



**Transport des colis de déchets HA-MAVL depuis les sites  
expéditeurs vers Cigéo**

***PNGMDR 2016 - 2018***

---

## Sommaire

Table des illustrations .....	3
Glossaire.....	4
1. Contexte.....	6
1.1. La demande du PNGMDR.....	6
1.2. La réponse des producteurs .....	6
2. Besoins d'expéditions des colis vers Cigéo .....	7
2.1. Les installations nucléaires considérées pour la conception de Cigéo .....	7
2.2. Le planning de livraison des colis de déchets vers Cigéo .....	9
3. Le retour d'expérience industriel des producteurs en matière de transport de substances radioactives	
11	
3.1. Les transports de matières radioactives sur la voie publique en France .....	11
3.2. Le retour d'expérience d'AREVA.....	12
3.3. Le retour d'expérience du CEA .....	13
3.4. Le retour d'expérience d'EDF .....	15
4. Etudes de transportabilité des colis de déchets vers Cigéo .....	16
5. Avancement des études de transportabilité depuis le site AREVA de La Hague .....	17
5.1. Etudes de conception des emballages de transport.....	18
5.2. Etudes logistiques .....	23
6. Avancement des études de transportabilité depuis les sites du CEA.....	26
6.1. Méthodologie d'élaboration des scénarios de transport .....	26
6.2. Méthodologie de choix des emballages de référence .....	28
7. Avancement des études de transportabilité depuis les sites EDF .....	30
8. Optimisation des scénarios de transport.....	31
9. Conclusion .....	32

## Table des illustrations

Figure 1: Planning de livraison des colis de déchets MAVL et HA moyennement exothermiques vers le centre de stockage Cigéo – PIGD vE .....	9
Figure 2: Planning de livraison des colis de déchets HA fortement exothermiques vers le centre de stockage Cigéo – PIGD vE.....	10
Figure 3. Proportion des colis de substances radioactives transportés par domaine d'activité en % (extrait rapport ASN) .....	11
Figure 4. Synoptique des expéditions des colis de déchets vers Cigéo .....	28

## Glossaire

**Etudes de faisabilité emballages :** Etudes consistant à vérifier l'adéquation technique d'un emballage de transport (existant, en cours de conception ou restant à développer), notamment en termes de géométrie et de masse, avec un contenu à transporter défini par un ou plusieurs individus d'une famille donnée de colis de déchets. A l'issue des études de faisabilité une première estimation de la capacité de l'emballage en nombre de conteneurs primaires est fournie. Elles visent en outre à identifier les problématiques techniques, liées aux fonctions de sûreté notamment, qui nécessitent d'être instruites et étudiées dans les phases ultérieures.

**Etudes de pré-design emballages :** Etudes consistant à instruire les problématiques techniques identifiées lors des études de faisabilité. Elles fournissent des premières garanties sur la sûreté des modèles de colis de transport (emballages chargés) envisagés avant instruction par les autorités de sûreté et leurs appuis techniques. Ces études permettent de consolider ou de définir les caractéristiques géométriques et massiques ainsi que la capacité de transport de l'emballage adapté à un type de contenu donné (colis de déchets) permettant le maintien des fonctions de sûreté dans les différentes conditions de transports à partir d'une analyse préliminaire de sûreté. A l'issue de la phase de pré-design, on dispose d'un niveau d'étude suffisant pour établir un Dossier d'Options de Sûreté et donc de décider du lancement des études de conception à proprement parler.

**Conception :** La conception d'un emballage de transport repose sur une démonstration de sûreté complète et exhaustive (calculs, simulations et essais de chutes sur maquette) justifiant le respect des critères réglementaires de transportabilité en fonction des conditions d'utilisation du modèle de colis de transport (emballage + colis de déchets). Cette démonstration de sûreté est exigée pour tous les types de colis de transport et fait l'objet d'une demande d'autorisation pour les colis de type B et/ou fissile. Elle inclut la rédaction du DOS, du rapport de sûreté et les échanges avec l'ASN. A l'issue des études de conception l'agrément du modèle de colis de transport est disponible. La fabrication du modèle d'emballage est initiée lorsque les principes de sûreté sont validés par l'autorité compétente si nécessaire.

**Expéditeur :** La fonction d'expéditeur est assurée par l'entreprise qui expédie pour elle-même ou pour un tiers, des marchandises dangereuses, conformément à la réglementation des transports de marchandises dangereuses.

**Transport :** Pour les matières radioactives, conformément à la réglementation des transports de marchandises dangereuses, le transport comprend toutes les opérations et conditions associées au mouvement des matières radioactives, telles que la conception des emballages, leur fabrication, leur entretien et leur réparation, et la préparation, l'envoi, le chargement, l'acheminement, y compris l'entreposage en transit, le déchargement et la réception au lieu de destination final des chargements de matières radioactives et de colis. Ainsi le transport comprend toutes les opérations de mise en emballage jusqu'au déchargement de la matière sur le site d'arrivée.

**Etudes de transportabilité :** Toutes les études permettant d'évaluer la faisabilité technico-économique des scénarios envisagés pour le transport d'un contenu d'un point A à un point B, et dont le niveau de détails évolue au cours du temps.

**Emballage léger :** Emballage de transport de masse en charge inférieure à 25 tonnes pouvant être transporté par convoi routier conventionnel.

**Emballage lourd :** Emballage de transport de masse en charge supérieure à 25 tonnes et nécessitant un convoi de transport routier exceptionnel.

# 1. Contexte

## 1.1. La demande du PNGMDR

Pour la période 2016-2018, le décret n° 2017-231 du 23 février 2017 (dit « PNGMDR ») pris pour application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement établit les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs. L'arrêté du 23 février 2017 pris en application du décret PNGMDR précise dans son article 54 :

*« Dans le cadre de leurs travaux sur le schéma logistique prévu à l'article D. 542-93<sup>1</sup> du code de l'environnement, EDF, le CEA et Areva remettent au ministre chargé de l'énergie avant le 31 décembre 2017 une étude sur les modalités de transport des colis HA et MA-VL destinés à CIGEO depuis leurs installations d'entreposage. Cette étude comprend:*

- i. un planning détaillé des études de conception, des études d'agrément et de la fabrication des emballages de transports nécessaire aux colis destinés à CIGEO, en se basant sur le retour d'expérience des développements d'emballages passés;*
- ii. un schéma optimisé des modes de transport vers CIGEO, intégrant une description des moyens de transbordement adaptés aux transports multimodaux retenus ou envisagés ainsi qu'une description des modifications d'infrastructures de transport nécessaires à la mise en œuvre du schéma. ».*

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

L'objet du présent rapport est de répondre à la demande ainsi formulée à l'article 54 de l'arrêté du 23 février 2017.

## 1.2. La réponse des producteurs

Depuis le précédent rapport PNGMDR, EDF, le CEA et AREVA ont poursuivi leurs études relatives aux expéditions des colis de déchets depuis leurs sites respectifs vers le centre de stockage Cigéo. Il s'agit d'études de transportabilité, incluant les études relatives aux emballages et celles relatives à la logistiques. L'ensemble des études est réalisé en vue d'élaborer des scénarios de transport viables permettant de réaliser les premiers transports dès la mise en service actif de Cigéo, conformément aux chroniques définies dans le PIGD indice E.

En outre, l'Andra a annoncé en juin 2017 **un décalage global d'un an du planning directeur du projet Cigéo avec un dépôt de la DAC en 2019, et en conséquence un décalage d'un an de la possibilité de recevoir les premiers colis de déchets actifs. Les chroniques prévisionnelles d'expédition ont été**

---

<sup>1</sup>« Art. D. 542-93. – Les producteurs de déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue travaillent, en lien avec l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, à la définition d'un schéma logistique optimisé pour la livraison des colis de ces déchets au centre de stockage prévu à l'article L. 542-10-1. Le schéma permet notamment de garantir que les scénarios de gestion des entreposages prévus par chaque producteur sont cohérents avec les chroniques d'expédition au stockage. »

**supposées translitées d'un an dans le présent rapport.** Par conséquent les premières expéditions sont prévues pour 2031.

## **2. Besoins d'expéditions des colis vers Cigéo**

### **2.1. Les installations nucléaires considérées pour la conception de Cigéo**

Les déchets radioactifs pris en compte dans le PIGD pour la conception de Cigéo résultent des activités industrielles et de recherches menées dans les installations nucléaires, du démantèlement et des programmes de reprise et de conditionnement des déchets anciens (RCD).

#### **2.1.1. Les installations d'EDF**

Les réacteurs nucléaires de production d'électricité définitivement arrêtés et ceux en exploitation ou en construction :

- Les réacteurs de première génération définitivement arrêtés :
  - o « Uranium Naturel-Graphite-Gaz » : cette filière comprend les réacteurs, aujourd'hui arrêtés, des sites EDF de Chinon (réacteurs Chinon A1, A2 et A3), Bugey (réacteur de Bugey 1) et Saint-Laurent (réacteurs Saint-Laurent A1 et A2).
  - o Les autres réacteurs définitivement arrêtés : le réacteur REP Chooz A, qui a été arrêté au début des années 1990 et qui est aujourd'hui en cours de démantèlement ; le réacteur à eau lourde EL4 de Brennilis exploité de 1966 à 1985, et enfin le réacteur à neutrons rapides Superphénix arrêté en 1997.
- Les réacteurs de deuxième génération « Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) » : sont concernés cinquante-huit réacteurs répartis sur dix-neuf sites, en exploitation.
- La troisième génération : l'EPR de Flamanville, en cours de construction.

#### **2.1.2. Les installations d'AREVA**

Les usines du cycle du combustible :

En France, l'enrichissement de l'uranium, la fabrication du combustible nucléaire, ainsi que son recyclage après passage en réacteur, s'effectuent dans différentes installations exploitées par AREVA.

L'usine UP2-400 de la Hague (AREVA) a été mise en service en 1966. Cette installation est aujourd'hui définitivement arrêtée. Le traitement des combustibles usés s'effectue actuellement dans les usines UP2-800 et UP3 de la Hague (AREVA).

Le traitement consiste à séparer les matières valorisables, uranium et plutonium, des déchets, composés d'une part des produits de fission et des actinides mineurs (américium, curium, neptunium) contenus dans les pastilles de combustible et d'autre part des éléments de structure constituant l'ossature métallique des assemblages combustibles.

Concernant la fabrication du combustible recyclé, le plutonium issu du traitement du combustible est réutilisé pour fabriquer du combustible MOX à l'usine MELOX de Marcoule (AREVA).

### **2.1.3. Les installations du CEA**

Pour conduire ses recherches, notamment en soutien au programme électronucléaire français sur la conception de systèmes nucléaires de nouvelle génération ou encore sur la gestion des déchets radioactifs, le CEA s'appuie sur des réacteurs et des laboratoires d'études des combustibles ou de l'aval du cycle, situées principalement sur les sites de Cadarache, Saclay et Marcoule. Ces sites disposent aussi d'installations support d'entreposages et d'installations de traitement des déchets et d'effluents.

Le CEA exploite aussi des installations aujourd'hui arrêtées, dont certaines sont en cours d'assainissement et de démantèlement et dont les déchets sont pris en compte dans l'inventaire pour CIGEO : par exemple la première usine de recyclage des combustibles usés, UP1 à Marcoule (CEA), démarrée en 1958, et aujourd'hui définitivement arrêtée.

