

TRANSPORT DE DECHETS RADIOACTIFS VITRIFIES DE MOYENNE  
ACTIVITE ISSUS DU RETRAITEMENT DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE,  
DEPUIS LA FRANCE VERS LA BELGIQUE



## Table des matières

<b>1</b>	<b>CONTEXTE</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ORIGINE D'UN ELEMENT DE COMBUSTIBLE NUCLEAIRE USE</b> .....	<b>8</b>
	PRODUCTION D'ELECTRICITE D'ORIGINE NUCLEAIRE EN BELGIQUE .....	8
	UN ELEMENT COMBUSTIBLE AU CŒUR D'UNE CENTRALE NUCLEAIRE .....	8
<b>3</b>	<b>LA GESTION D'UN ELEMENT COMBUSTIBLE APRES IRRADIATION DANS LE REACTEUR</b> ..	<b>9</b>
	EVACUATION DIRECTE .....	9
	RETRAITEMENT .....	9
<b>4</b>	<b>DECHETS VITRIFIES DE MOYENNE ACTIVITE : CSD-B</b> .....	<b>11</b>
	PROCEDE D'ELABORATION DES CSD-B .....	11
	GARANTIR LA QUALITE ET LA SURETE AVANT, PENDANT ET APRES LA PRODUCTION .....	13
<b>5</b>	<b>TRANSPORT DES DECHETS CSD-B ENTRE LA FRANCE ET LA BELGIQUE</b> .....	<b>15</b>
	GARANTIR LA SURETE DU TRANSPORT AVANT DEPART .....	15
	LE TRANSPORT .....	15
	L'EMBALLAGE DE TRANSPORT TN28VT.....	16
	CADRE REGLEMENTAIRE DES EMBALLAGES DE TRANSPORT DE MATIERE RADIOACTIVE .....	17
<b>6</b>	<b>ENTREPOSAGE TEMPORAIRE DES DECHETS</b> .....	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>GESTION A LONG TERME DES DECHETS DE HAUTE ET MOYENNE ACTIVITE ET DE LONGUE DUREE DE VIE EN BELGIQUE</b> .....	<b>20</b>

Si vous souhaitez de plus amples renseignements,  
veuillez contacter :

### **Belgoprocess**

**Bart Thieren**

Gravenstraat 73

2480 DESSEL,

BELGIQUE

Tél. +32 14 33 40 30

Fax +32 14 33 40 99

GSM +32 478 20 14 17

[bart.thieren@belgoprocess.be](mailto:bart.thieren@belgoprocess.be)

### **ONDRAF**

**Evelyn Hoof**

Avenue des Arts, 14

1210 BRUXELLES,

BELGIQUE

Tél. + 32 2 212 10 94

Fax + 32 2 212 10 40

Gsm + 32 475 60 25 04

[e.hoof@nirond.be](mailto:e.hoof@nirond.be)

### **SYNATOM**

**Luc Janssen**

Bld Simon Bolivar 34

1000 BRUXELLES,

BELGIQUE

Tél. + 32 2 505 07 44

Fax + 32 2 505 07 90

Gsm + 32 477 74 08 80

[luc.janssen@synatom.com](mailto:luc.janssen@synatom.com)

Ce document a pour but de donner plus d'informations sur :

- le **contexte** du recyclage/retraitement du combustible usé en Belgique ;
- l'origine des déchets issus du retraitement et plus particulièrement les **déchets vitrifiés de moyenne activité « CSD-B »**, prévus d'être rapatriés en Belgique en 2017 ;
- les **modalités** prévues pour assurer la sûreté des transports.

## 1 Contexte

SYNATOM, filiale d'ENGIE Electrabel, est chargée de la gestion du combustible pour les centrales nucléaires belges.

Depuis les premiers développements de l'énergie nucléaire en Belgique, le secteur privé a travaillé en étroite collaboration avec le secteur public et en concertation permanente avec les autorités belges. La politique de gestion du cycle du combustible est développée par SYNATOM conformément aux décisions politiques successives en la matière.

Ainsi, SYNATOM s'est orientée dans les années 70 vers une stratégie de retraitement pour une partie du combustible nucléaire usé. Elle a signé des contrats avec AREVA<sup>1</sup> pour le retraitement de 671,8 tonnes de combustible usé sur son site situé à La Hague en France. AREVA a signé des contrats similaires avec d'autres clients localisés au Japon, en Allemagne, en Suisse et aux Pays-Bas.

