par décret modifié du 27 août 1996 (INB 160). Elle comprend principalement une unité de fusion de déchets métalliques et une unité d'incinération de déchets. Outre son

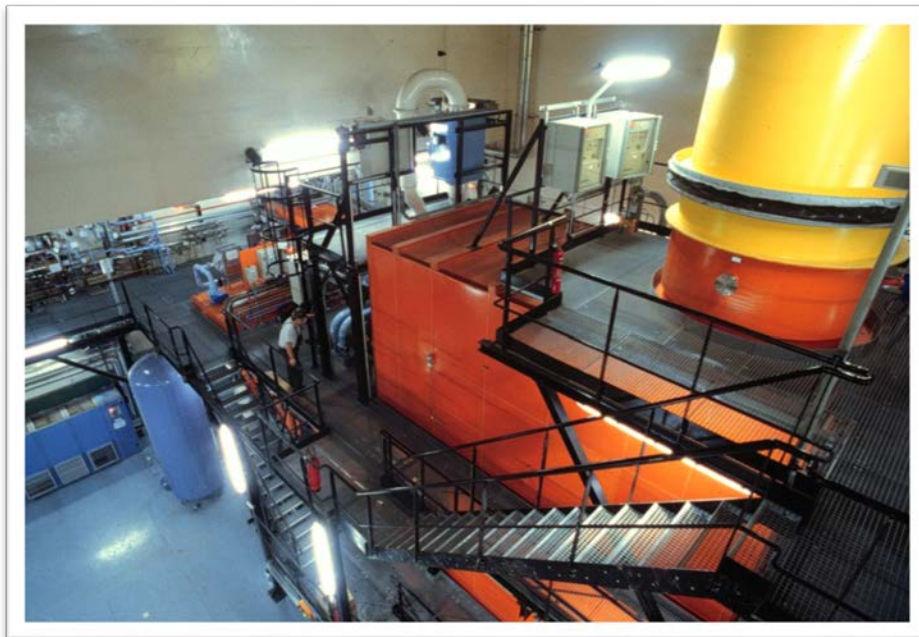
décret de création, l'usine CENTRACO est soumise à diverses prescriptions de l'ASN, notamment la décision n° 2012-DC-0314 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 19 juillet 2012 fixant les limites de rejet dans l'environnement des effluents liquides et gazeux de CENTRACO (abrogeant une décision similaire de 2009).

Depuis son démarrage en 1999, l'incinérateur de CENTRACO traite des déchets radioactifs produits par les centrales nucléaires d'EDF en exploitation ou en déconstruction, qui représentent plus de 90% en masse des flux annuels livrés. Les déchets incinérés sont de très faible ou faible activité. Des déchets de producteurs étrangers peuvent être également traités sur CENTRACO, les résidus de combustion sont dans ce cas retournés au producteur d'origine.

Deux types de déchets sont acceptés sur l'installation d'incinération :

- Des Déchets Solides Incinérables (DSI) pour une capacité de 3 000 tonnes par an : tenues portées par le personnel intervenant dans les installations nucléaires (gants, surbottes, combinaisons de travail...), déchets combustibles issus de l'exploitation et de la maintenance (emballages, vinyles, chiffons...), ainsi que des déchets d'hôpitaux et de laboratoires utilisant des produits radioactifs ;
- Des Déchets Liquides Incinérables (DLI) pour une capacité de 3 000 tonnes par an : effluents liquides (solutions de lavage, huiles, solvants), résines et boues provenant des installations nucléaires, ainsi que des déchets d'hôpitaux et de laboratoires utilisant des produits radioactifs. Certains types de déchets liquides sont concentrés avant leur incinération.

Le four d'incinération est un four statique à trois chambres de combustion, comparable à un incinérateur utilisé dans l'industrie conventionnelle. Sa conception a été adaptée aux exigences des installations nucléaires, notamment en matière de confinement de la radioactivité (mise en dépression par rapport au local dans un bâtiment lui-même en dépression).



*Figure 1 : Incinérateur de Centraco*

Le traitement des fumées combine les exigences de la chimie et du nucléaire. Les fumées sont produites dans la chambre de combustion primaire par un processus mixte de combustion et de pyrolyse (atmosphère déficiente en oxygène) à une température allant de 500 à 900°C, puis passent dans une deuxième chambre, nommée chambre de postcombustion, de même architecture que la chambre primaire de combustion, qui permet le traitement des fumées à une température allant de 900 à 1 150°C.

Le traitement chimique s'effectue ensuite dans :

- Deux colonnes de lavage afin d'éliminer les halogènes, dont le chlore, et les métaux lourds puis le soufre ; ces effluents liquides, issus des colonnes de lavage, sont traités pour extraction des métaux lourds avant rejet ;
- Puis un réacteur catalytique pour éliminer les oxydes d'azote et les dioxines.

Ce traitement répond aux normes les plus récentes concernant les rejets des incinérateurs. Ces émissions (liquides ou gazeuses) sont mesurées et contrôlées en permanence avant rejet dans l'environnement de l'installation, dans le respect des prescriptions de la décision ASN du 19 juillet 2012 (décision n° 2012-DC-0314).

Les cendres et les mâchefers issus de l'incinération sont bloqués dans un liant hydraulique et conditionnés en fûts métalliques de 400 litres. Ils sont expédiés en tant que déchets ultimes vers le centre de stockage FMA de l'Andra dans l'Aube (CSA) pour y être stockés.