Pour le CEA, dans l'inventaire, les nouvelles installations sont considérées : le réacteur expérimental Jules Horowitz, l'installation RES (Réacteurs d'Essais) et l'installation ITER à Cadarache (par hypothèse le CEA aura à gérer les expéditions de déchets MAVL d'ITER).

### **2.1.4. Le scénario d'exploitation des installations nucléaires**

Dans le cadre du PIGD VE, AREVA, le CEA et EDF ont défini un scénario industriel d'exploitation des installations nucléaires récapitulé ci-après. Ce scénario de référence est, par ailleurs, celui de l'Inventaire national de 2015. Il sera mis à jour lors de l'exercice de l'Inventaire national 2018.

Pour les réacteurs de production d'électricité, le scénario industriel est basé sur la poursuite de la production électronucléaire avec le traitement de tous les combustibles usés des REP et RNR électrogènes (Phénix, Superphénix). La durée d'exploitation prise conventionnellement en référence pour tous les réacteurs, y compris le réacteur EPR de Flamanville, est de 50 ans en moyenne. Cette durée de 50 ans est à voir comme une moyenne indicative, une durée de fonctionnement moindre de certains réacteurs pouvant en effet compenser, du point de vue des déchets produits, une durée de fonctionnement supérieure pour d'autres.

Pour les installations nucléaires liées aux activités de traitement du combustible, le scénario retenu considère par convention qu'elles adaptent leurs durées de fonctionnement à celle du parc électronucléaire.

Pour les installations de recherche (réacteurs et laboratoires CEA), actuellement en exploitation, leur durée de fonctionnement est fixée par hypothèse à 50 ans.

La durée de fonctionnement du réacteur Jules Horowitz est fixée par hypothèse à 50 ans, celle de l'installation ITER à 20 ans.

## 2.2. Le planning de livraison des colis de déchets vers Cigéo

Le planning de livraison des colis à Cigéo a été élaboré dans le PIGD vE en tenant compte :

- des hypothèses relatives aux capacités industrielles fournies par le projet CIGEO,
- des contraintes et des stratégies industrielles des producteurs,
- d'itérations entre les producteurs et l'Andra sur ces données, visant à converger vers un optimum.

Ce planning intègre en outre :

- des avis des Autorités de Sûreté Nucléaire Civile et Défense,
- des avis des experts de l'IRSN,
- des avis de différentes commissions dont la Commission Nationale d'Evaluation 2.

Ces chroniques prévisionnelles d'expédition ont été étudiées, définies et exprimées en colis primaires ainsi qu'en colis de stockage Andra. L'objectif recherché a été d'optimiser la conception des installations de surface et de fond du stockage, ainsi que l'exploitation de Cigéo. Les contraintes liées au transport sur et depuis les sites expéditeurs ont été intégrées, à la mesure de la maturité des études correspondantes. La figure ci-dessous représente la chronique prévisionnelle d'expédition des colis primaires MAVL du PIGD indice E.

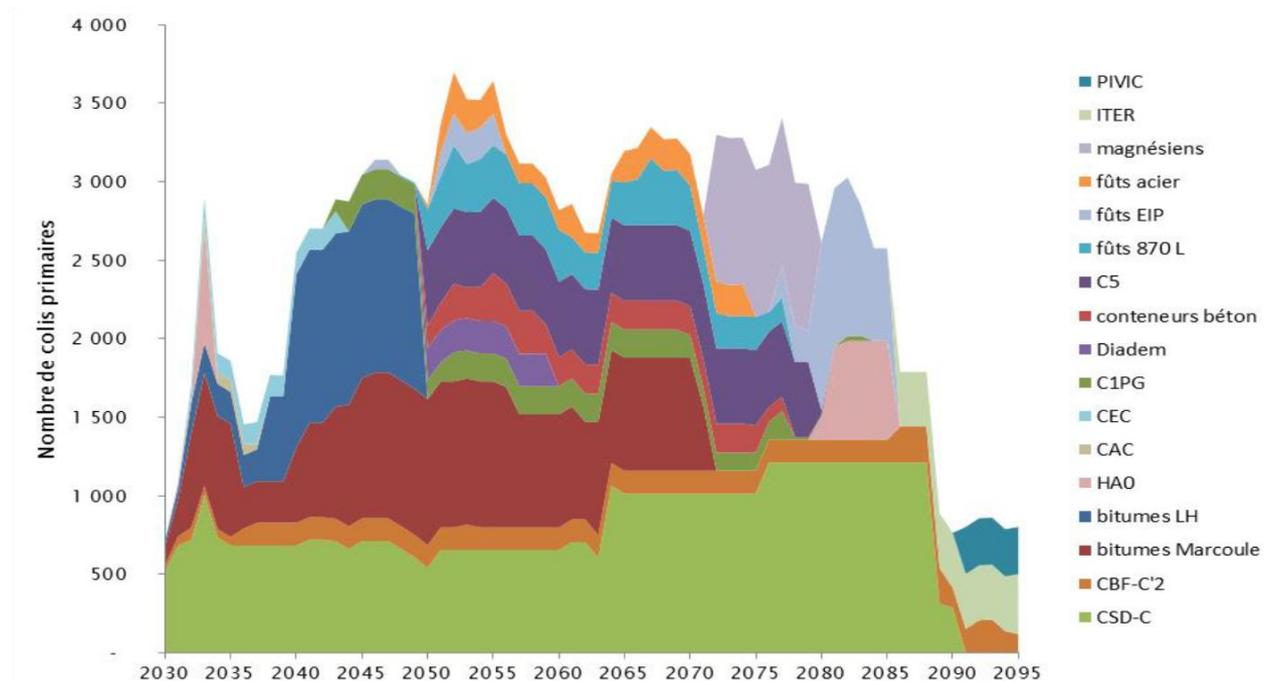


Figure 1: Planning de livraison des colis de déchets MAVL et HA moyennement exothermiques vers le centre de stockage Cigéo – PIGD vE

Toutefois, comme précisé au paragraphe 1.2, l'annonce de l'Andra en juin 2017 du **décalage d'un an du planning directeur de Cigéo, avec un dépôt de la DAC en 2019, a été intégré**. Par conséquent, les premières expéditions de colis de déchets vers Cigéo sont prévues pour 2031.

Les colis HA fortement exothermiques sont associés à la chronique de livraison suivante :

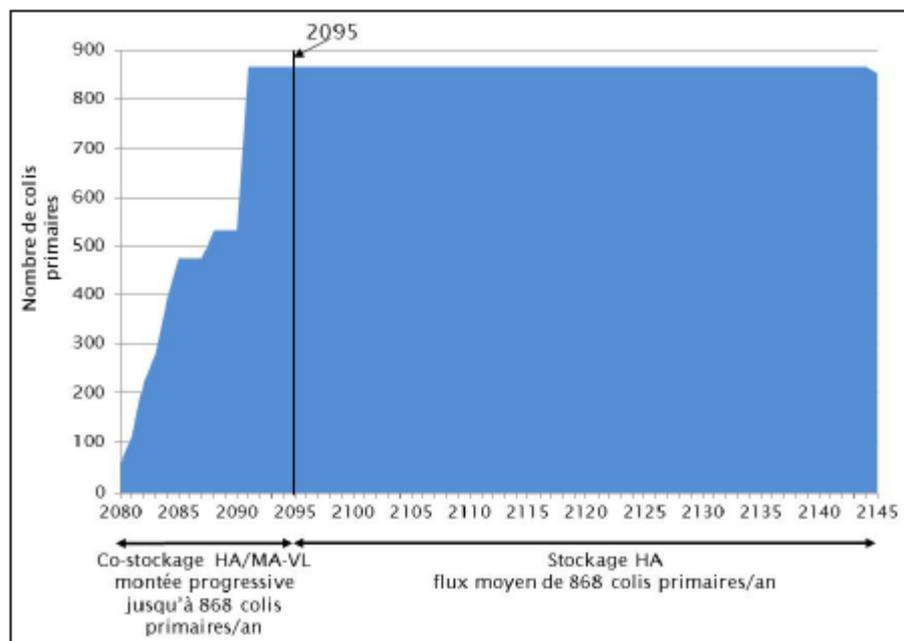


Figure 2: Planning de livraison des colis de déchets HA fortement exothermiques vers le centre de stockage Cigéo – PIGD vE

Au total, 166 699 colis de déchets MAVL, 4 085 colis de déchets HA faiblement exothermiques (HA0) et 51 814 colis de déchets HA fortement exothermiques devront être expédiés vers Cigéo. Ces expéditions sont réparties entre les sites expéditeurs de la manière suivante :

- Colis HA chauds (fortement exothermiques)
  - o 100 % des colis de déchets HA chauds vitrifiés seront transportés depuis le site de La Hague à partir de 2080.
- Colis HA froids (HA0)
  - o 80 % des déchets HA0 seront transportés depuis le centre CEA de Marcoule à partir de 2081 et 20% depuis le site de La Hague dès 2032.
- Colis MAVL
  - o 56 % des conteneurs primaires MAVL seront transportés depuis La Hague dès 2031, 40 % depuis des sites CEA (les deux-tiers depuis le centre de Marcoule dès 2031, un tiers depuis le centre de Cadarache à partir de 2051 et quelques colis de déchets entreposés sur le centre de Valduc) et 4 % depuis des sites EDF à partir de 2044.

### 3. Le retour d'expérience industriel des producteurs en matière de transport de substances radioactives

#### 3.1. Les transports de matières radioactives sur la voie publique en France

Le Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et la radioprotection en France de 2016 mentionne que : « Environ 770 000 transports de substances radioactives ont lieu chaque année en France. Cela correspond à environ 980 000 colis de substances radioactives, ce qui représente quelques pourcents du total des colis de marchandises dangereuses transportés chaque année en France. La très grande majorité des transports sont effectués par route, mais quelques transports ont également lieu par voie ferrée, par mer et par air (voir tableau ci-après pour la répartition des colis par mode de transport).