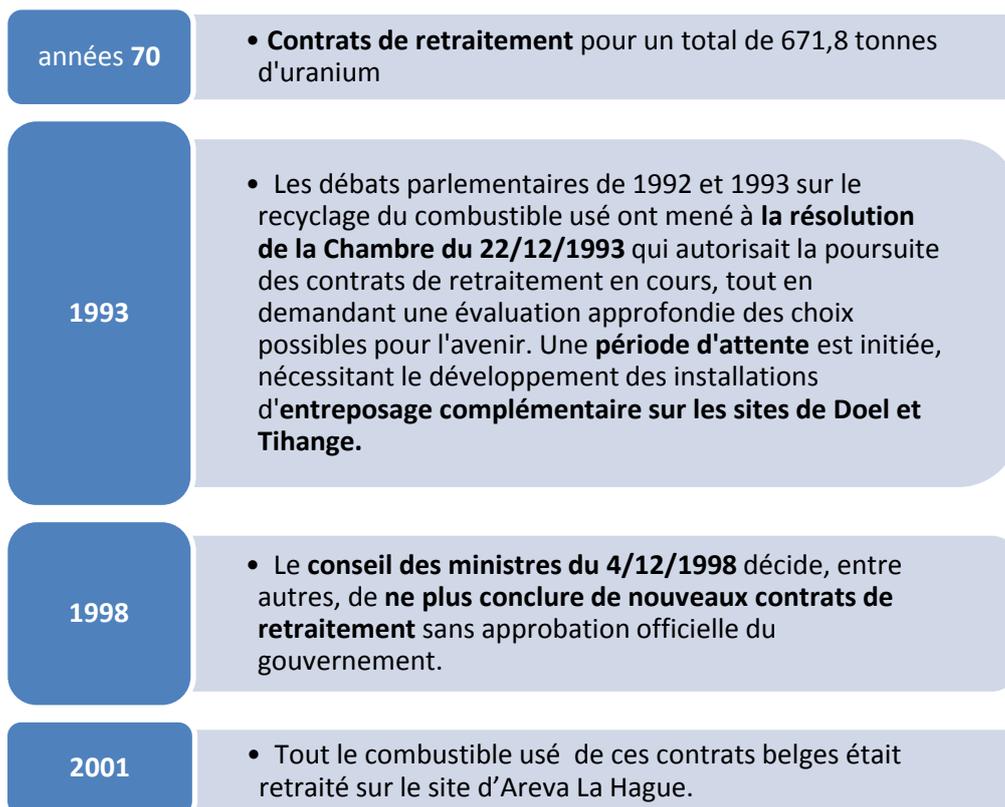
Cependant, dans les années 90, le gouvernement belge a suspendu le retraitement en cours afin d'analyser les deux options possibles de gestion du combustible :

1. le retraitement du combustible usé ;
2. le stockage direct du combustible usé.

La chronologie ci-dessous résume les jalons historiques de la gestion du combustible usé en Belgique.

---

<sup>1</sup> anciennement COGEMA



*Figure 1 : Jalons historiques de la gestion du combustible usé en Belgique*

Suite à la résolution de la Chambre de 1993, SYNATOM a développé des solutions d'entreposage temporaires du combustible usé sur les sites des centrales de Doel et Tihange, qui laissent les deux options de gestion ouvertes.

La Figure 2 montre la différence entre les technologies d'entreposage temporaire utilisées pour le site de Doel (entreposage à sec) et Tihange (entreposage sous eau).

Afin d'assurer l'entreposage des assemblages usés dans les réacteurs belges, des bâtiments d'entreposage supplémentaires sont prévus à l'horizon 2022. La technologie retenue est celle utilisée à Doel : l'entreposage à sec.



***Doel - entreposage à sec***

*L'entreposage temporaire du combustible usé se fait dans des conteneurs conçus à cet effet.*



***Tihange - entreposage humide***

*L'entreposage temporaire du combustible usé se fait dans une piscine commune aux trois unités du site.*

*Figure 2 : Entreposage temporaire à Doel et à Tihange*

Les matières valorisables issues du retraitement, c'est-à-dire l'uranium et le plutonium, ont été réutilisées pour la production d'électricité. Les matières non valorisables ont été conditionnées dans trois différents types de déchets :

1. déchet vitrifié de haute activité (CSD-V) ;
2. déchet compacté de moyenne activité (CSD-C) ;
3. déchet vitrifié de moyenne activité (CSD-B)<sup>2</sup>.

Les obligations commerciales prévoient également le transport de ces déchets vers la Belgique en vue de leur gestion ultérieure. Les déchets sont conditionnés dans des conteneurs en inox scellés (voir Figure 3).



*Figure 3 : Conteneur utilisé pour les déchets vitrifiés et compactés*

<sup>2</sup> CSD = Conteneur Standard de Déchet  
-V = Vitrifié ; -C = Compacté ; -B = Boues et effluents de rinçage

Les déchets CSD-V et CSD-C ont déjà été rapatriés en Belgique entre 2000 et 2013. Seuls les déchets CSD-B doivent encore être rapatriés depuis le site d'AREVA La Hague vers le site de Belgoprocess à Dessel. Ces transports sont prévus en 2017. La Figure 4 donne un résumé des transports de retour des déchets issus du retraitement des combustibles usés.