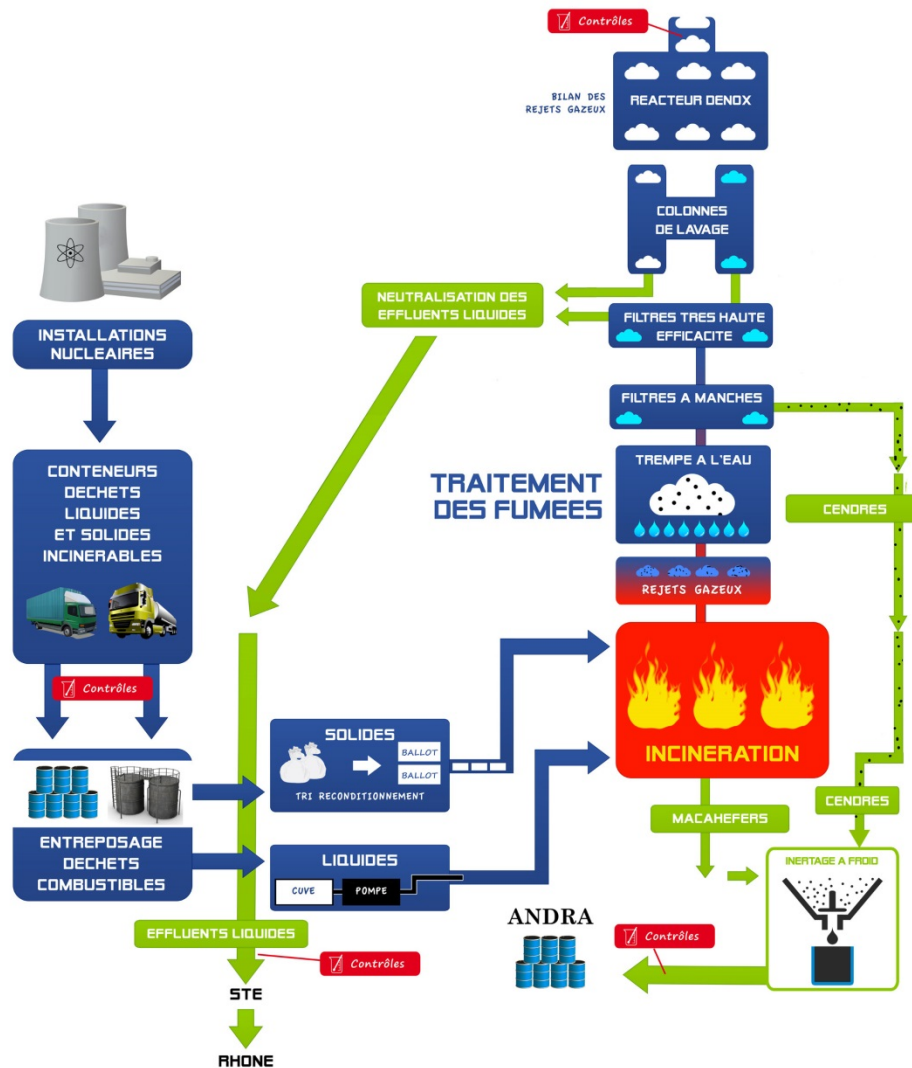


Figure 2 : Schéma global du procédé d'incinération de CENTRACO

Depuis son démarrage en 1999 et jusqu'en 2016, le four d'incinération a traité plus de 30 000 tonnes de (DSI) et près de 21 000 tonnes de (DLI).

Le retour d'expérience global montre que :

- Les radionucléides se retrouvent majoritairement dans les résidus solides (mâchefers ou cendres) ;
- L'activité massique moyenne des résidus solides est de l'ordre de quelques centaines de becquerels par gramme ;
- Le tritium, le carbone 14 et l'iode 129 sont préférentiellement présents dans les effluents liquides et gazeux.

Les déchets induits radioactifs générés sur CENTRACO sont expédiés vers les centres industriels de l'Andra.

Les déchets induits conventionnels sont recyclés, incinérés ou valorisés dans les filières adaptées.



## 2.2 Les installations de stockage de surface de l'Andra

### 2.2.1 Le Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage des déchets TFA (CIRES)

Démarrée en 2003, la filière de stockage de déchets de Très Faible Activité est relativement récente, dans un contexte où le stockage des déchets radioactifs s'est amorcé dès 1969 en France.

La conception d'un stockage de déchets radioactifs pour ces niveaux d'activité est une spécificité française. Beaucoup d'autres pays permettent une libération de ces déchets sur la base des seuils définis dans les publications de l'AIEA ou la directive européenne.

En quelques années, le Cires est devenu, en termes de volumes, le premier centre de stockage de déchets radioactifs. Prévu pour 30 ans d'exploitation, le Cires a vu ses prévisions de livraisons largement dépasser les estimations initiales. Les programmes de démantèlement devraient ainsi constituer les principales activités génératrices de déchets TFA.

Le Cires comprend diverses installations : les alvéoles de stockage proprement dites, mais aussi des installations de réception et de traitement des déchets : solidification de certains déchets liquides, et compactage de déchets solides métalliques ou non.

#### 2.2.1.1 Critères d'acceptation radiologique

De façon à maîtriser le contenu radiologique du stockage, des règles d'acceptation ont été définies. Ces limites sont fondées sur des scénarios d'exploitation, mais aussi sur des scénarios de long terme qui présentent nécessairement un caractère conventionnel.

Ces limites d'acceptabilité ont conduit à définir l'Indice Radiologique d'Acceptation en Stockage (IRAS), principal critère radiologique d'acceptation des déchets au Cires.

#### 2.2.1.2 Les alvéoles de stockage

Le stockage des déchets se fait dans des alvéoles creusées dans une argile peu perméable qui assure un confinement de long terme. Le fond et les parois des alvéoles sont tapissés d'une membrane étanche. La dépose des déchets dans les alvéoles se fait à l'abri des intempéries grâce à une toiture mobile. Une fois pleines, les alvéoles sont fermées par une membrane, puis recouvertes d'argile. Un puits de visite dans l'alvéole permet de détecter et d'éliminer les éventuelles infiltrations d'eau.

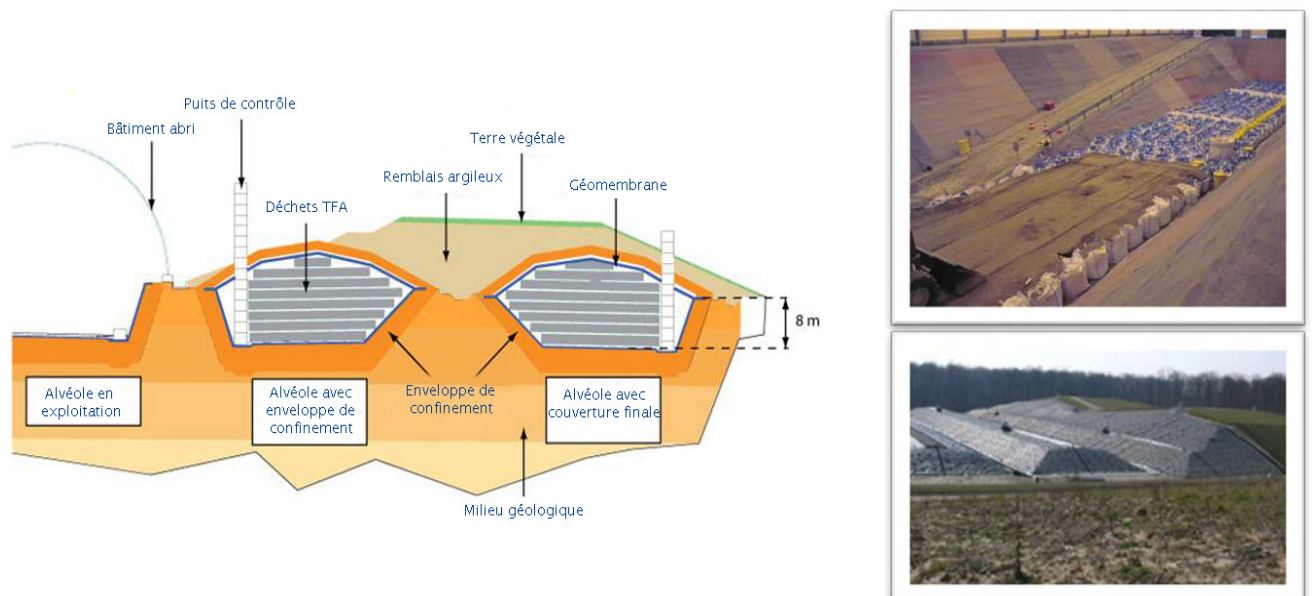


Figure 3 : Coupe schématique et photos des alvéoles de stockage.

Actuellement, la capacité autorisée du centre est de 650 000 m<sup>3</sup>. A fin 2016, 380 000 m<sup>3</sup> de déchets avaient déjà été stockés.

L'édition 2015 de l'inventaire national des matières et déchets radioactifs indique que, jusqu'au démantèlement de l'ensemble des installations nucléaires existantes en France, un total 2 200 000 m<sup>3</sup> de déchets TFA seraient produits<sup>5</sup>. Du fait qu'il se rapporte à des prévisions portant sur plusieurs décennies, ce chiffre est nécessairement entaché d'incertitudes.