ORDRE DE GRANDEUR DU NOMBRE DE COLIS ET DE TRANSPORTS		ROUTE	ROUTE ET AIR	ROUTE ET RAIL	ROUTE ET MER	ROUTE, MER ET RAIL	ROUTE, MER ET AIR
Colis agréés par l'ASN	Nombre de colis	18 000	1 300	460	1 900	0	0
	Nombre de transports	12 500	1 250	380	390	0	0
Colis non soumis à agrément de l'ASN	Nombre de colis	870 000	47 000	2 900	6 800	34 500	5 300
	Nombre de transports	740 000	21 000	530	910	80	5 300

Ces transports concernent trois secteurs d'activité : l'industrie non nucléaire, le secteur médical et l'industrie nucléaire. »

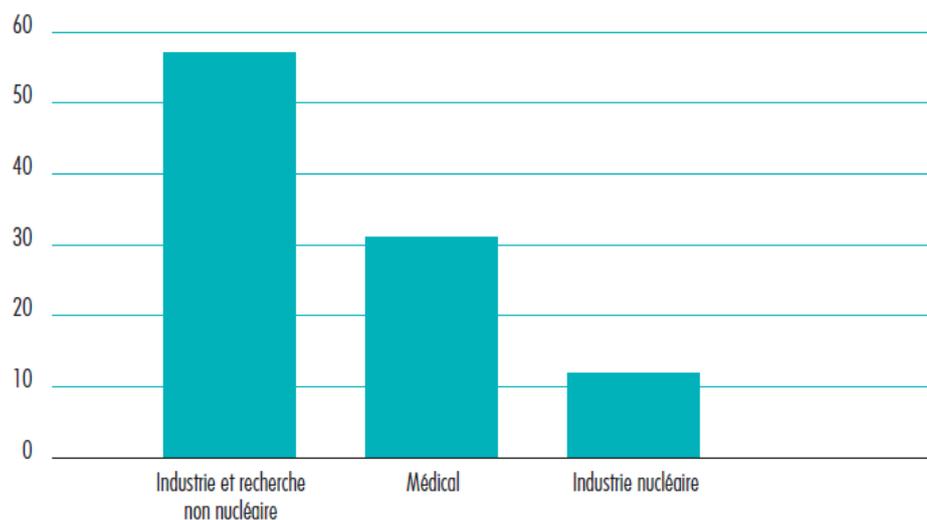


Figure 3. Proportion des colis de substances radioactives transportés par domaine d'activité en % (extrait rapport ASN)

L'industrie nucléaire contribue à seulement 12 % des colis de substances radioactives transportés en France, ce qui représente environ 19 000 transports par an, pour 114 000 colis.

## 3.2. Le retour d'expérience d'AREVA

De par son activité industrielle de traitement des combustibles usés pour les électriciens français et étrangers, AREVA a déjà opéré et opère actuellement, par sa filiale AREVA TN, le transport des mêmes types de colis de déchets que ceux qui devront être transportés vers Cigéo.

AREVA TN opère, en effet, aujourd'hui un nombre important de flux de transports vers ses clients en Europe et dans le monde :

- les contrats étrangers avec des clauses d'expédition représentent au total de l'ordre de 5 400 colis de résidus vitrifiés. Les programmes d'expédition des CSD-V ont débuté en 1995, à fin 2016 5341 CSD-V, CSD-B et CSD-U ont été expédiés et donc transportés vers les sites des clients étrangers d'AREVA ;
- les contrats étrangers avec des clauses d'expédition représentent au total de l'ordre de 7 100 colis de résidus compactés. Les programmes d'expédition des CSD-C ont débuté en 2009, à fin 2016 1080 CSD-C ont été transportés vers les sites des clients étrangers d'AREVA.

Cela signifie qu'AREVA a déjà conçu, fait agréer, fait fabriquer et utilisé des emballages de transports qui seraient dès à présent en capacité technique de réaliser le transport vers Cigéo des colis de type CSD-V (100 % des 51 811 colis HA Chauds attendus au Cigéo à partir de 2080) , CSD-U (20 % des colis HA froids attendus au Cigéo dès 2032) et CSD-B et CSD-C (32 % des colis MAVL attendus au Cigéo dès 2031), soit au total plus de 100 000 colis de déchets depuis le site de La Hague, ce qui correspond à 72 % des colis à expédier depuis ce site.

AREVA TN conçoit, agréé et fabrique des flottes d'emballages régulièrement exploités et maintenus depuis 20 ans pour le compte de ses clients. En particulier, AREVA TN a développé, en complément des emballages déjà existants, deux nouveaux modèles d'emballage, TN®843 et ®TGC pour le transport de CSD-C.

Pour les autres colis (colis cimentés, fûts de bitumes) AREVA a terminé en 2016 ses études de faisabilité et poursuivra en 2018 ses études de pré-design.

De manière plus générale, AREVA réalise annuellement en moyenne :

- 3 000 transports pour les activités de l'amont du cycle,
- 3 000 transports pour les activités de l'aval du cycle et supervise en moyenne 4 000 transports par an relatifs aux activités industrielles de ses usines.

AREVA TN a réalisé environ 10 000 transports de combustibles usés depuis la fin des années 1970 pour l'ensemble de ses clients et opère actuellement plus de 200 transports par an. Ces transports sont réalisés avec des emballages lourds (supérieurs à 110 t) de type TN®12, TN®13, TN®17, TN®112 et TN®117 et utilisent les mêmes moyens logistiques (ensembles routiers, wagons, terminaux multimodaux, ateliers de maintenance et coordination logistiques) que ceux développés et utilisés pour les transports de résidus vitrifiés et compactés de haute et moyenne activités.

Le terminal ferroviaire de Valognes, proche du site de La Hague, réalise environ 1 000 opérations de transfert d'emballage par an (25 à 120 t).

AREVA TN, en tant qu'intégrateur logisticien étudie le système logistique le plus adapté tant du point de vue sûreté et sécurité des opérations que du point de vue technique et économique.

AREVA TN élabore le système de transport adapté au besoin soit en concevant spécifiquement les équipements nécessaires (wagons, châssis), soit en sous-traitant une partie de la chaîne logistique (transports routier et ferroviaire), soit en s'associant avec d'autres partenaires spécialisés de la logistique nucléaire (notamment pour le transport maritime). Dans ce cadre, AREVA TN est superviseur des transports et certifie régulièrement les principaux acteurs de la logistique nucléaire. En particulier, AREVA TN, obtient pour ses clients, et à leur demande, les autorisations ad-hoc en conformité avec la réglementation en vigueur pour leurs colis, y compris ceux dont la conception et la fabrication n'ont pas été réalisées par AREVA TN. AREVA TN travaille en étroite collaboration avec les autorités compétentes des pays concernés par ses transports.

Les solutions qu'AREVA TN met en œuvre s'appuient sur des moyens de transport dédiés (wagons et remorques équipés de châssis, navires) et des technologies d'emballages adaptées aux caractéristiques des combustibles ou résidus produits ainsi qu'aux interfaces des installations.

Par ailleurs, AREVA, via sa filiale AREVA TEMIS, dispose en propre de moyens industriels de fabrication et d'assemblage d'emballages destinés au transport de combustibles usés et de déchets radioactifs.

### **3.3. Le retour d'expérience du CEA**

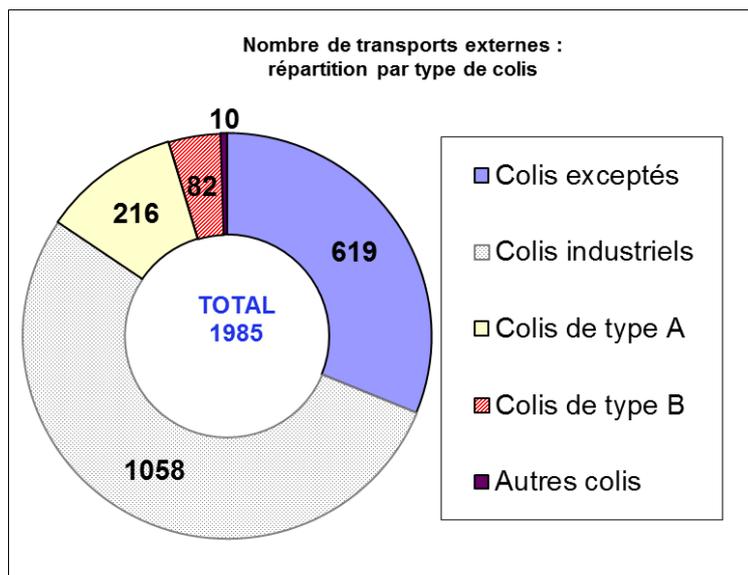
Les transports de substances radioactives, tant à l'intérieur des centres du CEA que sur le domaine public, sont indispensables à la réalisation des programmes expérimentaux et aux opérations d'assainissement/démantèlement des installations du CEA. Ils font toutefois partie de l'exploitation courante des installations du CEA.

Le CEA expédie environ 4 000 colis de transport par an en environ 2 000 transports, tous centres confondus, valeurs à comparer aux 980 000 colis qui circulent sur la voie publique en France annuellement. Ceci représente environ 0,4 % des flux nationaux de matières radioactives et 3,5 % des flux de l'industrie nucléaire. Les contenus transportés par le CEA sont très variés ; ce sont des déchets solides, des effluents liquides de diverses activités, des sources, des radioéléments à usage médical ainsi que du combustible sous toutes ses formes irradié ou non.

Environ 95 % des colis transportés par le CEA sont des colis à faible dangerosité ne nécessitant pas de certificat d'agrément délivré par l'autorité compétente. Ces colis sont des colis exceptés, industriel ou de type A, concernant majoritairement des emballages vidés de leur substance radioactive ou des emballages contenant des déchets de faible ou très faible activité.

Les 5 % de colis restants sont des colis de transport à dangerosité avérée nécessitant des autorisations des autorités compétentes (colis contenant des matières fissiles et colis de type B).

A titre d'exemple pour l'année 2016 la répartition est la suivante :



### 3.3.1. Organisation des transports mise en œuvre

Pour tous les sites CEA, la fonction d'expéditeur est dévolue au Directeur de chaque site car confondue avec la fonction d'exploitant nucléaire. Par conséquent chaque Directeur de chaque site CEA assume la responsabilité civile et dommages nucléaires en cours de transport de chaque colis expédié par son site et est responsable des opérations de transport au départ (transports externes) ou sur (transports internes) son site. Par délégation du Directeur de Centre, la fonction d'expéditeur peut être dévolue aux chefs d'installation ou aux bureaux transport.

Les Directeurs des Centres s'appuient sur leurs Bureaux Transports respectifs pour l'aspect opérationnel et la mise à jour des référentiels transports des centres, et sur leurs cellules de sûreté et leurs Conseillers à la Sécurité pour le Transport de matières radioactives respectifs pour l'exercice de la fonction de contrôle.

La réalisation des transports est pilotée soit par la mise en œuvre de contrats nationaux par les bureaux des transports soit directement par les exploitants par la mise en œuvre de contrats spécifiques avec des entreprises spécialisées proposant les moyens associés (véhicules, escorte etc.).

Les exploitants réceptionnent les emballages de transport, réalisent les chargements/déchargements et manutentionnent les emballages, rédigent les documents de transports ainsi que les documents complémentaires indispensables pour la réalisation de certains transports (protocole INB/INBS, protocole Matières Nucléaires, protocole de sécurité pour le chargement/déchargement, consignes spécifiques etc.) et effectuent tous les contrôles avant départ.

Les personnes compétentes en radioprotection assurent les contrôles de radioprotection au départ et à l'arrivée de chaque transport, tandis que les exploitants assurent les contrôles réglementaires à chaque expédition et à chaque réception.

### **3.3.2. Les emballages de transport utilisés par le CEA**

Compte tenu de la grande diversité de ses installations, le CEA utilise un parc d'emballages variés conformes à la réglementation, et devant s'adapter aux contraintes d'accès et de manutention. Ainsi le CEA utilise des citernes, des emballages voire des grands récipients pour vrac de différentes capacités adaptés aux conditions d'accostage de ses installations et à la grande diversité des besoins.

Les emballages peuvent être loués ou en bien propre. Dans ce deuxième cas, ils sont dupliqués sur la base d'un concept existant ou conçus et fabriqués par le CEA.

