



# LES INVENTAIRES DU DOSSIER DAC DE CIGÉO

Florence LIEBARD

Andra - Direction sûreté, environnement et  
stratégie filières

GT « Concertation Cigéo » - 23 janvier 2020

## Les inventaires considérés dans le dossier DAC de Cigéo

- Le code de l'environnement dispose dans son article D.542-90 que :

*« L'inventaire à retenir par l'Andra pour les études et recherches conduites en vue de concevoir le centre de stockage prévu à l'article L.542-10-1 de ce même code comprend un inventaire de référence et un inventaire de réserve.*

*L'inventaire de réserve prend en compte les incertitudes liées notamment à la mise en place de nouvelles filières de gestion de déchets ou à des évolutions de politique énergétique.*

*Le centre de stockage est conçu pour accueillir les déchets de l'inventaire de référence. »*

- Le périmètre des déchets retenus pour les études de Cigéo se décompose ainsi en un inventaire de référence et un inventaire de réserve.

# L'IN : donnée d'entrée des inventaires de Cigéo

Depuis le « *Rapport préalable au débat public sur le projet de stockage géologique profond de déchets radioactifs Cigéo* » du HCTISN (28/03/2013), 2 nouvelles éditions de l'IN :

## Edition 2015



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



## Edition 2018



Les Essentiels, Rapport de synthèse, Inventaire géographique, Catalogue des familles

# Origine des inventaires de Cigéo : les scénarios de l'IN

Outre la présentation du bilan des stocks de déchets et de matières, l'édition de l'IN présente les volumes de déchets et de matières associés à des scénarios prospectifs de politique énergétique.

- **Les scénarios de l'édition 2018 de l'Inventaire national : 4 scénarios contrastés d'évolution de la politique énergétique française**
  - **3 scénarios de renouvellement :**
    - ➔ différentes durées de fonctionnement des réacteurs du parc actuel
    - ➔ déploiement de nouveaux réacteurs avec des hypothèses différentes sur le type de réacteurs déployés
  - **1 scénario de non-renouvellement :**
    - ➔ arrêt de la production électronucléaire

# Les inventaires prospectifs (édition 2018 de l'IN)



		SR1	SR2	SR3	SNR
<i>Hypothèses</i>		Poursuite (fonctionnement 50 à 60 ans) Déploiement EPR puis RNR	Poursuite (fonctionnement 50 ans) Déploiement EPR puis RNR	Poursuite (fonctionnement 50 à 60 ans) Déploiement EPR	Arrêt (fonctionnement 40 ans / EPR 60 ans)
HA	Combustibles usés requalifiés en déchets	-	-	9 100 tML	28 300 tML
	Déchets vitrifiés	12 000 m <sup>3</sup>	10 000 m <sup>3</sup>	9 400 m <sup>3</sup>	4 200 m <sup>3</sup>
MA-VL		72 000 m <sup>3</sup>	72 000 m <sup>3</sup>	70 000 m <sup>3</sup>	61 000 m <sup>3</sup>
FA-VL	Uranium appauvri et uranium de retraitement requalifié en déchets			470 000 tML	434 000 tML
	Déchets	190 000 m <sup>3</sup>	190 000 m <sup>3</sup>	190 000 m <sup>3</sup>	190 000 m <sup>3</sup>
FMA-VC		2 000 000 m <sup>3</sup>	1 900 000 m <sup>3</sup>	2 000 000 m <sup>3</sup>	1 800 000 m <sup>3</sup>
TFA		2 300 000 m <sup>3</sup>	2 200 000 m <sup>3</sup>	2 300 000 m <sup>3</sup>	2 100 000 m <sup>3</sup>

*Les matières et déchets générés par le fonctionnement de nouveaux réacteurs venant en remplacement des réacteurs du parc électronucléaire actuel ne sont pas comptabilisés*