Face à ces prévisions, il est apparu nécessaire de rechercher et mettre en œuvre diverses optimisations conduisant à réduire le volume final à stocker. L'Andra a par exemple optimisé ses alvéoles, ce qui permettra, sous réserve d'autorisation préfectorale, de porter la capacité administrative du Cires à 900 000 m<sup>3</sup> à superficie égale<sup>6</sup>. Ces optimisations ne suffiront toutefois pas à répondre au besoin à terminaison, et il conviendra, à terme, d'envisager la création d'un autre centre de stockage TFA.

### 2.2.1.3 Équipements de traitement des déchets

Le CIREs dispose d'équipements permettant de traiter, préalablement à leur stockage, certains déchets dans une logique d'optimisation. Il s'agit entre autres :

- D'un bâtiment de tri-traitement des déchets des producteurs non-électronucléaires ;
- D'une installation de stabilisation/solidification d'effluents liquides ou de boues ;
- De deux équipements de compactage de déchets :
  - ✓ Une presse à balle pour les déchets industriels banals (DIB)
  - ✓ Une presse à paquets pour les déchets métalliques.



*Figure 4 : Big-bags après compactage et confinement dans une enveloppe vinyle thermo-soudée.*

Pour être acceptables sur la presse à balle, les déchets doivent être conditionnés en Grands Récipients à Vrac Souple (GRVS communément appelés big-bags) uniquement. Ces derniers peuvent contenir, par exemple :

- Des matières plastiques souples et rigides (limitation à 5% en masse de ces derniers) ;
- Des déchets cellulosiques (coton, tissus...) ;
- Des résines et filtres ;
- Du bois, dans une limite fixée à 10% en masse des colis.

Selon les données actuelles, 90 % des déchets admis à la presse à balle sont incinérables.

<sup>5</sup> Ce chiffre comprend les 380 000 m<sup>3</sup> de déchets déjà stockés.

<sup>6</sup> Schéma industriel pour la gestion des déchets TFA - PNGMDR 2013-2015

La figure ci-dessous illustre les volumes traités par la presse à balle depuis le début d'exploitation du Cires.

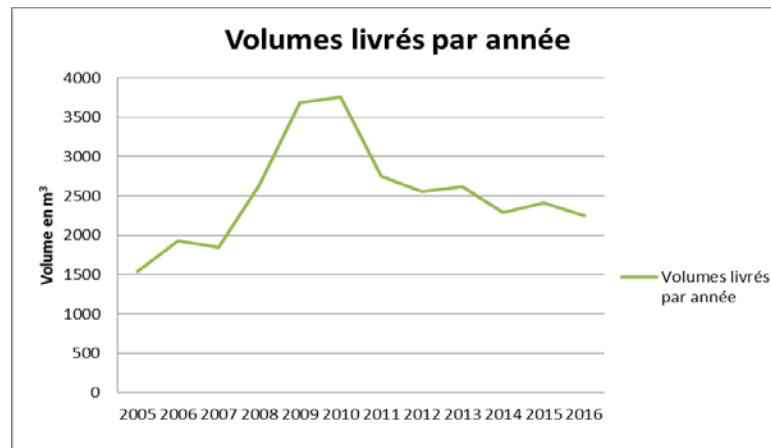


Figure 5 : Chronique des déchets livrés pour compactage à la presse à balle

En moyenne, 2500 m<sup>3</sup> sont traités annuellement avec un facteur de réduction de volume moyen de 3,2.

La densité finale des colis de déchets compactables, de 0,1 en entrée, est donc de l'ordre de 0,32 après compactage.

### 2.2.2 Le Centre de stockage des déchets FMA de l'Aube (CSA)

Le CSA (INB n°149), dédié aux déchets de faible et moyenne activité à vie courte, est en exploitation depuis le 13 janvier 1992.

Les déchets FMA sont immobilisés par un liant à l'intérieur de conteneurs qui peuvent être métalliques ou en béton. Les colis sont ensuite stockés dans des ouvrages en béton armé, qui seront recouverts d'une couverture étanche en fin d'exploitation.

La capacité volumique autorisée du CSA est d'un million de mètres cube. A fin 2016, environ, 30 % de cette capacité était consommée. Le CSA recevant environ 13 000 m<sup>3</sup> de déchets par an, sa saturation ne devrait pas intervenir avant au moins une cinquantaine d'années.



Figure 6 : Vue aérienne du Centre de Stockage de l'Aube

### 3. Évaluation du gisement de déchets TFA incinérables destinés au CIREs et possiblement réorientables vers CENTRACO

#### 3.1 Le retour d'expérience actuel

Entre 2010 et 2016, le flux moyen de déchets pouvant relever d'une incinération<sup>7</sup> reçus au Cires est évalué à environ 4300 m<sup>3</sup>/an. Cela inclut des colis transitant par la presse à balle, mais également des colis directement stockés en alvéole.

Cependant, ce flux moyen est appelé à diminuer dans le futur.

En effet, en l'état actuel des programmes de déconstruction des INB en France, la part de déchets de démantèlement n'a pas pesé significativement dans le bilan global des déchets produits entre 2010 et 2016. En revanche, cette part a vocation à augmenter progressivement dans les années à venir, avec à la clé une augmentation de la quantité de déchets non incinérables de types métaux, gravats, et terres. A contrario, les déchets d'exploitation, au sein desquels le vinyle, les tenues d'intervention, les gants et les surbottes sont plus représentés que dans les déchets de démantèlement, devraient diminuer en proportion.

**C'est pourquoi l'Andra estime plus pertinent d'élaborer l'inventaire prévisionnel des déchets TFA incinérables autrement qu'en extrapolant le flux annuel, ce qui conduirait à une trop large surévaluation.**

#### 3.2 L'inventaire prévisionnel des déchets incinérables

##### 3.2.1 Les prévisions globales

L'inventaire prévisionnel de départ est celui que l'Andra et les producteurs ont élaboré relativement récemment<sup>7</sup> (2014-2015). Selon cet inventaire, sur la période 2018 - 2073 (fin du parc actuel), environ 1,8 million de m<sup>3</sup> de déchets TFA, seront à stocker, soit un peu plus de 32 000 m<sup>3</sup>/an sur 56 ans.

C'est à ces prévisions que l'on affectera des ratios pour en déduire la fraction incinérable.

##### 3.2.2 L'évaluation de la part de déchets incinérables

L'Andra a examiné les caractéristiques des déchets TFA reçus entre 2010 et 2016 en provenance du site CEA de Grenoble.

Ce site a été choisi car, sur la période considérée, il a connu un grand chantier de démantèlement. La typologie des déchets issus de ce site est donc parmi les données de REX disponibles la plus représentative de celle qui devrait résulter des autres grands chantiers de démantèlement à venir en France.