Depuis les années 2 000, le CEA a élaboré une stratégie d'acquisition et de développement en vue de garantir la réalisation de ses programmes basée sur une approche technico-économique en vue de conserver une liberté de choix auprès des fournisseurs d'emballages. En fonction de ses études d'opportunité, le CEA est ainsi amené à mettre en concurrence les concepteurs d'emballages présents sur le marché, voire de concevoir ses propres emballages afin de maîtriser ses coûts et délais.

Pour les besoins des programmes, les modèles de colis utilisés ou développés répondent aux exigences de la réglementation des transports et des autorités compétentes, ainsi qu'aux contraintes des installations d'expédition/réception.

A titre d'exemple nous pouvons citer le transport de déchets MAVL avec l'emballage Tirade. Cet emballage conçu et fabriqué par le CEA, peut contenir jusqu'à cinq fûts de déchets de 50 L, quatre fûts de déchets de 60 L ou deux fûts de déchets spécifiques à l'installation DIADEM de Marcoule. Cet emballage a particulièrement été dimensionné pour assurer le transport de contenus qui cumulent une puissance thermique résiduelle et la présence de gaz de radiolyse.

### **3.4. Le retour d'expérience d'EDF**

Les déchets radioactifs générés par les installations d'EDF, centrales nucléaires en fonctionnement et sites en démantèlement, sont aujourd'hui pour la majorité des déchets à vie courte à destination des filières de traitement (CENTRACO exploitée par SOCODEI) et de stockage (CSA et CIRES exploités par l'Andra).

Pour ses déchets à vie courte, EDF organise les transports pour la mise à disposition des conteneurs vides sur les sites EDF ainsi que l'évacuation des déchets en conteneurs vers les filières adéquates.

Pour ses besoins, EDF joue le rôle d'intégrateur logisticien et identifie les stratégies de transport les plus adaptées. Il s'appuie sur plusieurs fournisseurs pour réaliser ces transports et dispose d'une flotte importante de conteneurs IP-2 pour l'évacuation de ses déchets :

- des conteneurs ISO 20 pieds de type IP-2 pour le transport route et fer des déchets solides vers leur filière de traitement ou de stockage ;
- des citernes ISO 10 et 20 pieds de type IP-2 pour le transport route des déchets liquides vers Centraco.

Les bases logistiques permettent un suivi des conteneurs ainsi que des opérations de contrôles radiologiques, de mise en propreté, de maintenance préventive et corrective en adéquation avec la réglementation en vigueur.

Pour évacuer les déchets radioactifs à vie courte, EDF réalise environ 3 000 transports par an.

Concernant les déchets radioactifs à vie longue, EDF a pris les dispositions organisationnelles et contractuelles nécessaires à l'expédition vers l'installation ICEDA (Installation de Conditionnement et d'Entreposage de Déchets Activés) des déchets MAVL produits sur ses sites en exploitation et en démantèlement. ICEDA est conçue pour recevoir et réexpédier des emballages de transport R73 pour les sites en démantèlement et TN 12/2 et TN 13/2 pour les sites en exploitation. A cette fin, EDF, en sa qualité de producteur de déchets et d'expéditeur, organise déjà avec ses partenaires industriels (dont les concepteurs et fabricants d'emballages, et les prestataires de transport) les transports de ses déchets MAVL entre ses différents sites et ICEDA. Les deux types d'emballages prévus actuellement en réception à ICEDA disposent déjà d'agrément de transport sur la voie publique, ou sont en voie de les obtenir. De plus, ces emballages de transport sont déjà disponibles.

Les études menées et l'organisation mise en place pour les transports de déchets MAVL d'EDF entre ses sites en exploitation et en démantèlement et sa nouvelle installation ICEDA apportent des premiers éléments de démonstration de la capacité d'EDF à organiser ses futurs transports de déchets MAVL vers l'installation Cigéo.

#### **4. Etudes de transportabilité des colis de déchets vers Cigéo**

En parallèle des diverses évolutions du PIGD, AREVA, le CEA et EDF ont initié diverses études de transportabilité pour leur compte propre, spécifiques aux déchets détenus sur leurs sites respectifs et aux contraintes d'exploitation associées. Comme cela est exposé ci-après chaque entité s'est attachée à traiter les points techniques permettant de garantir les expéditions des colis de déchets à la date fixée par le PIGD.

En sus de leurs propres contraintes, les exploitants ont intégré les premières spécifications de l'ANDRA et les contraintes de réalisation des transports sur la voie publique. Ainsi conformément au résultat du débat public de Cigéo et au PIGD, les colis de déchets expédiés par les producteurs devront arriver à Cigéo par voie ferroviaire à l'exception des colis en provenance du centre CEA Valduc qui pourront arriver par voie routière en raison de la proximité des installations. Toutefois, cela n'impose pas de mode de transport particulier au départ de chaque site.

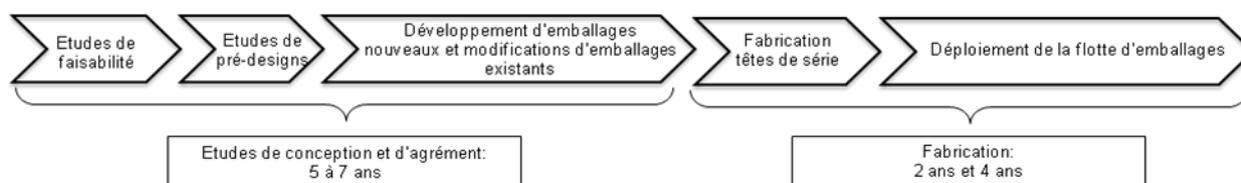
Une attention particulière est portée sur les premières expéditions à effectuer dans le cadre de la phase industrielle pilote PHIPIIL. En effet, la PHIPIIL doit permettre de démontrer le bon fonctionnement de l'exploitation du centre de stockage géologique profond tel que prévu par le projet Cigéo, pour l'exploitation des installations de surface et souterraines, et des expéditions depuis les sites d'entreposage actuels des déchets des producteurs. Cette période transitoire prévoit une montée en puissance progressive des flux de colis de déchets jusqu'à un niveau nominal. A date, les transports pendant la PHIPIIL concernent l'expédition des colis suivants :

- CSD-C depuis le site de La Hague ;
- CBF-C'2 depuis le site de La Hague ;
- colis de Coques et Embouts cimentés depuis le site de La Hague ;

- colis de fûts de bitumes 380 litres depuis le site de Marcoule et les colis de fûts de bitumes 220 litres de La Hague ;
- CSD-U (HA0) depuis le site de La Hague ;
- colis de sources de titanates de strontium CSD-TiSr HA0 depuis le site de La Hague.

Les études de transportabilité réalisées par les expéditeurs permettent d'évaluer la faisabilité technico-économique des scénarios qu'ils envisagent, de réfléchir à des pistes de mutualisation et d'optimisation et d'alimenter en tant que de besoin le dossier technique pour le dépôt de la demande d'autorisation de création (DAC) de Cigéo.

Sur base du retour d'expérience des expéditeurs, le planning type de développement et déploiement des emballages de transport est le suivant :



A la lumière de ce planning, on peut noter qu'une dizaine d'années est nécessaire entre le démarrage des études de développement d'emballages (études de conception à proprement parler) et la mise à disposition des flottes d'emballages associées pour envoi des premiers colis de déchets à Cigéo. Dans cet esprit, il est raisonnable de retenir à ce stade l'horizon de 2020-2021 comme date de démarrage des études de conception à proprement parler pour les colis de déchets à livrer durant la PHIPIL. Les études de faisabilité et de pré-design actuellement menées par les détenteurs visent à se mettre en capacité de décider du lancement des études de conception à cet horizon.

## 5. Avancement des études de transportabilité depuis le site AREVA de La Hague

AREVA a développé un programme d'étude des transports vers le stockage Cigéo. Ce programme est constitué des éléments suivants :

- Etudes de conception et de fabrication des emballages de transport, comprenant :
  - o Les études de faisabilité des emballages ;
  - o Les études de pre-design des emballages ;
  - o Les études de conception jusqu'à l'obtention des agréments de transport ;
  - o Les études de fabrication et de déploiement des flottes nécessaires ;
- Etudes de logistique des transports, comprenant :
  - o Les études de dimensionnement des flottes, des flux et des moyens de transport ;
  - o Les scénarios de sortie de site et les études des routes ;
  - o Les études de conception, de fabrication et d'homologation des moyens de transports ;
  - o Les essais et la préparation des transports ;
  - o Les études de coûts associés ;

- La supervision des transports, comprenant :
  - o Le suivi en temps réel des transports ;
  - o La gestion des risques et la gestion de crise.

Les paragraphes qui suivent sont relatifs aux études de conception des emballages et de logistique pour les colis de déchets AREVA détenus sur le site de La Hague. Les résultats ainsi acquis en termes de faisabilité et de transportabilité sont représentatifs de la totalité des colis présents sur le site de La Hague, soit 70 % des colis à expédier vers Cigéo au total.

## **5.1. Etudes de conception des emballages de transport**

Les expéditions de colis de déchets depuis le site de La Hague sont caractérisées par :

- Des colis de déchets de mêmes familles à expédier en PHIPIL et dans les phases ultérieures d'exploitation du stockage.
  - o Cela nécessite de déployer dès 2031 la totalité de la diversité des emballages requis tout en apportant de la robustesse pour la logistique associée.
- Une diversité physico-chimique des déchets à expédier relativement faible et permettant d'envisager de se limiter à 4 ou 5 types d'emballages différents au plus.
  - o Cela apporte également de la robustesse à la logistique globale.
- Une grande partie des colis de déchets à transporter (CSD-V, CSD-U, CSD-B, CSD-C) disposant déjà d'une solution de transport éprouvée, puisque AREVA retourne déjà ce type de contenus (même plus chauds) à ses clients.
  - o Ce retour d'expérience permet dans la plupart des cas de n'envisager que des études réglementaires visant à garantir la conformité du modèle d'emballage aux éventuelles évolutions de la réglementation.
- Des études de pré-faisabilité déjà réalisées dès 2010 pour la majorité des autres colis de déchets (CBF-C'2, CAC, FCE, ECE cimentés, fûts de bitumes)
  - o Ces études préliminaires permettent de bénéficier de premiers acquis afin de réduire la durée de développement des emballages.
- La prise en considération des capacités de manutention et d'exploitation des installations expéditrices du site
  - o Qui représentent une contrainte industrielle dans le choix des types d'emballages.

Ainsi, AREVA a pu mentionner des noms d'emballages dès les premiers PIGD et les études ont consisté, dans un premier temps, à confronter les capacités de ces emballages existants et exploités, ou en cours d'études, aux caractéristiques des colis de déchets à transporter.

Dans le précédent rapport, AREVA annonçait la relance de ces études à partir de 2015. Depuis cette date, les études de faisabilité ont été réalisées en 2015 et 2016 ; les études de pre-design ont été lancées en 2017 et se poursuivront en 2018.

Le tableau ci-dessous rappelle les solutions de transport envisagées par AREVA pour le transport de ses déchets depuis La Hague dans le PIGE VE et les précédents.