# Articulation inventaires de Cigéo / scénarios de l'IN

Scénario pour l'inventaire de référence de Cigéo

Scénarios pour l'inventaire de réserve de Cigéo

	SR1	SR2	SR3	SNR
Poursuite ou arrêt de la production électronucléaire	Poursuite	Poursuite	Poursuite	Arrêt
Durée de fonctionnement des réacteurs du parc actuel	Comprise entre 50 et 60 ans	50 ans	Comprise entre 50 et 60 ans	40 ans
Types de réacteurs déployés dans le futur parc	EPR puis RNR	EPR puis RNR	EPR seuls	X
Retraitement des combustibles usés	UNE, URE, MOX et RNR	UNE, URE, MOX et RNR	UNE seuls	Arrêt anticipé du retraitement des UNE
Requalification des matières en déchets				
HA	Aucune	Aucune	URE, MOX, RNR	Tous combustibles usés
FA-VL			Tout ou partie de l'uranium appauvri	Tout ou partie de l'URT et l'uranium appauvri

Etudes matières pour le PNGMDR



## L'inventaire de référence de Cigéo

# Inventaire de référence de la conception retenu au stade des études d'APD

- ✓ Installations autorisées à fin 2016,
- ✓ Parc actuel : 58 réacteurs en fonctionnement de type REP + 1 réacteur EPR (Flamanville) en cours de construction
- ✓ Durée d'exploitation prise conventionnellement en référence pour tous les réacteurs : 50 ans
  - ✓ Ne préjuge pas des résultats du réexamen décennal de sûreté des réacteurs ni des modalités liées le cas échéant à l'allongement de la durée d'exploitation de ces réacteurs au-delà de 50 ans.
- ✓ Les estimations ne prennent pas en compte les matières et déchets radioactifs générés par le fonctionnement de nouveaux réacteurs.
- ✓ La totalité des combustibles usés est supposée traitée.

	SR1	SR2	SR3	SNR
Poursuite ou arrêt de la production électronucléaire	Poursuite	Poursuite	Poursuite	Arrêt
Durée de fonctionnement des réacteurs du parc actuel	Comprise entre 50 et 60 ans	50 ans	Comprise entre 50 et 60 ans	40 ans
Types de réacteurs déployés dans le futur parc	EPR puis RNR	EPR puis RNR	EPR seuls	/
Retraitement des combustibles usés	UNE, URE, MOX et RNR	UNE, URE, MOX et RNR	UNE seuls	Arrêt anticipé du retraitement des UNE
Requalification des matières en déchets	Aucune	Aucune	URE, MOX, RNR et tout ou partie de l'uranium appauvri	Tous combustibles usés, tout ou partie URT uranium appauvri

# Inventaire de référence de la conception retenu au stade des études d'APD

9

Catégorie de déchets	Inventaire de référence retenu pour la DAC		Déchets produits à fin 2018*	
	Nombre de colis primaires	Volume des colis primaires (m <sup>3</sup> )	Volume produit (m <sup>3</sup> )	Ratio
HA	55 896	10 045	3 880	39 %
MA-VL	166 699	73 011	43 000	59 %

\* Les Essentiels 2020 – à paraître

Pour mémoire, lors de l'élaboration du rapport 2013 du HCTISN, l'inventaire de référence de Cigéo était composé de

- 10 059 m<sup>3</sup> de déchet HA dont 27 % produits à fin 2011
- 70 200 m<sup>3</sup> de déchets dont 57 % produits à fin 2011



# Principales typologies de déchets de l'inventaire de référence de Cigéo

## Déchets Vitriifiés

- Nombre de colis primaires : 55 586
- Volume des colis primaires (m<sup>3</sup>) : 9 988



## Déchets de structure :

- Nombre de colis primaires : 61 211
- Volume des colis primaires (m<sup>3</sup>) : 13 585



## Déchets résultant du traitement des effluents liquides

- Nombre de colis primaires : 64 072
- Volume des colis primaires (m<sup>3</sup>) : 20 240



# Principales typologies de déchets de l'inventaire de référence de Cigéo

## Déchets technologiques

- Nombre de colis primaires : 32 079
- Volume des colis primaires (m<sup>3</sup>) : 24 292



## Déchets activés (y compris ITER)

- Nombre de colis primaires : 9 337
- Volume des colis primaires (m<sup>3</sup>) : 14 895