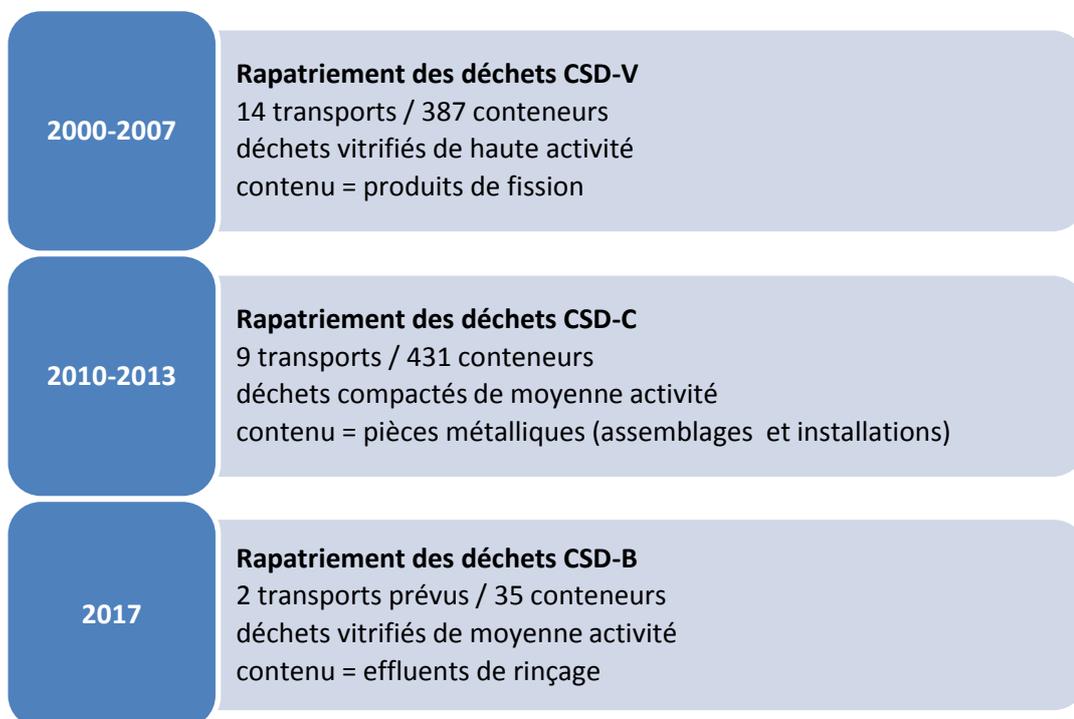


Figure 4 : Résumé des transports des déchets issus du retraitement

Les déchets déclarés conformes aux critères d'acceptation établis par l'ONDRAF sont rapatriés vers la Belgique. Ces transports sont effectués sous le couvert d'autorisations délivrées par les autorités compétentes. Les déchets rapatriés sont entreposés dans un bâtiment conçu à cet effet chez Belgoprocess (voir Figure 5), dans l'attente de leur gestion ultérieure.



Belgoprocess - entreposage CSD-V



Belgoprocess - entreposage CSD-C

Figure 5 : Entreposage des CSD-V et CSD-C chez Belgoprocess

## Les acteurs principaux

**Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN)**, un organisme public belge ayant pour mission de veiller à la protection efficace de la population, des travailleurs et de l'environnement contre les dangers des rayonnements ionisants.

[www.fanc.fgov.be](http://www.fanc.fgov.be)

**AREVA**, anciennement dénommée COGEMA, chargée du traitement / recyclage du combustible usé. [www.aveva.com](http://www.aveva.com)

**AREVA TN**, filiale d'AREVA chargée de la conception et de la fabrication d'emballages de transport et d'entreposage de matières nucléaires. Elle réalise, par ailleurs, les transports à toutes les étapes du cycle nucléaire. [www.aveva.com](http://www.aveva.com)

**Belgoprocess**, filiale de l'ONDRAF, est chargée du traitement et du conditionnement des déchets radioactifs produits en Belgique qui ne sont pas traités directement par les producteurs. Elle assure l'entreposage temporaire des déchets conditionnés dans l'attente d'une décision relative à leur destination finale. [www.belgroprocess.be](http://www.belgroprocess.be)

**Bureau Veritas**, un groupe international de services qui intervient, entre autres, pour évaluer la conformité et les certifications appliquées aux domaines de la qualité, de la sécurité, de la santé, de l'environnement et de la responsabilité sociale. Le groupe contrôle notamment les processus de production de l'usine d'AREVA à La Hague. [www.bureauveritas.com](http://www.bureauveritas.com)

**ENGIE Electrabel**, filiale du groupe ENGIE, est une entreprise privée active dans les métiers de la production d'électricité, la vente d'électricité et de gaz naturel et des services à l'énergie. Elle exploite un parc de production diversifié de 9600 MW, dont font partie les sept réacteurs belges des centrales de Doel et Tihange de (5900 MW).

<https://www.engie-electrabel.be>

**ONDRAF**, l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies, est l'organisme public chargé depuis 1980 d'assurer une gestion sûre des déchets radioactifs en Belgique, y compris la gestion des matières fissiles excédentaires et le déclassement des installations nucléaires désaffectées. Sous la surveillance des autorités compétentes, il coordonne et gère toute une série d'activités industrielles et de recherche effectuées par des tiers et visant à protéger les générations présentes et futures des dangers potentiels des déchets radioactifs. [www.ondraf.be](http://www.ondraf.be)

**SYNATOM**, la société belge des combustibles nucléaires, est une filiale d'ENGIE Electrabel chargée d'approvisionner les centrales nucléaires belges en uranium enrichi et de gérer les combustibles nucléaires usés déchargés des réacteurs jusqu'à la prise en charge définitive des déchets par l'ONDRAF. [www.synatom.com](http://www.synatom.com)

**TRANSNUBEL**, société belge qui fait partie du groupe ENGIE, est active dans le domaine des transports de matières nucléaires. Elle intervient comme sous-traitant d'AREVA TN pour le transport routier des déchets CSD-B sur le territoire belge.