Identifiant emballage de transport	Identifiant famille	Capacité d'emballage (nombre de colis primaires – CP – par emballage)	Atelier d'expédition
TN833	COG-020, 420 (Fûts de bitumes)	12 CP	DE/EB
	COG-430 (Colis C5)	6 CP	
TN28	COG-140, 150, 160, 200, 470, 475, 800, 810, 820, 830, 850, 870, 880, 890, 900 (Vitrifiés CSD-V, CSD-U, CSD-B, DTHA et CSD-TiSr)	28 CP	DRV
Type TN28	COG-400 (Colis PIVIC)	6 CP	DRV
TN837	COG-030, 040, 050, 440, 480, 500, 510 Colis Cimentés CBF'C'2, CAC, FCE, CFR HAO)	3 CP	DE/EDS
TN843	COG-070, 100, 110, 120, 450, 460, 490, 530, 540, 550, 870 (CSD-C)	36 CP	DE/EDS ou DRV
EMB8 (TN 28)	COG-560 (colis Phomix)	1 CP	à l'étude

### 5.1.1. Emballage TN 28 VT (CSD-V, CSD-U, CSD-B, CSD-DTHA, CSD-TiSr)

#### Description de l'emballage

Cet emballage est équipé de 2 types de paniers à 5 ou 7 logements de capacité maximale respective à 20 et 28 canisters. Sa masse maximale admissible (liées aux études de mécanique) est de 113 tonnes.

#### Etat d'agrément de l'emballage

Cet emballage été agréé pour le transport des CSD-V produits selon la spécification 300 AQ 016; les CSD-B produits selon la spécification 300 AQ 06, et les CSD-C produits selon 300 AQ 055. Une prorogation d'agrément est en cours pour les CSD-V produits selon 300 AQ 060. Un nouvel emballage sera nécessaire à partir de 2040.

#### Flotte

Selon les études de modélisation logistique menées par AREVA sur la base du PIGD VD, le besoin est de moins de 5 emballages à 2033, et la tête de série devrait être disponible vers 2029.

### Exploitation de l’emballage

Les opérations d’exploitation sont maîtrisées à La Hague à l’atelier DRV et la comptabilité avec les interfaces de l’atelier DRV de LHA également.

### Etudes pour transport de CSD-U en PHIPIL

Les études de faisabilité ont permis de conclure en 2016 sur la bonne adéquation de l’emballage pour le contenu à transporter. Les études de pré-design sont en cours. Aucune difficulté n’est relevée en thermique et en radioprotection, les colis étant couverts par les CSD-V. Les éventuelles contraintes d’exploitation relatives à la masse des colis ont également été étudiées.



### Etudes pour transport de Conteneurs Standards contenant des capsules de TiSr en Phipil

Les études de faisabilité ont permis de conclure sur la bonne adéquation de l’emballage pour le contenu à transporter. Les études de pré-design ont été interrompues pour des raisons de budget, aucune difficulté particulière n’est attendue.

### Etudes pour transport CSD-V, CSD-B et CSD-DT HA à partir de 2080

Les études de faisabilité de 2016 ont permis de conclure au besoin d’un nouvel emballage du même type pour la période de livraison post-2080. Les études de pre-design auront lieu en 2018 ou 2019, le concept du colis de déchets n’étant pas arrêté.

#### **5.1.2. Emballage TN 843 (CSD-C)**

### Description de l’emballage

Cet emballage est équipé de paniers de 9 logements de capacité maximale de 36 canisters. La masse maximale admissible (liées aux études de mécanique) est de 118 tonnes.

### Etat d’agrément de l’emballage

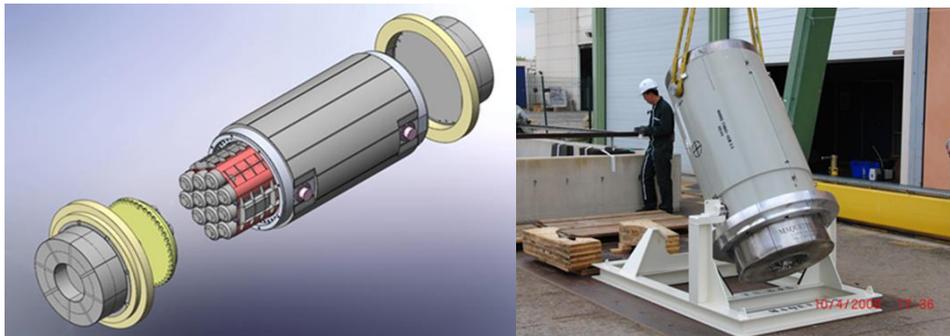
L’emballage a été agréé en juillet 2013 pour le transport de CSD-C produits selon 300 AQ 055.

## Flotte

Lors des études de logistique relatives au PIGD VD, AREVA avait estimé le besoin à 10 emballages en 2030 et un besoin de tête de série en 2026. Ces études sont à mettre à jour pour intégrer les chroniques du PIGD VD et les évolutions de conception du Cigéo.

## Exploitation de l'emballage

Pour les transports de CSD-C japonais, l'emballage TN 843 a été étudié à l'atelier DRV de LHA. Les études sont à consolider pour l'atelier DE-EDS, dans lequel seront chargés les CSD-C pour Cigéo.



## Etudes pour transport de CSD-C en Phipil et plus tard

Les études de faisabilité ont conclu en 2016 à la bonne adéquation colis-emballage en termes de géométrie et de capacité (36 positions). Les études de pre-design sont en cours. Aucun point dur n'a été relevé. Une étude d'optimisation de l'habillage de l'emballage est en cours afin de s'affranchir des contraintes d'exploitation relatives à la masse des CSD-C.

## Etudes pour transport des CSD-C HAO en Phipil

Les études de faisabilité ont conclu en 2016 à la bonne adéquation colis-emballage en termes de géométrie et de capacité (36 positions). Les études de pre-design sont en cours. La transportabilité des colis vis-à-vis de la radiolyse est étudiée en particulier.

### **5.1.3. Emballage TN 833 (Fûts de bitume, colis C5, colis PIVIC)**

#### Description de l'emballage

L'emballage est équipé de paniers de 6 fûts superposés pour une capacité maximale de 12 colis de déchets. La masse maximale admissible est de 38 tonnes.

#### Etat d'agrément de l'emballage

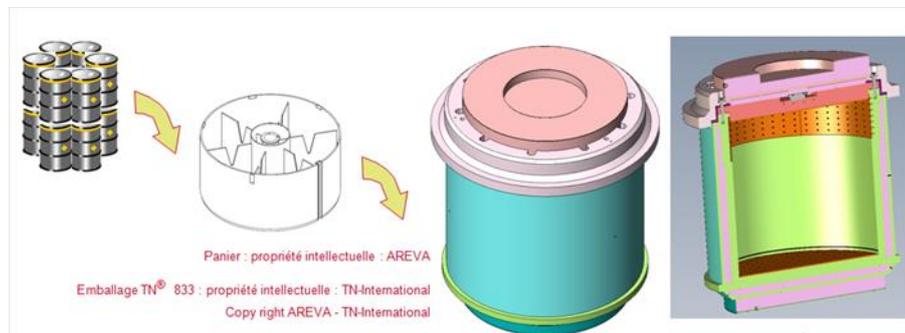
En 2010 et 2011 une expertise de l'IRSN a eu lieu pour le modèle de colis TN833 chargé de fûts de bitume STE3, ainsi qu'un groupe permanent transport du 28 juin 2011.

## Flotte

Les études de logistiques réalisées par AREVA sur la base du PIGD VD et du concept Cigéo de 2015 ont estimé le besoin à 10 emballages en 2030 et le besoin d'une tête de série en 2027. Ces études restent à mettre à jour.

### Exploitation de l'emballage

Des études de chargement du TN 833 dans l'atelier DEEB avaient été initiées en 2008-2009, elles seront relancées en 2018.



### Etudes pour transport de fûts STE3 et STE2 en Phipil et plus tard

Les études de faisabilité ont conclu fin 2016 à la bonne adéquation colis-emballage en termes de géométrie et de capacité (12 positions). Les études de pre-design en cours montrent qu'il n'est pas attendu de difficulté particulière en radioprotection, criticité. La radiolyse est en cours d'étude.

### Etudes pour transport des C5

Les études de faisabilité ont conclu fin 2016 à l'impossibilité d'obtenir une capacité de transport de 12 colis de déchets, et à la faisabilité pour 6 colis de déchets. Les études de pre-design ont été suspendues.

### Etudes pour transport des PIVIC en fin de période MAVL Cigéo

Les études de faisabilité ont conclu fin 2016 à l'inadéquation entre cet emballage et le colis PIVIC, pour des raisons liées à la masse et au débit d'équivalent de dose neutron. Les études de pre-design ne sont pas encore engagées, vu la chronique tardive d'évacuation de ces colis de déchets, cependant un emballage de type TN 28 sera étudié par AREVA.

## **5.1.4. Emballage TN 837 (Colis cimentés CBF-C'2, CAC, FCE, CFR HAO)**

### Description de l'emballage

L'emballage est équipé pour une capacité maximale de 3 colis CBF-C'2. La masse maximale admissible est de 46 tonnes.

### Etat d'agrément de l'emballage

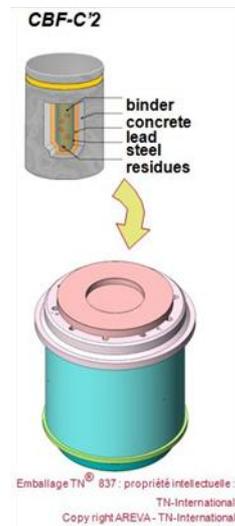
AREVA avait simplement réalisé des études préliminaires jusqu'en 2010, mais ces études n'ont pas atteint la rédaction d'un DOS.

### Flotte

Les études de logistiques réalisées par AREVA sur la base du PIGD VE et du concept Cigéo de 2015 ont estimé le besoin à 10 emballages en 2030 et le besoin d'une tête de série en 2025. Ces études restent à mettre à jour, notamment pour les colis FCE et CFR HAO.

### Exploitation de l'emballage

Des études très préliminaires de chargement en CBF-C'2 du TN 837 dans l'atelier DE/EDS avaient été initiées en 2009. Elles sont à relancer en 2018-2019 pour consolider les interfaces.



### Etudes pour transport de colis CBF-C'2 et CAC en Phipil et plus tard

Les études de faisabilité ont conclu fin 2016 à la bonne adéquation colis-emballage en termes de géométrie et de capacité (3 positions). Les études de pre-design sont en cours. Il n'est pas attendu de difficulté particulière pour la radiolyse, la thermique et la mécanique. La radioprotection et criticité sont en cours d'étude (2017-2018).

### Etudes pour transport des FCE (Phipil) et CFR HAO

Les études de faisabilité ont conclu en 2016 à l'inadéquation géométrique entre les colis cimentés les plus volumineux et le TN 837. AREVA est en train d'étudier un emballage plus volumineux. Dans ce cadre, et afin d'optimiser le gisement de colis de déchets qui pourraient être transportés, AREVA étudie des possibilités de mutualisation avec les colis FAVL de La Hague notamment

## **5.2. Etudes logistiques**

AREVA a réalisé en 2015 une étude de modélisation des flux logistiques depuis la position des colis de déchets en entreposage sur le site de La Hague, jusqu'à leur position en stockage au Cigéo. Ces études étaient basées sur la conception de Cigéo en 2015 (notamment capacité des installations de surface) et sur le PIGD VD. Elles seront mises à jour en 2018 et 2019. Ces études avaient permis de déduire des besoins de dimensionnement de flottes d'emballage pour le site de La Hague.