# Focus sur les déchets bitumés

❖ 13 000 colis Orano La Hague et 29 000 colis CEA Marcoule dans l'inventaire de référence de Cigéo

- Avis de l'ASN du 11 janvier 2018 (DOS Cigéo) : privilégier la recherche de la neutralisation de la réactivité chimique des colis et mener des études visant à modifier la conception pour exclure le risque d'emballage de réactions exothermiques

⇒ Revue internationale (de septembre 2018 à juin 2019 )

➤ Actions à mener afin de pouvoir décider, le moment venu, du mode de gestion adapté à ces colis de déchets, le mode de gestion pouvant ne pas être unique

## Caractérisation et comportement à long terme

### Caractérisations complémentaires

- Conforter la démarche de prise en compte de la réactivité des bitumes dans la démonstration de sûreté
- Couvrir la variabilité des bitumes
- Définir des critères d'acceptation vérifiables

### Comportement long terme (gonflement sous eau)

- Consolider les calculs et les études de sensibilité
- Intégrer les données producteurs

## Traitement avant stockage

### A court terme

- Rapport quadripartite pour répondre à l'article 48b du PNGMDR : **en cours**

### A moyen terme

- Prise en compte des recommandations de la revue internationale (procédé de traitement d'un petit nombre de fûts)

## Stockage en l'état

### Définition d'une nouvelle démarche de sûreté au regard du bilan de connaissance et de l'instruction

- Scénarios de sûreté, hypothèses et conséquences associées
- Stratégie de gestion accidentelle/ post-accidentelle
- Exigences pour réduire le risque associé aux scénarios

Avancement : études Andra en cours





## L'inventaire de réserve de Cigéo

# L'inventaire de réserve

## Objectif :

- prendre en compte d'éventuelles évolutions de stratégie des industriels ou de politique énergétique
- prendre en compte les incertitudes liées notamment à la mise en place de nouvelles filières de gestion de déchets
- « *s'ils ne figurent pas dans l'inventaire de référence, les combustibles usés issus de l'exploitation des réacteurs électronucléaires, des réacteurs expérimentaux et de la propulsion nucléaire navale sont intégrés dans l'inventaire de réserve.* » (article D.542-91 du code de l'environnement)



# Inventaire de réserve lié à la production électronucléaire

Fondé sur les scénarios de l'édition 2018 de l'Inventaire national (définis en COPIL IN)

Prise en compte dans l'inventaire de réserve de :

- l'impact de la durée de fonctionnement du parc actuel
- du renouvellement ou non du parc
- du type de réacteur déployé dans le parc futur

# Prise en compte des évolutions de stratégie des industriels : augmentation de la durée de vie du parc actuel

	SR1	SR2	SR3	SNR
Poursuite ou arrêt de la production électronucléaire	Poursuite	Poursuite	Poursuite	Arrêt
Durée de fonctionnement des réacteurs du parc actuel	Comprise entre 50 et 60 ans	50 ans	Comprise entre 50 et 60 ans	40 ans
Types de réacteurs déployés dans le futur parc	EPR puis RNR	EPR puis RNR	EPR seuls	/
Retraitement des combustibles usés	UNE, URE, MOX et RNR	UNE, URE, MOX et RNR	UNE seuls	Arrêt anticipé du retraitement des UNE
Requalification des matières en déchets	Aucune	Aucune	URE, MOX, RNR et tout ou partie de l'uranium appauvri	Tous combustibles usés, tout ou partie URT uranium appauvri

Scénario **SR1** enveloppe en termes de quantités de combustibles usés retraités et donc de colis de déchets induits par le retraitement (colis de déchets vitrifiés HA de type CSD-V et colis de déchets de structure de type CSD-C).