Cet examen montre que **7,5 % de colis de déchets livrés par Grenoble étaient incinérables.**

**Répartition des volumes de déchets incinérables - Démantèlement du CEA Grenoble**

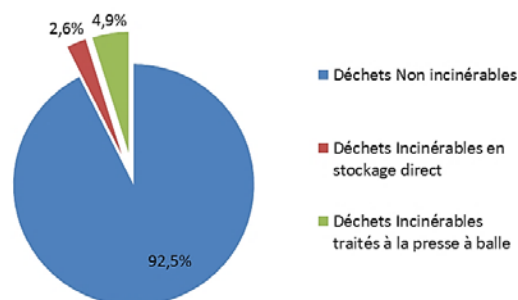


Figure 7 : Répartition des volumes de déchets sur la période 2010-2016 pour le CEA Grenoble

<sup>7</sup> Lorsqu'un producteur envoie un colis au CIREs, il en déclare préalablement à l'Andra, par voie informatique, un certain nombre de caractéristiques. Notamment, la nature physique des déchets est déclarée sous la forme de 2 caractères choisis dans une longue liste (extrait de la liste ci-dessous)

Code	Signification
A	Matières cellulosiques (coton, tissus)
B	Matières plastiques et caoutchouc
C	Déchets métalliques ferreux
W	Bois

Lorsqu'un colis contient plus de deux types de natures physiques différentes, ce sont les deux natures les plus représentées (en masse) qui sont déclarées.

Ainsi, un colis déclaré avec le code AC contient à la fois des déchets incinérables et non incinérables, alors qu'un colis déclaré BB, ou AW est a priori incinérable, mais peut aussi contenir une fraction minoritaire d'autres déchets non incinérables.

Lorsque les déchets incinérables n'ont pas transité par la presse à balle, c'est soit :

- Parce qu'ils étaient interdits à la presse (plastiques rigides, bois) ;
- Parce qu'ils étaient conditionnés autrement qu'en big-bags pour des raisons propres à l'exploitant (modes d'exploitation, organisation des zones de production et d'entreposage des déchets...).

### 3.3 Conclusion sur l'inventaire prévisionnel

In fine, la valeur retenue est issue de la démarche résumée dans le tableau ci-dessous.

Inventaire prévisionnel global des déchets TFA à stocker sur la période 2018-2073	Fraction de déchets incinérables	Volume annuel de déchets potentiellement réorientables vers CENTRACO
1 800 000 m <sup>3</sup> sur 56 ans Soit 32 000 m <sup>3</sup> /an	Retour d'expérience sur déchets de démantèlement 7,5 %	2 400 m <sup>3</sup> /an

**Commentaires sur la valeur de 2 400 m<sup>3</sup>/an :**

#### 1 - L'une des hypothèses est faiblement minorante

Les déchets incinérables conditionnés en mélange avec des déchets non incinérables (colis dits mixtes eu égard à leur code nature physique), n'ont pas été pris en compte dans l'inventaire des déchets potentiellement réorientables vers CENTRACO.

Ces colis, tels quels, ne seraient pas admis sur CENTRACO. Il faudrait les trier. Cependant, les producteurs insistent sur le fait qu'il ne leur serait pas toujours aisé de prévoir un tri, pour conditionner séparément les déchets incinérables et les déchets non incinérables. Cela tient à plusieurs raisons :

- La place disponible dans les installations ne permet pas forcément de prévoir un tri systématique à la source au moyen de plusieurs points de collecte pour les différentes catégories de déchets ;
- Un tri en aval du conditionnement augmenterait le risque d'accident (coupures, TMS, ...). De plus, cela obligerait les opérateurs à séjourner plus longtemps en zone, et donc alourdirait le bilan dosimétrique.

Cela dit, l'Andra constate que les volumes de déchets concernés par cette exclusion restent faibles, de sorte que l'inventaire serait assez peu augmenté si le choix avait été de retenir les colis mixtes (environ 10 % de volume supplémentaire, soit un flux annuel de l'ordre de 2600 m<sup>3</sup>).

#### 2 - Mais plusieurs hypothèses sont majorantes

L'inventaire total des déchets attendus sur la période 2018-2073 est lui-même probablement assez majorant. L'Andra observe régulièrement que les quantités de déchets réellement livrées sont inférieures aux prévisions.

De plus, cet inventaire prévisionnel global comprend les déchets TDN de Malvés, déchets non incinérables qui participent pour plus de 200 000 m<sup>3</sup> au volume total de déchets attendus sur la période. Par conséquent, affecter à la totalité de l'assiette un ratio de 7,5 % entraîne une nette majoration.

Il a été considéré que les colis considérés comme incinérables étaient tous possiblement réorientables vers CENTRACO, ce qui est majorant pour plusieurs raisons :

- Statistiquement, certains de ces colis contiennent forcément une petite part de déchets non incinérables, et ne seraient donc pas conformes aux spécifications d'entrée de CENTRACO7. Or, pour les raisons précitées, trier ces déchets pour en isoler la part non incinérable serait impossible selon les producteurs.

- Certains de ces déchets sont livrés au CIREs dans un emballage qui ne serait pas acceptable par CENTRACO, par exemple des casiers (figure 8). Il faudrait que le producteur conditionne d'emblée ces déchets selon les exigences de CENTRACO, ce qui pourrait ne pas être toujours faisable (en raison de l'exiguïté des locaux par exemple).
- Certains déchets incinérables pourraient ne pas satisfaire aux spécifications d'entrée de CENTRACO (excès de matières halogénées par exemple).

### Modes de conditionnement en % du volume stocké

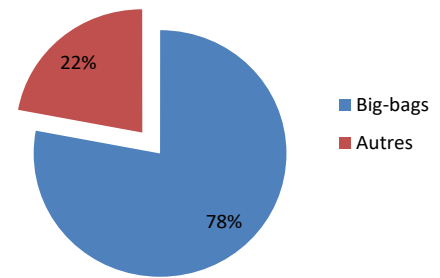


Figure 8 : Mode de conditionnement des déchets « incinérables »

### 3.4 Aspects radiologiques

L'analyse des données des colis déjà stockés au CIREs indique que 44 % des colis dits « incinérables » ont un indice IRAS inférieur à 0,1.

Malgré ce niveau d'activité initial relativement faible, les résidus d'incinération présenteront sans doute une activité massique incompatible avec un stockage au CIREs, pour deux raisons :

- Un effet de concentration, lié à l'incinération, qui fera que les résidus auront une activité massique très probablement supérieure aux limites d'acceptabilité du CIREs telles que définies aujourd'hui.
- Une incinération de déchets TFA sur CENTRACO conduirait à un mélange des résidus avec ceux issus de l'incinération de déchets FMA. Dans le cadre de cette étude, l'exploitant de CENTRACO a en effet souligné qu'il ne serait pas possible de fonctionner par campagne complètement séparée entre les déchets FA et les déchets TFA.

### Répartition en % de l'indice IRAS des déchets incinérables

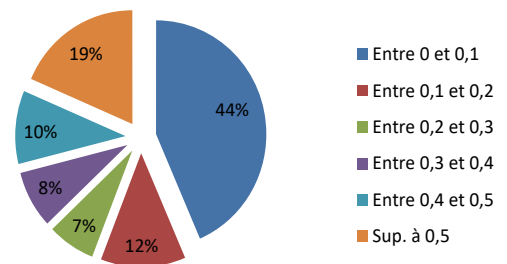


Figure 9 : Répartition en pourcentage de l'Indice Iras des colis de déchets dits « incinérables »

## 4. Analyse des filières sur les plans de la protection de l'environnement, de la santé des personnes et de la sécurité

Les calculs ont été effectués pour l'inventaire majorant de 2 400 m<sup>3</sup>/an de déchets incinérables.

Comme indiqué plus haut les deux scénarios étudiés s'appuient intégralement sur des installations existantes. Par ailleurs les volumes de déchets concernés sont faibles au regard des capacités de ces installations (cf. § 4.1). Par conséquent les indicateurs utilisés dans la suite se fondent en pratique sur des effets marginaux.

