



# Inventaire <sup>36</sup>Cl des graphites EDF

PNGMDR 2016-2018

Note technique D455519015207 indice [A]

# SOMMAIRE

## SYNTHESE

### 1. EVOLUTION DU DOCUMENT

### 2. DEMANDE PNGMDR

### 3. INTRODUCTION

### 4. INVENTAIRE <sup>36</sup>CL DES GRAPHITES EDF

#### 4.1. METHODE INVERSE D'EDF BASEE SUR DES MESURES <sup>36</sup>CL

#### 4.2. AMELIORATIONS DEPUIS 2008

#### 4.3. EMPILEMENTS EDF

#### 4.4. CHEMISES DES SILOS DE SAINT-LAURENT

### 5. CONCLUSION

## SYNTHESE

Comme annoncé par la note « *Etat des connaissances sur le contenu radiologique des déchets de graphite du CEA et de EDF relevant du stockage en subsurface FAVL. Focus particulier sur le Chlore 36 (Rapport PNGMDR 2013-2015)* » (Article 39 de l'Arrêté du 23/02/2017), EDF a repris les calculs suite à la réalisation de récentes mesures de  $^{36}\text{Cl}$  issues de carottes de chemises EDF possédant un historique connu sous flux connu.

La connaissance de ces données a permis de quantifier la surévaluation liée aux interférents d'un ancien protocole de mesure. Notons que la reprise du calcul global a permis une division par 37,8 par rapport aux calculs initiaux, et que les chemises de Saint-Laurent ne représentent aujourd'hui qu'environ 12% de l'inventaire EDF tant en masse qu'en activité.

Concernant la mise en œuvre pratique des calculs d'incertitudes qui s'ajoutent aux valeurs centrées, l'autre origine des évolutions provient de l'abandon de certaines simplifications particulièrement pénalisantes.

L'application de la « méthode inverse » validée par l'IRSN en « Groupe Permanent Déchets » et décrite dans le « *Rapport commun CEA-EDF du PNGMDR 2013-2015* » cité ci-dessus, conduit, avec plusieurs centaines de mesures de  $^{36}\text{Cl}$ , au calcul des inventaires centrés et à leur évaluation majorée par l'incertitude.

La valeur centrée de l'inventaire  $^{36}\text{Cl}$  des 17 000 tonnes de graphite EDF correspond à 129,4 GBq et la valeur augmentée de l'incertitude correspond à 139,8 GBq (soit +8,00%).

## 1. EVOLUTION DU DOCUMENT

Indice	Modification
A	Création du document

## 2. DEMANDE PNGMDR

Le contexte est celui du Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR).

Article 39 de l'Arrêté du 23/02/2017 (application du décret n°2017-231) :

- Le CEA et EDF poursuivent leurs études pour fiabiliser l'inventaire radiologique des déchets de graphite
- Afin de conforter la méthode inverse d'évaluation de l'inventaire, EDF et le CEA vérifient par des campagnes complémentaires de mesures le caractère conservatif de l'inventaire total en  $^{36}\text{Cl}$  actuellement présenté. EDF achève ses mesures et remet au ministre chargé de l'énergie une étude présentant ses résultats et conclusions avant le 30 juin 2019. En particulier, EDF précise le contenu radiologique en  $^{36}\text{Cl}$  de l'ensemble de ses déchets de graphite. Le CEA achève ses mesures avant le 31 décembre 2021 et remet au ministre chargé de l'énergie avant le 30 juin 2019 une étude présentant ses résultats et conclusions intermédiaires.

## 3. INTRODUCTION

La présente note fait suite au document « *Etat des connaissances sur le contenu radiologique des déchets de graphite du CEA et de EDF relevant du stockage en subsurface FAVL. Focus particulier sur le Chlore 36 (Rapport PNGMDR 2013-2015)* ».

Elle fournit ainsi une mise à jour des inventaires  $^{36}\text{Cl}$  prévisionnels établis à ce jour pour les empilements de graphite des réacteurs UNGG d'EDF (CHA1, CHA2, CHA3, SLA1, SLA2 et BUG1), ainsi que les chemises en graphite des combustibles irradiés dans les réacteurs UNGG, entreposés sur le site de Saint-Laurent. Ces inventaires représentent à ce jour des valeurs enveloppes qui ont été réduites grâce à des travaux complémentaires programmés. Les marges de réduction d'activité ont été obtenues notamment pour l'inventaire des chemises graphite de Saint-Laurent mais également sur les empilements.

L'inventaire a été établi sur les 144 radionucléides (RN) demandés par l'ANDRA mais une attention particulière est portée sur le  $^{36}\text{Cl}$ .

Par rapport à la note 2015, les derniers calculs réalisés considèrent les 100 tonnes de rondins dans les silos de Saint-Laurent, ce qui conduit à un total de 17 067 tonnes pour EDF.

## 4. INVENTAIRE $^{36}\text{Cl}$ DES GRAPHITES EDF

### 4.1. METHODE INVERSE D'EDF BASEE SUR DES MESURES $^{36}\text{Cl}$

Face à l'absence de corrélation spatiale, EDF a développé une méthode de caractérisation qui permet d'exploiter au mieux les mesures et de produire un inventaire majorant.