# Prise en compte de l'évolution de la politique énergétique : non-renouvellement du parc actuel/arrêt du nucléaire

	SR1	SR2	SR3	SNR
Poursuite ou arrêt de la production électronucléaire	Poursuite	Poursuite	Poursuite	Arrêt
Durée de fonctionnement des réacteurs du parc actuel	Comprise entre 50 et 60 ans	50 ans	Comprise entre 50 et 60 ans	40 ans
Types de réacteurs déployés dans le futur parc	EPR puis RNR	EPR puis RNR	EPR seuls	/
Retraitement des combustibles usés	UNE, URE, MOX et RNR	UNE, URE, MOX et RNR	UNE seuls	Arrêt anticipé du retraitement des UNE
Requalification des matières en déchets	Aucune	Aucune	URE, MOX, RNR et tout ou partie de l'uranium appauvri	Tous combustibles usés, tout ou partie URT uranium appauvri

Pour l'inventaire de réserve, choix d'un scénario **SNR dit « enveloppe »** afin de retenir l'inventaire en combustibles usés le plus important

- arrêt de fonctionnement des réacteurs du parc actuel au bout de **50 à 60 ans de fonctionnement**

# Prise en compte de l'évolution de la politique énergétique : non-renouvellement du parc actuel/arrêt du nucléaire

**Combustibles REP non retraités** : 29.000 tML soit ~ 58.000 éléments combustibles représentant un volume à stocker, une fois conditionnés en colis de stockage, d'environ 52.000 m<sup>3</sup>

- **20 100 tML d'UNE** : plus de **39.000 éléments combustibles** se distinguant par leur longueur (courts pour le palier 900 MWe, longs pour les paliers 1300 MWe, 1450 MWe et EPR) et leur taux d'irradiation (100 % irradié pour la plupart ou sous-irradiés).
  - **Volume de colis de stockage de 34 000 m<sup>3</sup>**
- **5 200 tML de MOX** : **11.391 éléments combustibles** répartis selon quatre catégories fonctions de leur teneur en plutonium.
  - **Volume de colis de stockage de 11 700 m<sup>3</sup> environ**
- **3 700 tML d'URE** : **7.145 éléments combustibles** se distinguant par leur longueur et leur taux d'irradiation.
  - **Volume de colis de stockage de 6 300 m<sup>3</sup>**

# Prise en compte de l'évolution de la politique énergétique : non-renouvellement du parc actuel/arrêt du nucléaire

## Combustibles pour réacteurs à neutrons rapides

- environ **180 tML** de combustibles pour réacteurs à neutrons rapides neufs ou usés, de type fertile ou fissile représentant un peu plus de **1.000 éléments combustibles**
  - Volume de colis de stockage de **500 m<sup>3</sup>** environ

## Combustibles EL4

- Environ **50 tML** de combustibles EL4 représentant près de **2.700 éléments combustibles**
  - Volume de colis de stockage de **150 m<sup>3</sup>** environ

# Prise en compte de l'évolution de la politique énergétique : non-renouvellement du parc actuel/arrêt du nucléaire

## Impact sur l'inventaire de référence :

La prise en compte des CU dans l'inventaire de réserve implique de ne plus considérer les déchets issus du retraitement de ces CU de l'inventaire de référence (CSD-V et CSD-C)

- Ne plus prendre en compte les familles de déchets vitrifiés et de structure issues du retraitement des CU MOX, URE, RNR et EL4
- Diminution de l'inventaire des familles de déchets vitrifiés et de structure issues du retraitement des CU UNE

↪ - 18 842 CSD-V / - 25 003 CSD-C

# Combustibles usés du CEA pris en compte dans l'inventaire de réserve de Cigéo

## Combustibles usés des réacteurs expérimentaux du CEA

- **2 000 éléments combustibles** proviennent des réacteurs du CEA, principalement du réacteur Phénix qui représente environ **1 400 éléments combustibles** (expertisés ou non).