### 4.1 Deux scénarios de gestion des déchets incinérables

La comparaison porte sur les deux scénarios suivants :

**Scénario 1** : Les déchets incinérables sont conditionnés en big-bags et envoyés au CIRES, où ils sont traités par la presse à balle avec un facteur de réduction de volume de 3,2, puis stockés.

- Le scénario suppose donc que 100 % des déchets incinérables sont préalablement compactés, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui (40 % des incinérables sont stockés sans compactage, cf. § 3.1). Cela va se traduire par une légère surestimation des rejets en exploitation du CIRES dans la mesure où le compactage génère plus de rejets que le stockage direct. On considère par ailleurs que cette approximation est sans impact sur les bilans sécurité et radioprotection.

**Scénario 2** : Incinération des déchets TFA à l'incinérateur de SOCODEI, cimentation des résidus, transport de CENTRACO au CSA, stockage en ouvrages bétonnés.

- Pour ce scénario, on considère, selon le retour d'expérience de CENTRACO, un facteur de réduction de volume de 33 après cimentation des déchets. Cette valeur tient au fait que la densité initiale des déchets incinérables est de 0,1, ce qui est très faible, Cela conduit au stockage de 73 m<sup>3</sup>/an de déchets.

NB : En moyenne sur les 4 dernières années, 1 900 tonnes de déchets solides ont été incinérées par CENTRACO, pour une autorisation de 3 000 tonnes. Par conséquent, réorienter vers CENTRACO 240 tonnes de déchets solides (c'est-à-dire 2 400 m<sup>3</sup> à densité 0,1), serait faisable au plan réglementaire.

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 <sup>(1)</sup>
	Incinération des déchets TFA à CENTRACO
	Cimentation des déchets sur CENTRACO
Transport des déchets du site producteur vers le CIRES <sup>8</sup>	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

Tableau 1 : Scénarios d'étude comparative du bilan environnemental

<sup>8</sup> Le premier transport n'est pas pris en compte dans le bilan environnemental car il est commun aux deux scénarios.

## 4.2 Rejets associés aux deux scénarios

Chaque site met en œuvre annuellement un programme de surveillance environnementale approuvé par les autorités. Les contrôles sont effectués en continu ou par des prélèvements ponctuels. La démarche de suivi environnemental intègre entre autres :

- La surveillance atmosphérique (paramètres radiologiques et chimiques dans l'air ambiant) et des rejets gazeux ;
- La surveillance des rejets liquides de l'installation.

Les principaux indicateurs qui seront exploités sont :

- Pour l'air :
  - ✓ La contribution à l'effet de serre par les émissions de GES ;
  - ✓ Les émissions de poussières ;
  - ✓ Les émissions en polluants atmosphériques chimiques et radiologiques.
- Pour l'eau
  - ✓ La consommation d'eau potable ;
  - ✓ Les rejets en polluants chimiques et radiologiques et les indicateurs d'eutrophisation des eaux.

NB : Pour les ressources, on notera que la consommation en énergie primaire est suivie au travers des émissions de GES, et que ni l'un ni l'autre des scénarios comparés n'intègre de valorisation énergétique permettant d'éviter de consommer d'autres ressources.

### 4.2.1 Le mode de calcul du bilan des émissions

Faute d'informations suffisantes, le bilan des émissions de chaque installation est établi pour leur phase d'exploitation, et ne tient pas compte des phases de construction ni de démantèlement.

#### 4.2.1.1 Les centres de stockage de l'Andra

Le bilan comporte les postes suivants :

- Émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation d'énergie ;
- Émissions de polluants chimiques et radiologiques dans l'eau liées aux activités industrielles ;
- Émissions de polluants chimiques et radiologiques dans l'atmosphère liées aux activités industrielles ;
- Consommation en eau potable liée aux activités industrielles et aux activités générales du site (bureaux, gardiennage, restauration, etc.) ;
- Production de déchets dangereux conventionnels.

Ne sont pas pris en compte :

- Les spécificités des déchets incinérables par rapport aux autres déchets (les rejets sont calculés, selon une règle de proportionnalité sur les volumes, à partir du bilan environnement du stockage de l'ensemble des déchets réceptionnés annuellement ;
- Le transport des déchets incinérables des producteurs jusqu'au Cires dans le scénario 1 car il est équivalent au transport des déchets vers CENTRACO dans le scénario 2 ;
- Les émissions atmosphériques liées aux activités administratives du siège et du CSA (RH, comptabilité, étude et projet, laboratoire...).
- Pour le CIREs
  - ✓ Les émissions liées au creusement et à la pose de la couverture des alvéoles ;
  - ✓ Les émissions liées à la livraison de la grave pour le comblement des vides entre les colis de déchets dans les alvéoles de stockage. La mise en place de la grave dans l'alvéole par les engins est cependant prise en compte dans la consommation de carburant.



- Pour le CSA
  - ✓ Les émissions et la consommation d'eau liées à la réalisation des ouvrages de stockage et à la construction des installations de traitement ;
  - ✓ Les émissions et la consommation d'eau liées au bétonnage des ouvrages de stockage (de la production de béton à l'injection).
- Pour les deux centres, les phases de construction et de démantèlement
  - ✓ Les émissions liées à la production, au transport et à la distribution de gasoil, gasoil non routier et fioul ;
  - ✓ Les émissions liées aux déplacements domicile/travail du personnel Andra des CI2A et liées aux déplacements professionnels.

**Nota : Le bilan des rejets ne prend pas en compte la consommation de ressources « stockage » disponible sur les deux centres, mais celle-ci est prise en compte dans l'analyse multicritère.**

#### 4.2.1.2 CENTRACO

Le bilan de CENTRACO inclut :

- Les émissions de gaz à effet de serre liées à l'exploitation industrielle ;
- Les émissions de polluants chimiques et radiologiques dans l'eau ;
- Les émissions de polluants chimiques et radiologiques dans l'atmosphère ;
- La consommation d'eau eau potable.

Pour le flux de CO<sub>2</sub>, il est considéré que la moitié du flux est libéré par les déchets solides eux-mêmes au moment de l'incinération. Le reste provient des hydrocarbures utilisés par le four et les engins.

**NB :** Compte tenu de la co-incinération des solides et des liquides, il n'est pas possible d'imputer distinctement les polluants aux solides ou aux liquides, ce d'autant plus que la répartition entre les cendres, mâchefers, rejets gazeux et rejets liquides dépend de la forme chimique du polluant.

Il a été considéré que la charge minérale des liquides représente 10 % de leur tonnage. L'évaluation a donc été faite en proportion sur la masse de déchets solides traités et 10% du tonnage des liquides.

#### **Exclusions :**

- Le transport des déchets incinérables des producteurs jusqu'à l'incinérateur, comme dans le scénario 1. En revanche le transport des déchets de CENTRACO vers le CSA est intégré au scénario 2 car il s'agit bien d'un transport supplémentaire ;
- Les émissions liées à la construction des installations et au démantèlement, comme dans le scénario 1 ;
- Les émissions liées au bétonnage des colis ;
- Les émissions liées aux déplacements domicile/travail du personnel et les déplacements professionnels ;
- Les déchets dangereux conventionnels produits.

Du point de vue des rejets radiologiques on considère une répartition du tritium de 75 % dans les gaz et 25 % dans les liquides.