Rappelons que cette méthode consistant à analyser par activation dans les conditions exactes de l'irradiation du graphite en exploitation permet de remonter aux impuretés réellement activées.

Elle s'appuie sur une population statistiquement significative de « prises d'essai » pour les analyses radiochimiques, ce qui permet l'accès à la valeur moyenne de l'impureté activée à l'origine du RN mesuré. Cette caractérisation est donc basée sur une population qui varie de 40 à 61 prises d'essai pour un lot de graphite (c'est-à-dire de sous-échantillons complètement minéralisés) pour la mesure du <sup>36</sup>Cl.

**Tableau 1 : Nombre de prises d'essai pour la mesure du <sup>36</sup>Cl des graphites EDF**

	Nombre de prises d'essai	Chlore moyen ajusté en mg/t
Empilement CHA1	61	90
Empilement CHA2	60	21,5
Empilement CHA3	42	14
Empilement SLA1	56	6,6
Empilement SLA2	40	83
Empilement BUG1	56	81
Chemises SLA1-SLA2	40	92

## 4.2. AMELIORATIONS DEPUIS 2008

Par rapport à l'inventaire majoré initial, l'inventaire majoré a été divisé par 37,8.

De nouveaux résultats ont été intégrés sur plusieurs inventaires :

- les empilements de CHA1 et CHA2 ainsi que
- les chemises des silos de SLA.

L'autre évolution concerne l'application pratique de la « méthode inverse » en évitant désormais certaines approximations pénalisantes pour les calculs d'incertitudes qui s'ajoutent aux valeurs centrées.

Quant à l'incertitude de calcul due au calcul d'activation, celle-ci ne peut s'appliquer qu'aux contributions des impuretés non ajustées. En effet, l'ajustement est réalisé en utilisant le même calcul d'activation pour le calcul « inverse » que celui qui permet le calcul « direct », ce qui rend particulièrement faible la contribution des impuretés ajustées à l'incertitude due au calcul d'activation.

Concernant les silos, l'incertitude relative due à la reconstitution des taux de combustion vraisemblables du contenu des silos de SLA est toujours à prendre en compte dans le même esprit que précédemment.

En appliquant la méthode EDF telle que décrite dans le Rapport PNGMDR 2013-2015 cité en introduction, on peut ainsi élaborer une *Incertitude relative totale* =  $\frac{\Delta A_i}{A_i}$  de meilleure qualité pour passer de la valeur centrée à la valeur majorée.

Tableau 2 : 2019 - <sup>36</sup>Cl EDF – Calculs et incertitudes relatives

	Inventaire centré (GBq)	Incertitude relative totale	Inventaire majoré (GBq)
CHA1	4,16	4,91%	4,37
CHA2	6,21	5,69%	6,57
CHA3	5,34	6,55%	5,69
SLA1	4,30	9,27%	4,69
SLA2	44,4	4,93%	46,6
BUG1	52,5	4,93%	55,1
Silos	12,4	34,30%	16,7
<b>Total</b>	<b>129,4</b>	<b>8,00%</b>	<b>139,8</b>

### 4.3. EMPILEMENTS EDF

Pour les 15 000 tonnes de graphite des empilements EDF, partant d'un estimatif <sup>36</sup>Cl antérieur de 15 TBq évalué probablement à partir des maxima mesurés, la caractérisation pénalisante EDF conduit désormais à 123,1 GBq.

Tableau 3 : Inventaires <sup>36</sup>Cl majorés des empilements EDF

	Avant 2015 (GBq)	En 2019 (GBq)
CHA1	4	4,4
CHA2	15	6,6
CHA3	18	5,7
SLA1	7	4,7
SLA2	92	46,6
BUG1	170	55,1
<b>Empilements EDF</b>	<b>306</b>	<b>123,1</b>

## 4.4. CHEMISES DES SILOS DE SAINT-LAURENT

Le remplacement des mesures erronées issues d'un protocole ancien (avec des interférents) par des mesures récentes a permis de gagner un facteur d'environ 100 sur le  $^{36}\text{Cl}$  des chemises. Le reste du gain provient de l'amélioration du calcul d'incertitude décrite ci-dessus.

Incluant désormais 100 t de rondins, l'inventaire majoré des silos EDF en  $^{36}\text{Cl}$  passe de 5 000 GBq à 16,7 GBq.

## 5. CONCLUSION

Sur la base des mesures et calculs décrits ci-dessus, EDF propose donc de prendre en compte pour les calculs de sûreté l'inventaire conservatif en Chlore 36 reporté dans le tableau ci-après en colonne « *En 2019* ».

Tableau 4 : Amélioration des inventaires  $^{36}\text{Cl}$  majorés

	Avant 2015 (GBq)	En 2019 (GBq)
Empilements EDF	306	123,1
Silos Saint-Laurent	5 000	16,7
<b>Total EDF</b>	<b>5 300</b>	<b>139,8</b>