[www.transnubel.be](http://www.transnubel.be)

## 2 Origine d'un élément de combustible nucléaire utilisé

### Production d'électricité d'origine nucléaire en Belgique

Les déchets CSD-B prévus d'être rapatriés en 2017 proviennent des assemblages de combustible irradiés dans les réacteurs nucléaires belges. La Figure 6 donne quelques chiffres clés du parc de production nucléaire en Belgique.



Figure 6 : Le parc de production nucléaire en Belgique

### Un élément combustible au cœur d'une centrale nucléaire

Dans une centrale nucléaire, le combustible nucléaire (= uranium obtenu après différentes étapes de transformation) est placé sous forme d'éléments combustibles (ou assemblages, voir Figure 7) dans le cœur du réacteur.

Ces éléments y séjournent trois à quatre ans pour produire de la chaleur qui est ensuite transformée en électricité. La Figure 8 schématise le fonctionnement d'une centrale nucléaire. Après son passage dans le réacteur, le combustible est retiré du cœur et entreposé quelques années dans la piscine prévue à cet effet de l'unité nucléaire (piscine de désactivation). La radioactivité et la puissance thermique résiduelle décroissent pendant cette période.



Figure 7 : Élément de combustible



Figure 8 : Fonctionnement schématisé d'une centrale nucléaire

### 3 La gestion d'un élément combustible après irradiation dans le réacteur

#### Évacuation directe

Si le combustible utilisé n'est pas retraité, il doit être conditionné en vue de sa gestion à long terme. Ce conditionnement se fait après la période d'entreposage temporaire sur site et a pour objectif d'assurer le confinement des radioéléments présents afin d'éviter leur dispersion et de permettre la manipulation aisée du conteneur au cours des étapes suivantes de sa gestion.

Le conditionnement devra se faire en fonction des résultats des travaux de recherche et développement que l'ONDRAF effectue en ce moment.

#### Retraitement

La composition d'un assemblage de combustible évolue pendant son séjour dans le réacteur. Après avoir été utilisé dans le réacteur, l'assemblage de combustible contient environ 4 % de matières non valorisables (produits de fission) et 96 % de produits valorisables (uranium et plutonium). Les 4 % produits de fission représentent environ 98 % de la radioactivité d'un assemblage irradié.

Le retraitement constitue la première étape du recyclage et permet de séparer, par voie chimique, les produits valorisables des déchets radioactifs contenus dans le combustible utilisé. Après cisailage de l'assemblage et dissolution du combustible, l'uranium et le plutonium sont séparés des déchets. L'uranium et le plutonium sont alors transformés afin de servir dans la fabrication de nouveaux éléments combustibles<sup>3</sup>.

Ce processus industriel de retraitement donne lieu à **trois types de déchets radioactifs** :

1. Les 4% produits de fission sont calcinés et incorporés à haute température dans une matrice de verre. Le tout est introduit dans un conteneur en acier

<sup>3</sup> UO<sub>2</sub> ou MOX ; MOX= Mixed oxide (mélange d'UO<sub>2</sub> et PuO<sub>2</sub>)

inoxydable.

→ déchets vitrifiés de haute activité ; CSD-V

2. Les éléments de structure métalliques constitutifs de l'assemblage sont quant à eux séchés, compactés puis introduits dans un conteneur en acier inoxydable.

→ déchets compactés de moyenne activité ; CSD-C

3. Les effluents de moyenne activité, provenant du procédé de retraitement (principalement des opérations de rinçage), sont conditionnés dans une matrice de verre et introduits dans un conteneur en acier inoxydable.

→ déchets vitrifiés de moyenne activité ; CSD-B

La technologie du retraitement est industriellement au point depuis les années 1950. La Belgique ne dispose pas d'usine de retraitement et a confié celui-ci à l'entreprise française AREVA qui a industrialisé le retraitement sur son site à La Hague.

**Les déchets qui vont être rapatriés vers la Belgique en 2017 sont des déchets vitrifiés de moyenne activité (CSD-B). Il s'agit des derniers déchets issus du retraitement de combustible provenant des centrales nucléaires belges encore présents à La Hague.**

## 4 Déchets vitrifiés de moyenne activité : CSD-B

### Procédé d'élaboration des CSD-B

Les déchets CSD-B sont constitués d'effluents issus notamment des opérations de rinçage des installations de retraitement.

Le principe de conditionnement des effluents de rinçage sous forme de CSD-B est basé sur :

- la calcination des solutions d'effluents (chauffer pour réduire le volume et enlever l'eau) ;
- la vitrification des calcinats (inclure les déchets dans une matrice de verre).