**Le caractère limité des bilans, dû aux exclusions listées ci-dessus, est inhérent à la difficulté intrinsèque de ce type d'exercice. Compte tenu des données disponibles, le résultat ne fournit pas un bilan environnemental sur le cycle de vie complet des installations, mais un bilan partiel sur la base de leurs émissions et au travers d'une année d'exploitation.**

**Cette comparaison n'apporte donc qu'une vision macroscopique, et plutôt qualitative.**

#### 4.2.2 **Bilan comparatif des rejets**

Une analyse comparative des rejets annuels consécutifs au stockage au CIRES de 2 400 m<sup>3</sup> de déchets et de ceux résultant de l'incinération par CENTRACO d'une quantité équivalente puis au stockage des résidus sur le CSA a été effectuée.

Il en ressort les enseignements suivants :

- Sans surprise, l'incinération génère davantage de gaz à effet de serre (GES) que le stockage direct (facteur 100) du fait :
  - ✓ De la combustion des déchets ;
  - ✓ D'un transport supplémentaire (de CENTRACO vers le CSA) ;
  - ✓ de l'absence de valorisation énergétique, qui ne permet pas de compenser les rejets par une économie équivalente en CO<sub>2</sub><sup>9</sup>.
- Du point de vue des rejets atmosphériques (hors GES)
  - ✓ Le scénario incinération est plus pénalisant vis-à-vis des polluants chimiques ou radiologiques.
- Du point de vue des rejets aqueux :
  - ✓ Les rejets en composés chimiques des deux scénarios se distinguent peu ;
  - ✓ Les rejets en tritium sont supérieurs dans le scénario incinération, mais il s'agit d'un biais consécutif au mode de calcul. Ces estimations étant basées sur un prorata à partir de l'ensemble des déchets traités sur l'année, elles intègrent les rejets tritium liés à l'incinération des liquides, qui sont en général beaucoup plus chargés en H3 que les solides.
- La consommation en eau est très supérieure à CENTRACO par rapport au stockage (facteur 100).

**Du fait principalement des émissions atmosphériques, notamment en GES, et de la forte consommation en eau, les rejets du scénario 2 « incinération » sont plus importants que dans le scénario « stockage ».**

Cette constatation est issue d'une comparaison directe entre scénarios, qui n'a qu'une pertinence limitée. En valeur absolue, on peut constater que les rejets de CENTRACO restent largement conformes aux autorisations fixées par l'Autorité<sup>10</sup>.

### 4.3 Comparaison des scénarios au plan de la santé des personnes

L'impact sanitaire du CIRES, du CSA, ou de CENTRACO n'est pas mesurable. Il n'est donc pas possible de les comparer directement sur ce plan.

On ne peut aborder cette comparaison des effets potentiels qu'au travers de deux indicateurs :

- Les rejets en exploitation ;
- La dosimétrie des travailleurs.

Les effets sanitaires à long terme ne sont pas pris en compte ici, mais le seront dans l'analyse multicritère présentée plus loin.

#### Impact des rejets

Les centres de stockage, ainsi que CENTRACO, sont soumis à des autorisations de rejets délivrées par les autorités après une démonstration de l'acceptabilité des impacts associés. En pratique, les émissions réelles des installations restent très inférieures aux autorisations de rejets. **Il apparaît difficile de distinguer les deux scénarios sur ce plan.**

#### Impact dosimétrique

Les informations qui suivent sont extraites :

- Du bilan de l'hygiène, de la sécurité et des conditions de travail des centres industriels de l'Andra dans l'Aube - Année 2014 à 2016 ;
- Du rapport d'information 2016 de CENTRACO.

<sup>9</sup> On notera cependant que l'incinération des solides fournit, dans certains cas, l'apport calorifique nécessaire à l'incinération des liquides aqueux, ce qui constitue une optimisation en évitant l'utilisation d'un carburant.

<sup>10</sup> Rapport d'information CENTRACO 2016  
[http://www.socodei.fr/fileadmin/Docs\\_a\\_telecharger/documents\\_generiques/SOCODEI-rapport-2016.pdf](http://www.socodei.fr/fileadmin/Docs_a_telecharger/documents_generiques/SOCODEI-rapport-2016.pdf)

Les chroniques ci-dessous correspondent à la dosimétrie opérationnelle des sites, toutes activités confondues :

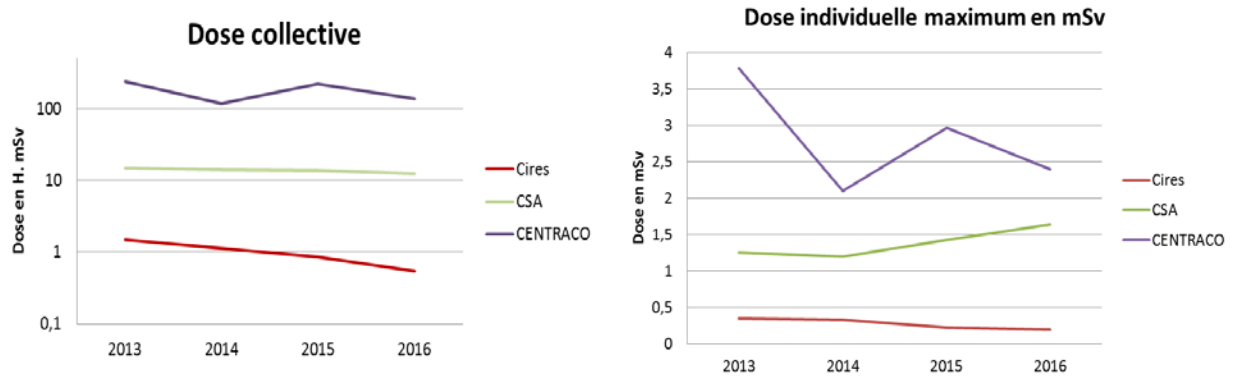


Figure 10 : Chroniques des doses collectives et doses individuelles maximum des différents sites

Ces bilans appellent les commentaires suivants :

- Pour CENTRACO le bilan inclut les activités liées au four de fusion. De plus, et surtout, on rappelle que CENTRACO est d'abord une installation dédiée au traitement de déchets FMA. Ainsi, réorienter vers cette installation 2 400 m<sup>3</sup> de déchets TFA initialement destinés au CIRES **ne se traduirait pas par une augmentation significative du bilan dosimétrique de l'installation, qui resterait satisfaisant.**
- Une légère augmentation du bilan dosimétrique global pourrait toutefois être constatée du fait des opérations de tri préalables à l'incinération.
- Pour le CIRES, les bilans incluent l'activité regroupement et entreposage des déchets des petits producteurs, nettement plus dosante que l'activité de stockage. Réorienter 2 400 m<sup>3</sup> de déchets vers CENTRACO ne diminuerait qu'à la marge un bilan dosimétrique déjà extrêmement faible, **et ne constituerait pas en soi un argument fort en faveur de cette réorientation.**

Il ressort par conséquent qu'au plan de la dosimétrie, la comparaison des deux scénarios ne permet pas de distinguer nettement l'avantage apporté par l'un ou l'autre des deux scénarios.