Le schéma de transport depuis le site de La Hague n'a pas évolué et est décrit ci-après.

En effet, AREVA envisage de procéder conformément aux pratiques actuelles pour les retours des colis de déchets étrangers, c'est-à-dire des expéditions effectuées à partir du site de La Hague jusqu'au terminal ferroviaire de Valognes par route, puis par convois ferroviaires jusqu'à Cigéo.

Par ailleurs, pour l'ensemble des colis à expédier depuis le site d'AREVA La Hague, les conditions d'exploitation des emballages seront les suivantes :

Sur le site de La Hague (site expéditeur)

- chargement dans l'emballage des colis en cellule, emballage en position verticale, capots et couvercles retirés ;
- préparation de l'emballage en vue de son expédition, emballage soit en position verticale soit en position horizontale ;
- positionnement et arrimage sur le moyen de transport routier, transport de l'emballage en position verticale ou en position horizontale selon le type et le moyen de transport jusqu'au terminal ferroviaire de Valognes.

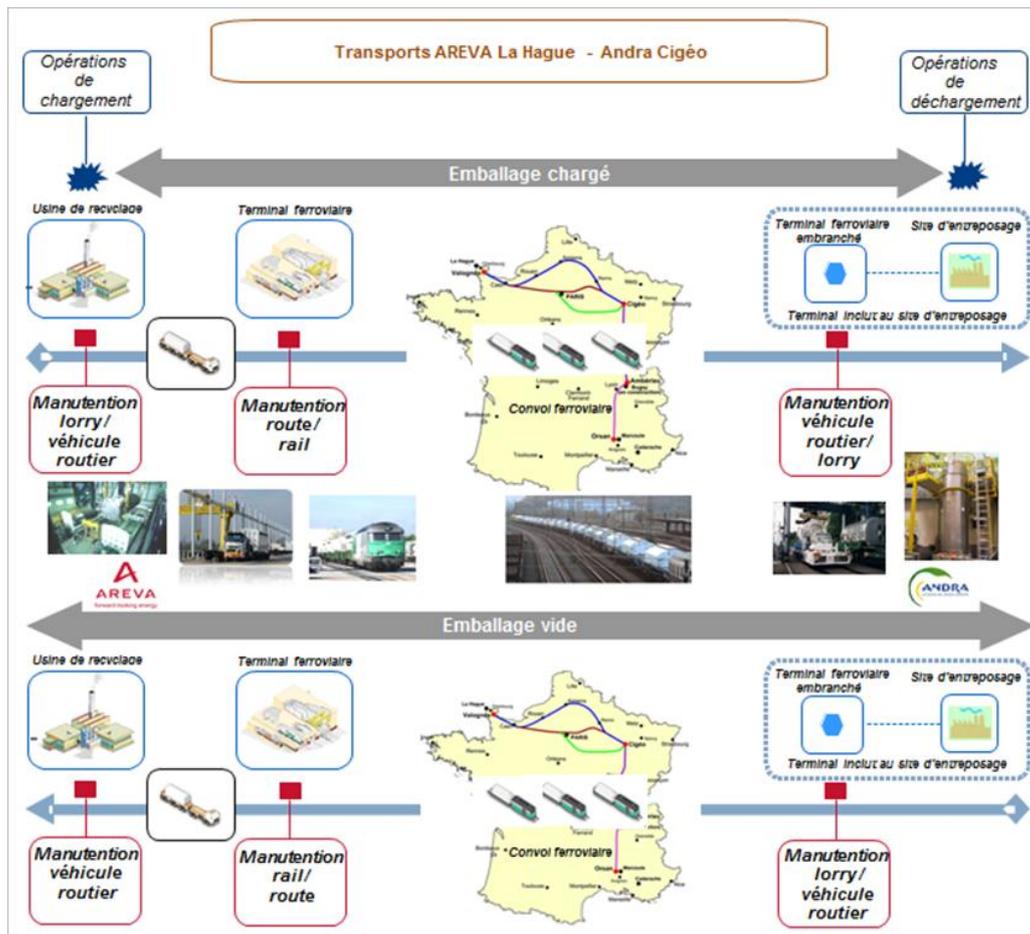
Sur le terminal ferroviaire d'AREVA de Valognes

- transbordement de l'emballage du moyen de transport routier sur le moyen de transport ferroviaire, transport de l'emballage jusqu'au site de Cigéo.

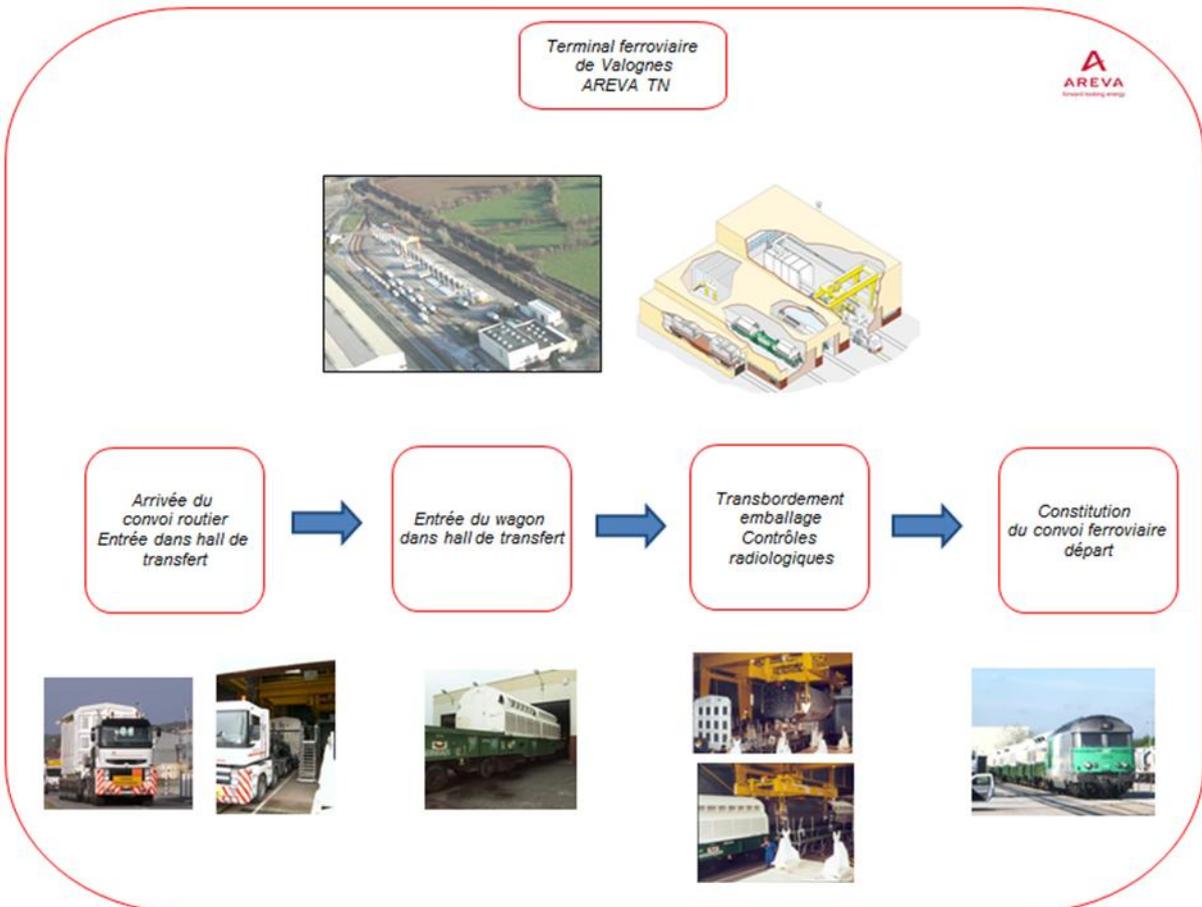
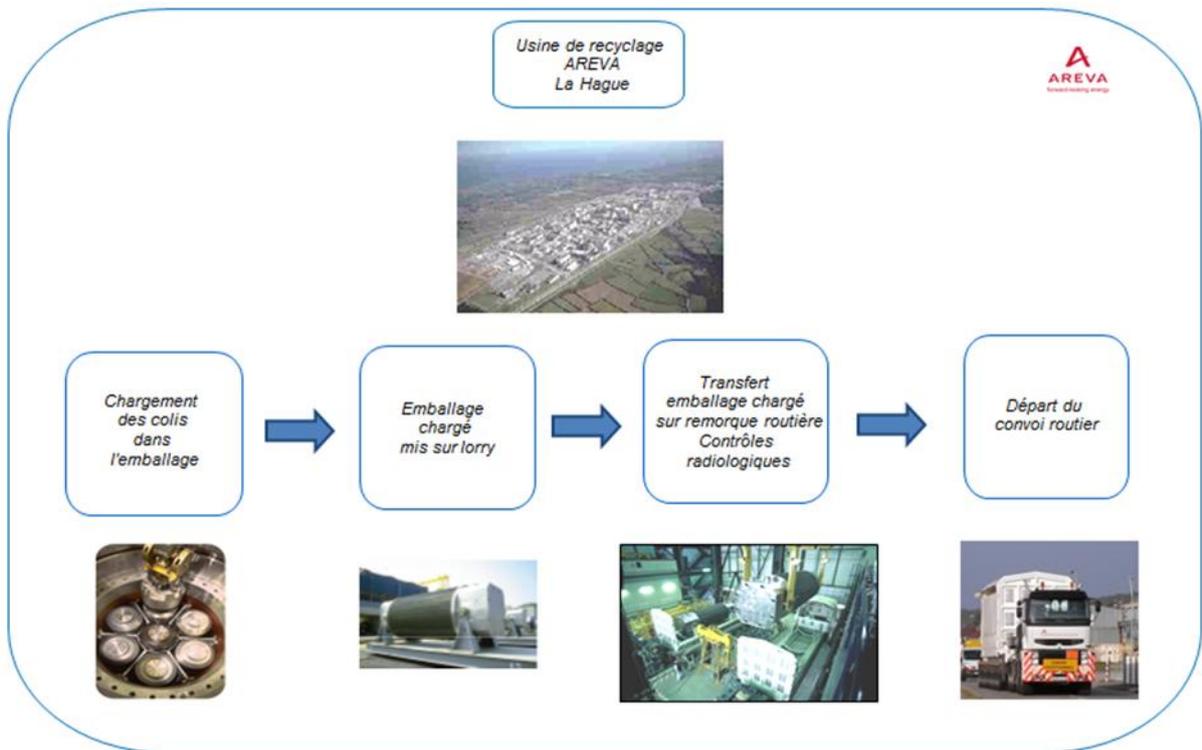
Sur le site de Cigéo (site destinataire)