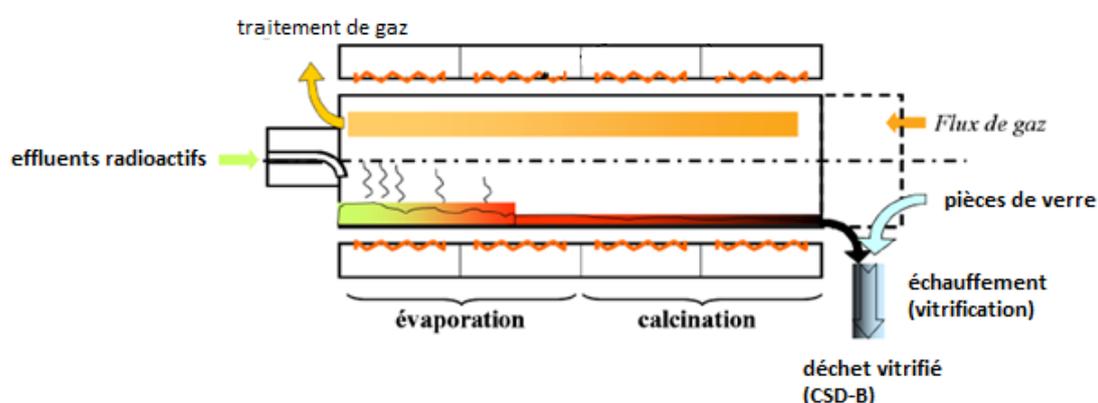


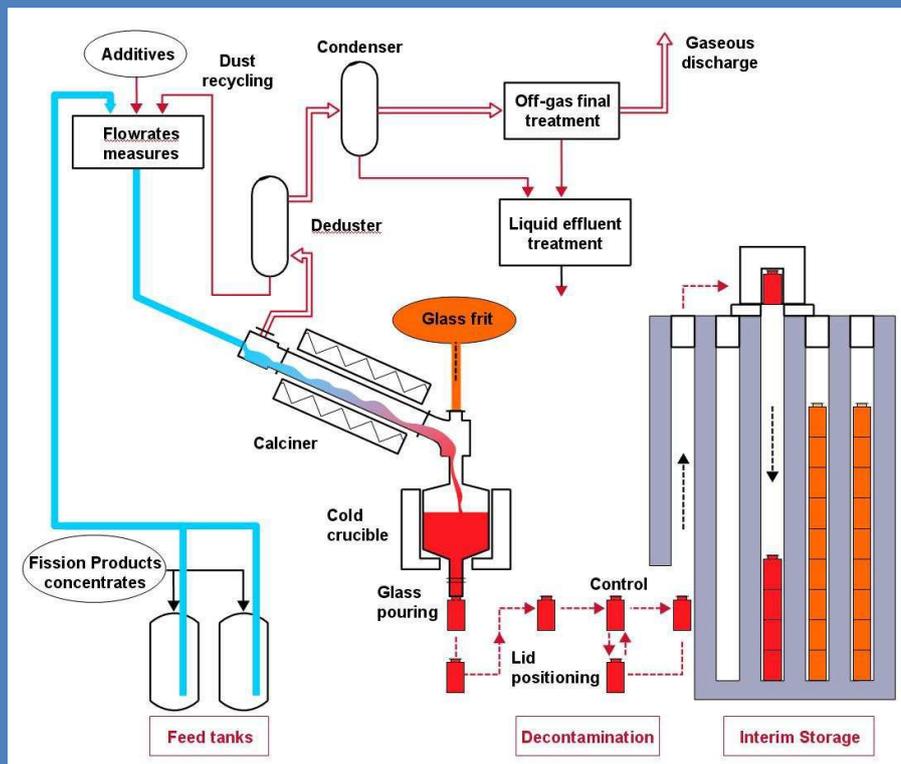
Figure 9 : Étape de calcination du procédé d'élaboration des CSD-B

### Un peu plus technique...

La calcination des solutions est effectuée dans un calcinateur ayant pour rôle d'évaporer l'eau, puis de sécher et de calciner les nitrates.

La fabrication du verre est effectuée de façon continue dans un creuset froid (« pot de fusion »), où sont mélangés le calcinat et le verre. La chauffe du creuset froid est assurée par un procédé d'induction directe à l'aide d'un générateur haute fréquence (« chauffer par des ondes électromagnétiques ») créant des courants électriques dans le verre, qui le chauffe et le fondent.

Lorsque la charge de verre à élaborer dans le creuset froid est atteinte, et que les conditions requises sont remplies, la coulée du verre dans le conteneur standard de déchet (CSD, conteneur en inox) est déclenchée par ouverture de la vanne de coulée. Le conteneur est rempli en plusieurs coulées.



### **Garantir la qualité et la sûreté avant, pendant et après la production**

Les déchets sont conditionnés selon des spécifications particulières approuvées par l'Autorité de sûreté nucléaire française. Ces spécifications ont également été approuvées par les autorités gouvernementales des pays qui ont envoyé leurs combustibles usés à retraiter à AREVA.