## Combustibles usés de la propulsion nucléaire navale

- **2 100 éléments combustibles** proviennent de la propulsion nucléaire navale : **290 éléments** sont des combustibles métalliques et **1 800 combustibles** de type oxydes

# Combustibles usés du CEA pris en compte dans l'inventaire de réserve de Cigéo

## Impact sur l'inventaire de référence :

La prise en compte des CU dans l'inventaire de réserve implique de ne plus considérer les déchets issus du retraitement de ces CU de l'inventaire de référence (CSD-V et CSD-C)

- Ne plus prendre en compte les familles de déchets vitrifiés et de structure issues du retraitement des CU du CEA/civil et des CU du CEA/DAM

↘ 91 CSD-V / 424 CSD-C

# Déchets destinés au stockage FA-VL pris en compte dans l'inventaire de réserve de Cigéo

## Colis de boues bitumées

- **32 549 fûts d'enrobés bitumineux** relevant de la catégorie FA-VL produits entre 1966 et janvier 1995 actuellement présents sur le site de Marcoule
  - **+ 352 fûts dits soupapes** issus du traitement des eaux de relargage du procédé d'enrobage et comportant un complément en bitume
- **colis identiques**, hormis des caractéristiques radiologiques qui les rendent éligibles à un stockage FA-VL, à ceux de la catégorie MA-VL
  - ↪ **Volume de colis primaire** : environ 12 700 m<sup>3</sup>
  - ↪ **Volume de colis de stockage** : environ 53 300 m<sup>3</sup>

# Déchets destinés au stockage FA-VL pris en compte dans l'inventaire de réserve de Cigéo

## Déchets dits « UNGG de La Hague »

- **déchets de structure de combustibles usés UNGG** provenant du retraitement entre 1966 et 1990 des combustibles UNGG
- entreposés en silos, décanteurs ou fosses sur le site Orano de La Hague et font l'objet d'un programme de reprise
- constitués de graphite (chemises), magnésium (gainés, bouchons, centreurs), d'acier inoxydable (fils de selles), et de résidus d'uranium

↪ 1 270 colis - volume de stockage de 6 500 m<sup>3</sup> environ

# Déchets destinés au stockage FA-VL pris en compte dans l'inventaire de réserve de Cigéo

## Déchets dits « UNGG de La Hague »

- **déchets de faible granulométrie** entreposés dans les décanteurs 1, 2 et 8 ainsi que dans les fosses 211-06, 217-01 et 217-02 de l'atelier Dégainage.
- poudre de graphite issue des opérations de forage de l'âme en graphite des combustibles UNGG, résines échangeuses d'ions (sous la forme de billes ou broyées), diatomées, zéolithes issues des unités de traitement de l'eau des piscines de combustibles

↳ 1 800 colis CBF-C2K - volume de stockage de 8 000 m<sup>3</sup>

# Déchets destinés au stockage FA-VL pris en compte dans l'inventaire de réserve de Cigéo

## Déchets de graphite : chemises et empilements

proviennent de l'exploitation et du démantèlement des réacteurs de l'ancienne filière UNGG et de certains réacteurs expérimentaux.

- **Chemises accompagnées de fils de selle** : entreposées dans des silos de Saint-Laurent (environ 360 000 chemises – 1 994 tonnes) et dans des fosses de Marcoule (760 tonnes).

↳ **Volume de stockage de 12 189 m<sup>3</sup> (9 078 m<sup>3</sup> pour Saint-Laurent et 3 111 m<sup>3</sup> pour Marcoule).**

# Déchets destinés au stockage FA-VL pris en compte dans l'inventaire de réserve de Cigéo

## Déchets de graphite : chemises et empilements

- **Empilements de graphite** : actuellement encore en place dans les réacteurs UNGG. La stratégie d'EDF et du CEA notamment en matière de démantèlement des réacteurs UNGG conduit à ne pas avoir à évacuer ce type de déchets avant l'horizon 2070
  - ↳ Volume de stockage de 80 746 m<sup>3</sup> (69 807 m<sup>3</sup> pour EDF et 10 939 m<sup>3</sup> pour CEA)

# Déchets destinés au stockage FA-VL pris en compte dans l'inventaire de réserve de Cigéo

## Déchets de petits producteurs et du nucléaire diffus

- **Détecteurs de fumée** : sources scellées usagées d'américium 241 principalement
- **Têtes de paratonnerre** : sources au radium ou mixtes radium/américium
- **Sources réformées de la Défense nationale** incorporant des peintures luminescentes au radium ou tritium, du thorium ou de l'uranium appauvri

↳ **Volume de stockage de 259 m<sup>3</sup>**