#### 4.4 Comparaison des scénarios au plan de la sécurité

Les chroniques ci-dessous présentent les indicateurs « taux de fréquence » et « taux de gravité » des deux installations, et les comparent aux statistiques nationales du Comité Technique de la Métallurgie<sup>11</sup> :

- Le taux de fréquence est un indicateur qui correspond au nombre d'incidents survenus au regard du nombre d'heures travaillées ;
- Le taux de gravité est un indicateur qui correspond au nombre de jours perdus par rapport au nombre d'heures travaillées.

<sup>11</sup> L'Andra et Socodei sont deux sociétés rattachées à la convention de la Métallurgie

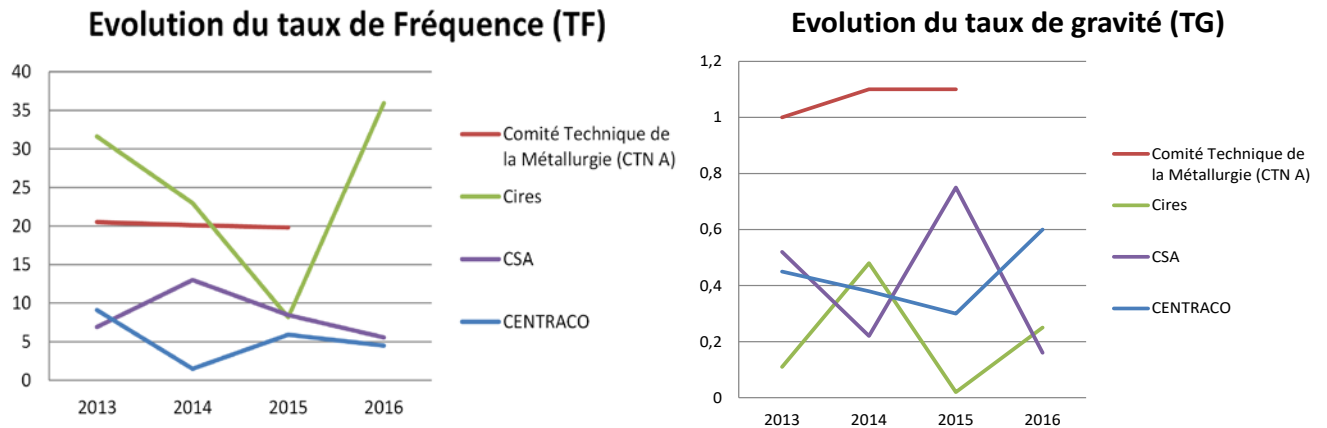


Figure 11 : Comparaison des indicateurs sécurité des sites<sup>12</sup>

On constate que la fréquence et la gravité des accidents survenant au CSA et à CENTRACO sont plus faibles que la moyenne nationale. Quant au CIRES, si le TF est supérieur à la moyenne, le TG lui est en revanche inférieur.

Il faut cependant rester prudent dans l'interprétation de ces graphiques qui ne fournissent que des chiffres bruts. En toute rigueur, pour le scénario « incinération » il faudrait cumuler les indicateurs de CENTRACO et du CSA, au prorata des heures travaillées, et tenir compte du transport supplémentaire nécessaire pour acheminer les déchets de CENTRACO au CSA.

De plus, le tri préalable à l'incinération constitue une source de risque supplémentaire.

**In fine, il ne paraît pas justifié de réorienter des volumes de déchets de l'une vers l'autre des installations dans le seul but d'améliorer, au plan global, la sécurité des travailleurs.**

<sup>12</sup> A la date de rédaction du présent document, les statistiques CTN métallurgie ne sont pas disponibles pour l'année 2016.

## 5. Analyse multicritère comparative des scénarios de traitement et de prise en charge des déchets dits « incinérables »

### 5.1 Présentation des critères

La liste de critères présentée ci-dessous s'inspire du guide inter-exploitants relatif à la prise en compte des meilleures techniques disponibles en matière de gestion des déchets nucléaires. La liste initiale de critères a été légèrement adaptée pour mieux répondre au but recherché dans le cadre de la présente étude. Par exemple, deux critères ont été ajoutés quant à l'impact des installations en exploitation ou à long-terme.

Les 11 critères de comparaison ont été regroupés en 4 groupes. Chaque critère est noté de 1 à 4, le caractère favorable du scénario augmentant avec la valeur. Afin d'éviter de porter des jugements généraux sur l'incinération ou sur le stockage, la notation a été faite de manière relative entre les scénarios et non de manière absolue.

- Critères techniques
  1. Procédé utilisant des techniques produisant peu de déchets induits en exploitation
  2. Procédés, équipements ou modes d'exploitation comparables, qui ont été expérimentés avec succès à une échelle industrielle (maturité industrielle)
  3. Progrès techniques et évolution des connaissances scientifiques (meilleures techniques disponibles pour le procédé)
- Critère sanitaire
  4. Impact en exploitation - Nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact global en exploitation – Notation basée sur la radioprotection des travailleurs (§4.2)
- Critère sécurité
  5. Nécessité de prévenir les accidents et d'en réduire les conséquences sur l'environnement - Notation basée sur les indicateurs sécurité des sites (§4.2)
- Critères environnementaux
  6. Nature, effets et volume des émissions concernées (§4.1)
  7. Consommation et nature des matières premières (y compris l'eau) utilisées dans le procédé et l'efficacité énergétique (§4.1)
  8. Impact du procédé sur l'exutoire : disponibilité et préservation de la capacité de stockage
  9. Dangereusité globale du déchet : Impact long terme (aspect chimique et aspect radiologique)
  10. Utilisation de substances moins dangereuses (§4.1)
  11. Développement des techniques de récupération et de recyclage des substances émises et utilisées dans le procédé et des déchets, le cas échéant.

### 5.2 Résultats et synthèse de l'analyse multicritère

L'analyse multicritère est détaillée en Annexe 1.

#### 5.2.1 Comparaison des deux scénarios sur le plan technique

Que ce soit le stockage ou l'incinération, les deux procédés et modes d'exploitation reposent respectivement sur des technologies éprouvées. Par contre l'incinération de déchets est une technologie qui produit plus de déchets induits nucléaires et conventionnels en exploitation.

### 5.2.2 Comparaison des deux scénarios sur le plan de l'impact sanitaire

Cf § 4.3 : au plan de la dosimétrie des travailleurs (impact en exploitation), les différences entre les deux filières ne sont pas significatives compte tenu des niveaux d'expositions rencontrés.

### 5.2.3 Comparaison des deux scénarios sur le plan de la sécurité

Cf § 4.4 : au plan de la sécurité, on peut considérer qu'au bilan, les deux scénarios ne se distinguent pas.

### 5.2.4 Comparaison des deux scénarios sur le plan de l'environnement

Les installations que sont les centres de stockage ou CENTRACO sont soumises à des autorisations de rejets strictes, délivrées par les autorités après démonstration par l'exploitant de l'acceptabilité des impacts associés.

Elles mettent en œuvre les meilleures techniques disponibles de limitation des émissions, et, de fait les émissions réelles de ces installations restent très inférieures à leur autorisation de rejets. Les deux scénarios ne se distinguent pas sur ce plan.

Au regard des critères environnementaux étudiés, il ressort que la filière incinération se distingue :

- Par sa contribution à l'effet de serre du point de vue des émissions de GES et, d'une manière générale, par ses rejets atmosphériques ;
- Par sa consommation en eau.