En ce qui concerne la Belgique, après examen des dispositions prises par AREVA pour assurer la qualité du produit, l'ONDRAF a délivré l'agrément de l'installation et du procédé de conditionnement. L'ONDRAF a également émis ses critères d'acceptation pour les différents déchets à rapatrier.

Afin de garantir que les déchets produits soient conformes aux spécifications, plusieurs parties interviennent pour valider la qualité des produits réalisés, comme exposé dans la Figure 10.

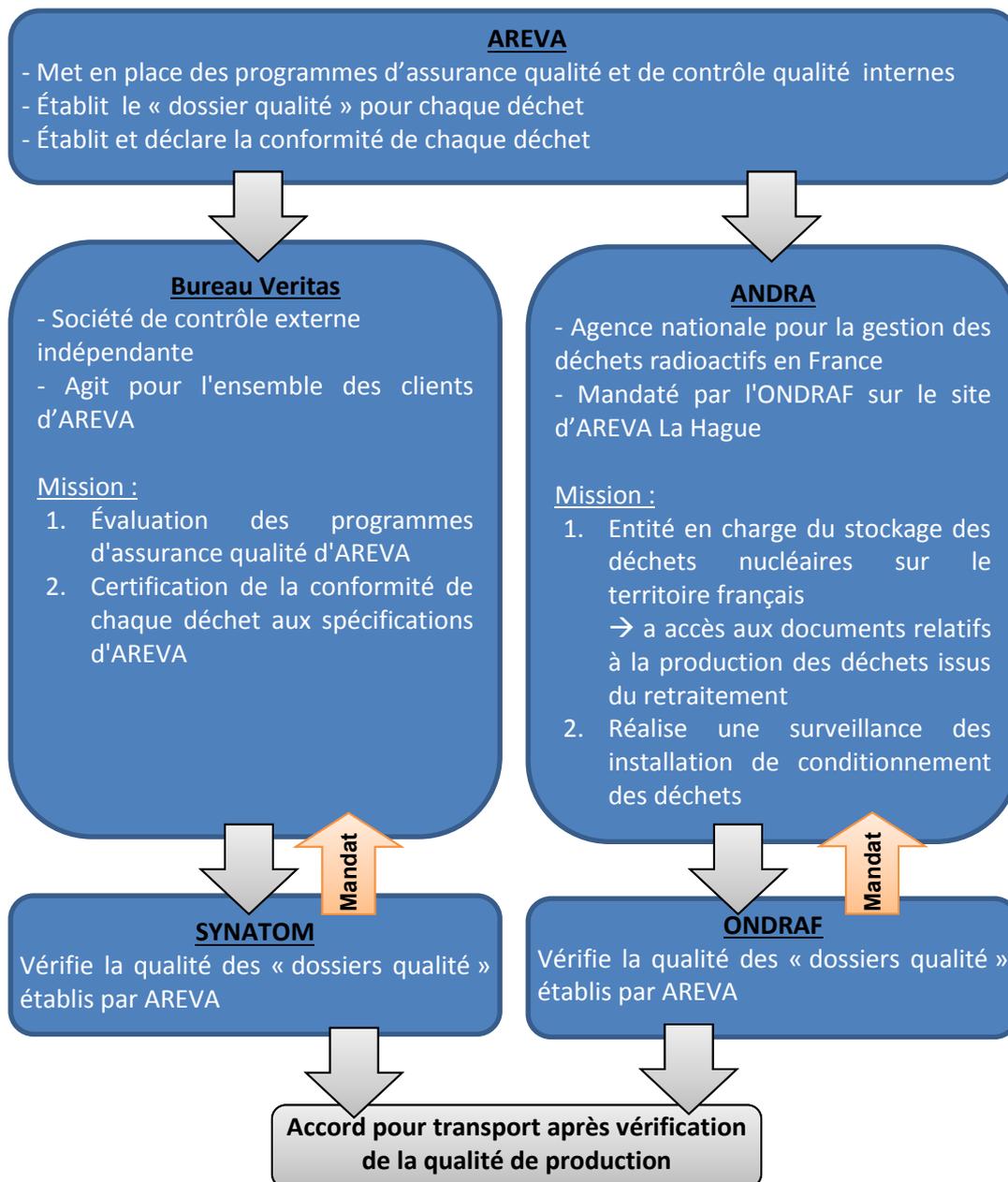


Figure 10 : Les différentes organisations qui interviennent dans le processus de contrôle de l'assurance de la qualité des déchets rapatriés en Belgique.

## 5 Transport des déchets CSD-B entre la France et la Belgique

### Garantir la sûreté du transport avant départ

Avant le transport d'un déchet, plusieurs contrôles sont effectués sur celui-ci dans un atelier spécifique du site AREVA La Hague. Le premier contrôle comprend une inspection visuelle et un contrôle de l'activité surfacique par AREVA. Le second contrôle est identique au premier, hormis qu'il se fait en présence du client (SYNATOM) et de l'ONDRAF. Si ces contrôles sont concluants, les déchets CSD-B sont ensuite chargés dans l'emballage de transport (voir § 4.3).