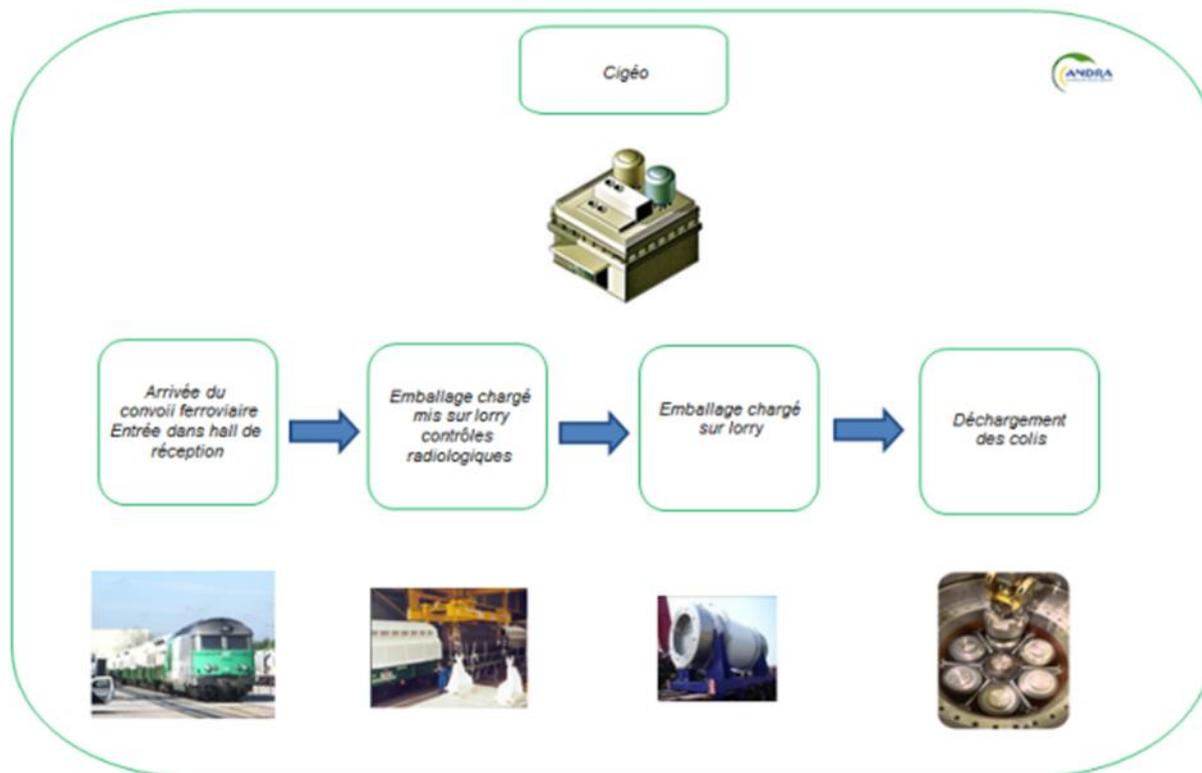
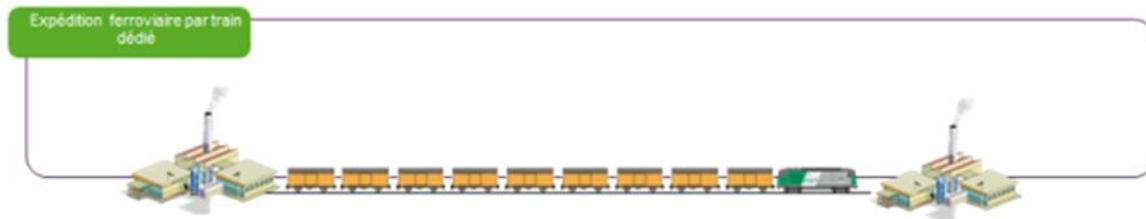
- préparation de l'emballage en vue de son déchargement, emballage soit en position verticale soit en position horizontale selon le type et la configuration ;
- déchargement des colis en cellule, emballage en position verticale, capots et couvercles retirés.

Le synoptique des transports entre le site AREVA La Hague et le site Cigéo, est présenté ci-après.



Transport des colis de déchets HA-MAVL depuis les sites expéditeurs vers Cigéo





## 6. Avancement des études de transportabilité depuis les sites du CEA

### 6.1. Méthodologie d'élaboration des scénarios de transport

Compte tenu de l'environnement géographique des sites de Marcoule et de Cadarache, des voies et des infrastructures de transport disponibles dans leurs champs proches, ainsi que des spécificités des installations concernées, le CEA a créé début 2013 un projet en vue d'étudier la transportabilité de ses colis de déchets vers Cigéo et élaborer des scénarios de transport de référence viables afin de garantir les expéditions conformément aux PIGD successifs sur toute la durée de chargement de Cigéo.

La démarche engagée ainsi par le CEA en 2013 a été de définir des scénarios de transport à partir des connaissances et des contraintes techniques et réglementaires acquises au fur et à mesure de l'avancée du projet. Cette méthodologie d'analyse systématique a été établie en vue d'anticiper les questionnements des autorités et du public pour réaliser les transports en provenance des sites selon ce que décidera le CEA.

Alors que l'arrivée à Cigéo par voie ferroviaire est figée, tous les modes de transports au départ des centres ont été envisagés par le CEA pour élaborer ses scénarios (route, fer, voie navigable, transports multimodaux) à l'exception du mode aérien jugé rédhibitoire compte tenu des masses à transporter, des flux et de la difficulté à concevoir les modèles de colis de transport adaptés.

Ensuite chaque scénario de base a été évalué au regard de critères techniques qui reflètent les grandes composantes du projet que sont les performances d'exploitation, la sécurité du transport, l'acceptabilité par le public, les impacts sur l'environnement et les contraintes liées à la conception, pour déterminer les scénarios de référence à étudier. Des études de faisabilité en vue d'éliminer les scénarios irréalistes, de poser les premiers éléments de définition des emballages, et de réaliser les premières études de flux ont été menées depuis 2013. Une analyse des coûts, une analyse de risques et des études de flux ont permis d'affiner ces scénarios.

Les scénarios envisagés impliquent :

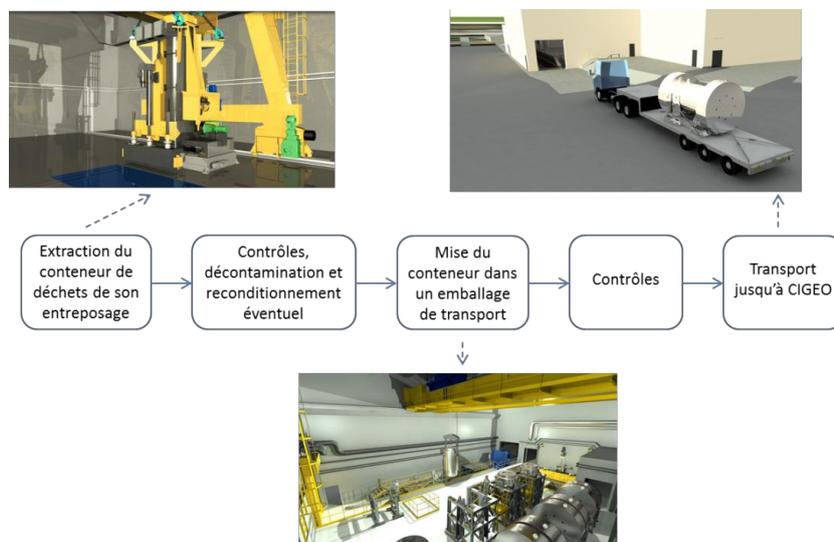
- l'adaptation des installations de départ actuellement sous dimensionnées ou la création d'installations de transfert,
- la création de plateformes d'expédition,
- la création ou l'adaptation de terminaux ferroviaires ou fluviaux.

Les terminaux d'expédition et de transbordements hors site envisagés par le CEA sont des sites de transbordement voie routière → voie ferrée, voie routière → voie navigable ou voie navigable → voie ferrée.

Ainsi le CEA envisage des transports soit par bateau, mode de transport peu émetteur de CO2, soit par train, mode de transport le moins émetteur de CO2. En tout état de cause le CEA ne veut s'interdire aucun mode de transport pour se prémunir de difficultés liées à l'utilisation de la voie ferroviaire ou routière.

Aucun mode de transport étudié n'apparaît comme incompatible pour le transport des déchets, sur la base des connaissances techniques et réglementaires acquises à ce jour.

Les expéditions de déchets se feront selon le principe décrit dans le schéma suivant.



A l'arrivée à Cigéo, la prise en charge se fera selon le même principe, mais en sens inverse.

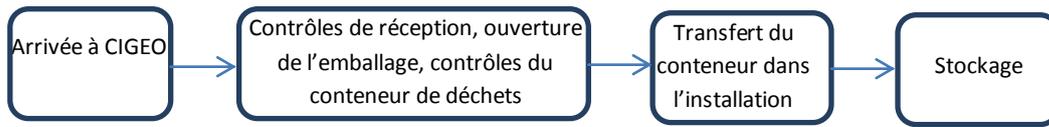


Figure 4. Synoptique des expéditions des colis de déchets vers Cigéo

Le choix définitif des scénarios de transport de référence au départ des sites CEA n'interviendra qu'après le résultat des dernières études de faisabilité complémentaires en cours, le remontage global des coûts et la décision d'engager ou non les investissements pour les phases de conception et de réalisation des infrastructures et des emballages, en lien avec le planning CIGEO conformément aux engagements et moyens du CEA.

## 6.2. Méthodologie de choix des emballages de référence

En vue de garantir la disponibilité d'un parc d'emballages suffisant et compatible avec les scénarios de transport envisagés, le CEA a mis en place une méthodologie de choix des emballages de référence basée sur des inventaires emballages systématiques, une consultation des concepteurs français et étrangers et des études de faisabilité. L'objectif était de déterminer les spécifications d'utilisation d'emballage enveloppes à prendre en compte pour le dimensionnement des infrastructures de transport et le choix des scénarios de transport vers Cigéo.

En effet, le choix des emballages est fortement contraint par les capacités de manutention des installations expéditrices du CEA limitées de manière générale aux masses admissibles en transport non exceptionnel et par les possibilités de sortie du centre (pas d'embranchement ni de port à moins d'une dizaine de kilomètres, ouvrages d'art de capacité limitée, voie routière sous dimensionnée).

Le CEA a donc procédé à l'inventaire de la manière la plus exhaustive possible, des emballages agréés pour la voie publique existants chez tous les concepteurs français et étrangers sur la base d'une analyse systématique géométrique (cavité), de la situation réglementaire connue (AIEA), des masses à transporter, et des données pertinentes quand elles étaient connues. Suite au résultat de ce premier inventaire un certain nombre de concepteurs ont été consultés, afin que chacun examine son parc d'emballages existants ainsi que les concepts en cours de développement. L'adéquation conteneur primaire – emballage a été étudiée en se basant sur la définition des contenus à transporter à la date d'expédition du PIGD (le CEA a procédé à des calculs d'évolution afin de disposer des spectres radiologiques par famille de colis de déchets aux dates d'expédition prévues). Ainsi des études de faisabilité ont été réalisées sur la base de la compatibilité géométrique et massique entre le contenu acceptable par chaque emballage et les conteneurs primaires de toutes les familles de déchets à expédier par les sites CEA.