De plus, la filière incinération ne bénéficie pas des impacts évités qui pourraient être le fait de la valorisation énergétique et de la valorisation matière des résidus d'incinération. Ce point est néanmoins à relativiser compte tenu du faible volume de déchets concerné et donc de la faible valeur calorifique globale.

A la différence du stockage, la filière incinération présente deux avantages :

- Elle réduit significativement la quantité de déchets à stocker,
- Elle confère une forme physico-chimique plus stable aux déchets du fait de la minéralisation.

A noter que les déchets issus de l'incinération, dont l'activité massique est concentrée par ce procédé, sont stockés au CSA.

L'impact environnemental en matière d'aménagement de l'espace, de biodiversité et du milieu naturel sont équivalents dans les deux scénarios car les scénarios étudiés reposent sur des installations existantes sans en modifier les caractéristiques (concernant le site de stockage, les volumes considérés sont faibles au regard de ses capacités et ne pèsent que marginalement sur la sensibilité de l'environnement à l'implantation du site).

### Synthèse de l'analyse multicritère

La synthèse est présentée ci-dessous, critère par critère (à gauche) ou regroupés suivant 4 groupes de critères (à droite).

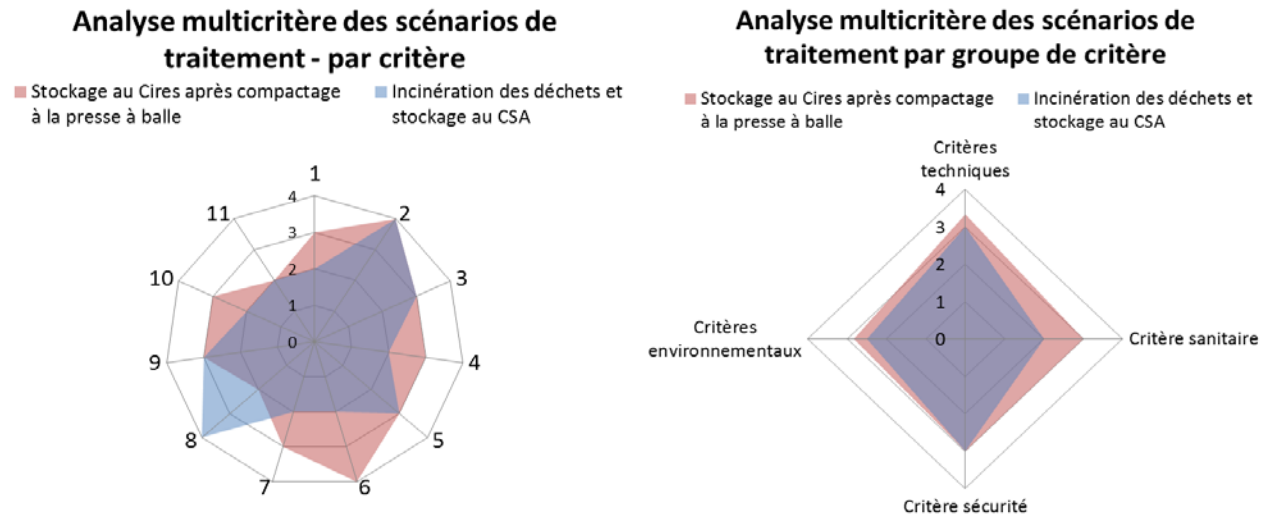


Figure 12 : Synthèse de l'analyse multicritère des scénarios de traitement des déchets dits « incinérables »

Au-delà de ces graphiques, il faut retenir que seuls les critères 6 (rejets évités) et 8 (préservation de la ressource stockage) opposent véritablement les deux options.

Sur les autres critères, les différences de notation entre les deux scénarios ne signifient pas que l'une soit à privilégier, les deux options sont satisfaisantes, de sorte qu'il ne serait pas justifié de retenir une option plutôt que l'autre sur la base de ces seuls critères.

## 6. Conclusion

Les prévisions de production de déchets TFA, réactualisées régulièrement par l'Andra et les producteurs, montrent que la capacité de stockage du CIREs sera dépassée à l'horizon d'une vingtaine d'années.

Même s'il paraît inévitable d'envisager, à terme, un second centre de stockage TFA, la bonne pratique reste d'explorer toutes les pistes qui permettraient de réduire les volumes de déchets à stocker. Dans cette optique, et à la demande du PNGMDR, la présente étude a évalué l'intérêt, au plan de la santé des personnes, de la sécurité, et de l'environnement, de rediriger vers l'installation CENTRACO les déchets TFA incinérables destinés au stockage direct ; les résidus d'incinération, devenus FMA, étant ensuite stockés au CSA.

L'inventaire des déchets concernés a été évalué, **de façon majorante**, à 2 400 m<sup>3</sup>/an, soit, compte tenu de la faible densité intrinsèque des déchets incinérables, environ 240 t/an. A titre d'information, cela représente un volume stocké inférieur à 1400 m<sup>3</sup>/an après compactage.

La première conclusion de l'étude est que, compte tenu des facteurs de réduction de volume procurés par le compactage au CIREs, les volumes de stockage économisés par une incinération représenteraient **moins de 5 %** du flux annuel moyen de 30 000 m<sup>3</sup>/an.

En matière de sécurité et de dosimétrie, les centres de stockage de l'Andra, aussi bien que l'incinérateur de CENTRACO, offrent des bilans globalement satisfaisants. Ces derniers ne seraient pas notablement modifiés, ni dans un sens ni dans l'autre, si quelques milliers de m<sup>3</sup> de déchets TFA incinérables étaient réorientés du stockage vers l'incinération. Au-delà des écarts ponctuels illustrés par l'analyse multicritère, **il n'y a pas de justification à opérer cette réorientation dans le seul but de rechercher une amélioration dans ce domaine.**

Il en va de même au plan de la santé des populations. Le CIREs, le CSA, et CENTRACO mettent en œuvre les meilleures techniques disponibles de réduction des émissions et, de fait, celles-ci restent très inférieures à leur autorisation de rejets. CENTRACO continuerait à respecter ses autorisations même en incinérant 240 tonnes de déchets supplémentaires par an, soit de l'ordre de 5 % des tonnages traités aujourd'hui. Là encore, les scénarios ne se démarquent pas.

**Enfin, la comparaison des bilans environnementaux ne livre pas non plus de conclusion forte. Le bilan de la filière incinération fait apparaître une consommation d'eau et des rejets atmosphériques plus élevés. De plus, ces émissions ne sont pas compensées par une valorisation énergétique ou un recyclage des résidus d'incinération. En contrepartie, les principaux intérêts de l'incinération sont de réduire le volume de déchets ultimes envoyés en stockage, et d'améliorer la forme physico-chimique des déchets à stocker. Quant à l'option stockage, elle présente un résultat inverse : des émissions plus faibles, mais une consommation de la ressource stockage plus importante.**

Ainsi, l'analyse multicritère (techniques, environnementaux, sanitaires et de sécurité) montre que la solution stockage pour les déchets TFA est dans une faible mesure plus favorable que l'incinération. Dans les faits, quel que soit le scénario, les émissions réelles associées aux installations restent très inférieures à leur autorisation de rejets.



## Annexe 1 : Analyse multicritère des scénarios de gestion des déchets TFA incinérables

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 important
	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

### Légende

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



AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION  
DES DÉCHETS RADIOACTIFS

1-7, rue Jean-Monnet  
92298 Châtenay-Malabry cedex

[www.andra.fr](http://www.andra.fr)