Une fois les déchets CSD-B chargés dans leur emballage de transport, celui-ci est inspecté afin de vérifier la conformité aux réglementations de transport : étanchéité de l'emballage, débit de dose (rayonnement) de l'emballage acceptable, contamination surfacique en deçà des limites réglementaires, etc.

Ces informations sont également vérifiées par le Bureau Veritas.

### Le transport

Après l'accord de SYNATOM et de l'ONDRAF, l'emballage est transporté vers Belgoprocess à Dessel où les déchets seront entreposés dans l'attente de leur destination définitive.



*Figure 11 : Les déchets CSD-B doivent être transportés de La Hague à Belgoprocess à Dessel*

L'ONDRAF est responsable du transport des déchets sur le territoire belge. Il surveille dans ce cadre la bonne préparation et exécution de ces transports, sous le contrôle permanent de l'AFCN, chargée de l'application de la réglementation concernant la sûreté des transports de matières radioactives.

L'ONDRAF a cependant autorisé Synatom à organiser le transport des déchets issus du retraitement du site d'AREVA La Hague vers le site de Belgoprocess. SYNATOM sous-traite, en accord avec l'ONDRAF, l'exécution du transport à AREVA TN.

### L'emballage de transport TN28VT

Les conditions de transport pour les déchets CSD-B sont identiques à celles pour les déchets CSD-V, rapatriés entre 2000 et 2007. Chaque transport sera composé d'un seul emballage de transport « TN28VT », qui peut contenir jusqu'à 28 conteneurs de déchets. Le TN28VT pèse environ 113 tonnes, a un diamètre d'environ 2,5 mètres et une longueur d'environ 6 mètres. La Figure 12 montre les composants les plus importants du TN28VT.

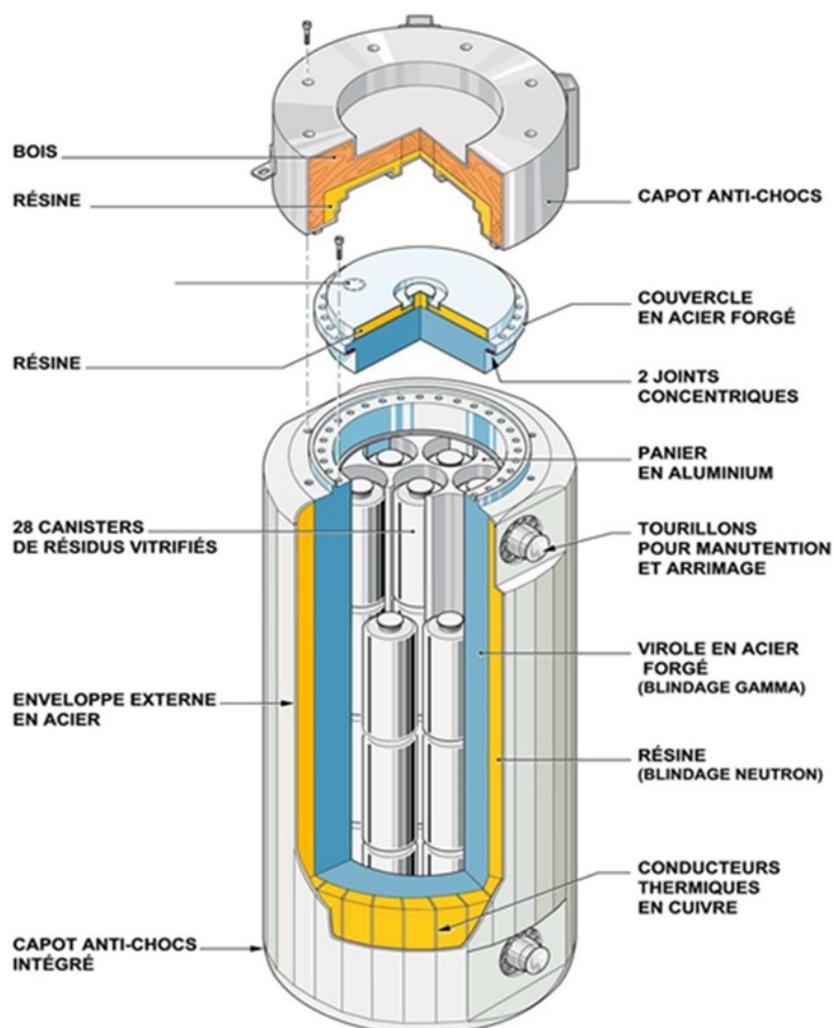


Figure 12 : L'emballage TN28VT qui sera utilisé pour le transport des CSD-B

### Cadre réglementaire des emballages de transport de matière radioactive

*Le transport des déchets nucléaires obéit à une réglementation stricte pour le transport des matières dangereuses, en ce compris les matières radioactives. Les exigences de transport sont fixées au niveau international et varient selon le mode de transport utilisé (transport routier, ferroviaire ou maritime).*

*En France et en Belgique, les règlements applicables sont conformes aux règlements internationaux ADR (« Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route ») et RID (« Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses »).*