A l'issue de ce travail l'emballage adapté le plus performant a été retenu en référence technique pour le dimensionnement des installations, par famille de déchets en accord entre le CEA et chaque concepteur, et a fait l'objet d'une analyse préliminaire de sûreté de manière à évaluer le respect des exigences de sûreté énoncées par la réglementation que sont la radioprotection, la thermique, la criticité et le

relâchement. Ces éléments permettent ainsi de disposer de premières garanties sur la transportabilité des contenus concernés avec les emballages retenus en référence technique.

Pour chaque famille il a été recherché l'emballage qui présente les plus grandes capacités de manière à optimiser les flux imposés par le PIGD indice E. Ainsi la voie des emballages lourds de masse pouvant aller jusqu'à 120 tonnes a été privilégiée car le CEA a démontré que pour respecter les cadences du PIGD indice E, il est nécessaire de disposer d'emballages les plus capacitifs possibles.

A l'issue de ce travail, terminé fin 2016, il a été démontré que certaines familles de colis de déchet étaient orphelines d'emballages. Par conséquent le CEA a initié une démarche d'études spécifiques d'emballages capacitifs de masse inférieure à 120 tonnes en vue de déterminer les caractéristiques géométriques et massiques, ainsi que les conditions d'exploitation pour le transport par voie routière, ferrée et fluviale des familles concernées. L'action en cours a pour objectif de dimensionner les modèles de colis de manière à garantir le respect des exigences de sûreté énoncées par la réglementation que sont la radioprotection, la thermique, la criticité et le relâchement. L'élaboration de ces préconcepts est basée en priorité sur le dimensionnement des écrans de radioprotection, des écrans thermiques et du blindage permettant d'assurer la tenue mécanique de l'ensemble.

L'inventaire exhaustif auprès de plusieurs concepteurs a eu pour but d'une part d'éviter une situation de monopole avec un seul concepteur, et d'autre part de pouvoir définir une stratégie d'acquisition des emballages nécessaires aux expéditions conformes aux engagements et moyens du CEA.

Le CEA dispose ainsi à ce jour d'un premier panorama du parc d'emballages nécessaire au respect des cadences du PIGD indice E. Les concepts d'emballages les plus récents et de concept les plus pérennes vis-à-vis des autorités ont été retenus en référence technique. Ensuite, les caractéristiques des emballages retenus en référence technique et les contraintes d'exploitation associées servent de données d'entrée pour le dimensionnement des infrastructures de transport étudiées par le CEA.

Enfin le CEA se garde la possibilité de mutualiser l'utilisation, la fabrication ou la conception de certains emballages avec AREVA et EDF ou de choisir ou concevoir ses propres emballages. En tout état de cause le choix définitif des emballages de référence sera fonction de la stratégie d'aménagement des installations expéditrices et de création des infrastructures de transport qui sont dimensionnantes et dont découlent directement les capacités des emballages.

A ce stade de l'avancée du projet, il n'est pas identifié de difficultés particulières concernant la mise à disposition d'emballages de transport adaptés compte tenu des délais de conception/fabrication d'un emballage de transport (7 ans pour un exemplaire, 10 ans pour plusieurs).

Le rétro-planning type du paragraphe 4 appliqué aux colis expédiés les dix premières années de fonctionnement de Cigéo, d'une part, et la durée de conception/fabrication des flottes d'emballages nécessaires, d'autre part, montrent que le CEA disposera des emballages de transport nécessaires aux dix premières années de fonctionnement de Cigéo. La date décisionnelle, directement calée sur le planning Cigéo, du lancement des études de conception éventuelles identifiée par le CEA est donc 2021.

Concernant les colis expédiés dans les phases ultérieures, il n'est pas noté de difficulté non plus.

## 7. Avancement des études de transportabilité depuis les sites EDF

EDF initie des études relatives à la transportabilité des déchets entreposés sur ses sites, en particulier sur la définition d'un modèle d'emballage de transport pour les conteneurs primaires expédiés au cours des dix années d'exploitation de Cigéo suivant la PHIPIL.

- Déchets Activés de Démantèlement du parc de réacteurs de première génération et Déchets Activés d'Exploitation et de Démantèlement du parc REP actuel

Les expéditions de ces colis de déchets (famille EDF-080, EDF-090 et EDF-100) sont prévues à partir de 2044. Leur production s'effectuera :

- au sein de l'Installation de Conditionnement et d'Entreposage des Déchets Activés (ICEDA), actuellement en construction sur le site de Bugey, pour les déchets activés d'exploitation et les déchets activés de démantèlement du parc de réacteurs de première génération,
- sur ICEDA ou une installation EDF équivalente (après obtention des autorisations administratives nécessaires) pour les déchets de démantèlement du parc REP actuel.

Il est prévu que l'ensemble de ces déchets soit conditionné dans des conteneurs en béton de type C1PG après blocage des déchets.

Bien que les envois de ces colis vers Cigéo ne commencent qu'à partir de 2044, EDF initie des études de faisabilité et de pré-design d'emballages de transport de ces colis de type C1PG. Des éléments de faisabilité seront disponibles en amont du jalon de la DAC de Cigéo.

- Déchets divers EDF

Les expéditions des familles EDF-110, EDF-120 et EDF-250 sont prévues à partir de 2057. Les études de conception d'emballage de transport pour la solution de colis retenue seront lancées de sorte à disposer d'emballages de transport agréés et opérationnels dans des délais compatibles avec l'ordonnancement des livraisons.

Famille élémentaire	Installation de départ	Nb de CP	Date 1er envoi	Statut des études emballages
EDF-080	BUGEY	750	2045	études de faisabilité et de pré-designs d'emballage initiées
EDF-090	BUGEY	350	2045	études de faisabilité et de pré-designs d'emballage initiées
EDF-100	site EDF	4700	2044	études de faisabilité et de pré-designs d'emballage initiées
EDF-110	site EDF	10	2069	Pas avant 2040
EDF-120	site EDF	15	2070	Pas avant 2040
EDF-250	site EDF	10	2057	Pas avant 2040

- Scénario d'expédition

La seule installation de conditionnement et d'entreposage de déchets MAVL d'EDF est ICEDA, en cours de construction sur le site de Bugey. Cette installation est embranchée sur le réseau ferroviaire français. Par ailleurs, compte tenu d'une part des dimensions du colis primaire de déchets (C1PG) qui y sera produit pour conditionner les déchets MAVL et d'autre part des dimensions prévisionnelles importantes de l'emballage de transport de ces C1PG, le transport par voie ferroviaire est privilégié à ce stade pour les expéditions depuis ICEDA. Il convient de noter que ce mode de transport est cohérent avec la solution privilégiée par l'Andra d'une réception de ces emballages à Cigéo par wagon.

Une réservation a été prévue à ICEDA pour l'atelier de chargement des C1PG dans leur l'emballage de transport vers Cigéo. Toutefois, étant donné que les expéditions de C1PG depuis ICEDA vers Cigéo ne débuteront qu'en 2044 selon la chronique du PIGD vE, la conception et la réalisation de cet atelier spécifique ont été différées afin qu'elles soient adaptées, le moment venu, aux emballages de transport agréés conformément à la réglementation applicable.

Concernant le dimensionnement des moyens de transport, des études logistiques devront être lancées sur la base des emballages identifiés par EDF (définissant la capacité unitaire et le taux de rotation des emballages).

## **8. Optimisation des scénarios de transport**

En parallèle de leurs études de transportabilité pour leur compte propre, AREVA, le CEA et EDF ont initié des discussions en vue d'évaluer l'intérêt commun de mutualiser la réalisation d'études de faisabilité dans un premier temps, et la conception/réalisation de flotte commune dans une deuxième temps.

Ces discussions sont centrées sur les premières expéditions qui seront réalisées pendant la phase industrielle pilote PHIPIL.

Le premier axe de recherche structurant concerne la mutualisation d'emballages de transport et de leurs flottes, pour différentes familles de déchets présentant des caractéristiques similaires (en termes de masse, gabarit et propriétés physico-chimiques), entreposés sur un même site expéditeur, voire pour des familles de déchets entreposés sur des sites différents.

En particulier, AREVA et le CEA évaluent l'opportunité d'un emballage commun pour les bitumes de La Hague et les bitumes de Marcoule.

De même, AREVA et EDF ont identifié l'opportunité d'un emballage commun pour les colis cimentés de La Hague et des sites EDF.

Une fois les scénarios préférentiels d'expédition de chaque exploitant établis, la prise en compte d'éventuelles opportunités de mutualisation de flottes de moyens de transport, de mutualisation de l'utilisation d'infrastructures, existantes, à adapter ou à créer, permettra de définir un ou plusieurs schémas logistiques optimisés.

## 9. Conclusion

Dans le cadre de l'élaboration du Plan National de Gestion des Matières et des Déchets Radioactifs, AREVA, le CEA et EDF apportent dans ce document les éléments de réponse demandés par l'arrêté du 23 février 2017 pris en application du décret PNGMDR. Depuis le précédent rapport PNGMDR, EDF, le CEA et AREVA ont poursuivi leurs études de transportabilité spécifiques aux déchets détenus sur leurs sites respectifs et à leurs contraintes d'exploitation en vue d'élaborer des scénarios de transport multimodaux viables permettant de garantir les transports de déchets HA-MAVL à l'horizon 2031, après décalage d'un an du planning directeur de Cigéo. La chronique prise en référence est celle du PIGD VE translatée de 1 an. Cette hypothèse de translation globale d'un an ne remet pas en cause les précédentes études de transportabilité des expéditeurs.

Chaque entité s'est dotée d'une structure projet, permettant d'une part d'étudier la transportabilité des colis de déchets détenus sur ses sites respectifs et d'autre part d'amorcer les discussions entre exploitants en vue d'évaluer les possibilités d'optimisation et de mutualisation. Toutefois, le choix définitif des scénarios de transport de référence au départ des sites n'interviendra qu'après le résultat des dernières études de faisabilité complémentaires en cours, le remontage global des coûts et la décision d'engager ou non les investissements pour les phases de conception et de réalisation des infrastructures et des emballages, en lien avec le planning directeur de Cigéo, conformément aux engagements et moyens des exploitants.

Compte tenu de la date prévisionnelle de mise en service actif de Cigéo de 2031, de l'avancement de leurs études de transportabilité respectives et de leur retour d'expérience dans le domaine des transports, EDF, le CEA et AREVA estiment qu'ils disposeront des flottes d'emballages et des moyens de transport nécessaires, en particulier pour les colis de déchets devant être expédiés durant les dix premières années de fonctionnement de Cigéo lors de la mise en actif de la PHIPIL (phase industrielle pilote). De plus, les exploitants considèrent que le retour d'expérience dont ils disposent, en lien avec leurs partenaires habituels, démontre une maîtrise technique du transport de tous les types de colis de déchets qui sont destinés à Cigéo, et permettra d'apporter les garanties suffisantes pour proposer des solutions adaptées aux futurs transports.

La démarche des exploitants consiste à proposer ces solutions de transport à la lumière de leur meilleur niveau de connaissance actuel de leurs colis de déchets et de leur retour d'expérience de l'exploitation de leurs parcs d'emballages de transport de substances radioactives.