*Spécifiquement pour le transport des matières radioactives, les recommandations de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) sont appliquées (et sont intégrées dans l'ADR). Les réglementations sont appliquées par chacune des autorités nationales et reposent en tout premier lieu sur l'intégrité de l'emballage de transport qui garantit la sûreté durant le transport.*

*Des tests réglementaires sont imposés pour chaque modèle d'emballage et l'intégrité doit être établie en toutes circonstances. Les tests simulent les conditions accidentelles de transport imposées par l'AIEA. Quelques exemples des épreuves :*

- une chute libre de 9 mètres sur une surface indéformable ;*
- une chute de 1 mètre sur un poinçon en acier ;*
- après avoir subi ces épreuves de chute, l'emballage est soumis à un test de feu enveloppant (800 °C) pendant 30 minutes ;*
- test d'immersion à 200 mètres.*

Un transport se déroule comme suit :

- L’emballage est transporté par la route depuis le site d’AREVA La Hague jusqu’au terminal ferroviaire de Valognes, distant de 40 km.
- Au terminal ferroviaire de Valognes, l’emballage est transféré sur un wagon spécialement conçu à cet effet.
- Depuis Valognes jusqu’en gare de Mol, le transport est effectué par voie ferroviaire.
- À son arrivée en gare de Mol, l’emballage est transféré du wagon sur un véhicule routier spécifique au moyen d’un portique dédié, implanté sur un site clos.
- L’emballage est transporté par la route, de la gare de Mol vers le site d’entreposage de Dessel situé à 5 km.

Le transport étant achevé, Belgoprocess réceptionne l’emballage, pour le compte de l’ONDRAF, décharge les déchets et les inspecte avant de les placer dans le bâtiment d’entreposage 136 (voir § 6).



**Transbordement à Mol**



**Réception chez Belgoprocess**

*Figure 13 : Transbordement et réception de l’emballage pendant un transport*

## 6 Entreposage temporaire des déchets

L'entreposage temporaire des déchets issus du retraitement s'inscrit dans le cadre des activités de gestion des déchets radioactifs. Elles visent à isoler les déchets de l'homme et de l'environnement en attendant leur gestion à long terme. Cet entreposage se justifie doublement :

- d'une part, il permet de mettre les déchets en sûreté pour quelques dizaines d'années, en attendant que les programmes relatifs au développement d'une installation opérationnelle pour leur gestion à long terme aboutissent ;
- d'autre part, il permet la décroissance de son activité radiologique.

En Belgique, Belgoprocess, filiale de l'ONDRAF, assure l'entreposage temporaire sûr des déchets radioactifs. Un bâtiment spécifique, appelé le bâtiment 136 (Figure 14), a été conçu pour l'entreposage temporaire des déchets issus du retraitement des combustibles usés. Il abrite déjà les déchets vitrifiés de haute activité (CSD-V) et les déchets compactés de moyenne activité (CSD-C). Ce bâtiment abritera également les déchets vitrifiés de moyenne activité (CSD-B) (cf. Figure 5).

Les déchets CSD-B seront entreposés dans des râteliers à quatre positions empilables sur trois niveaux. L'aire d'entreposage est entourée de murs épais et résistants, dont l'armature lui permet de conserver son élasticité même en cas de forts séismes ou de l'impact d'un avion. Ces murs permettent aussi de maintenir le niveau de rayonnement bien en dessous des normes légales.



*Figure 14 : Bâtiment 136 qui assure l'entreposage des déchets issus du retraitement du combustible usé*

## **7 Gestion à long terme des déchets de haute et moyenne activité et de longue durée de vie en Belgique**

Après une période d'entreposage, les déchets issus du retraitement (CSD-V, CSD-C, CSD-B) pourront être gérés à long terme.

En Belgique, la recherche sur la gestion à long terme des déchets de haute activité et/ou de longue durée de vie est en cours depuis quarante ans. Elle se concentre sur le stockage géologique. Les recherches menées à l'échelle internationale et les programmes menés à l'étranger confirment que le stockage géologique est une solution sûre pour la gestion à long terme des déchets de haute activité et/ou de longue durée de vie. L'Europe a traduit cette vision dans sa stratégie.

Une grande partie de ces recherches ont lieu dans le laboratoire souterrain HADES à Mol, qui sert aux recherches depuis l'excavation du premier puits en 1980. Ces dernières décennies, les scientifiques ont obtenu des résultats d'une importance cruciale pour le programme de recherche.

L'apparence et l'emplacement de la future installation de stockage sont loin d'être fixés. Bien que les recherches aient atteint un niveau avancé de maturité technique, le défi n'est pas uniquement de nature technique : c'est au moins autant un défi sociétal. Afin de parvenir à une solution acceptable pour tous, il est nécessaire d'élaborer un processus décisionnel mûrement réfléchi, auquel participent les preneurs d'enjeu locaux, régionaux et fédéraux.

Jusqu'à présent, aucune décision n'a encore été prise pour la gestion à long terme des déchets de haute activité et/ou de longue durée de vie.