

## LES FÛTS D'ENROBÉS BITUMINEUX : VERS QUEL STOCKAGE ?

### RÉSUMÉ

**Les fûts d'enrobés bitumineux** (ou enrobés de boues bitumées, ou fûts de bitume, ou **FEB**) sont composés de boues issues du traitement chimique de déchets radioactifs [Réf.1] liquides de moyenne activité, mélangés à du bitume. Ces déchets liquides, ou effluents radioactifs, sont produits par les procédés mis en œuvre dans les installations nucléaires.

Ce procédé de conditionnement a été choisi en raison de ses nombreux avantages, parmi lesquels la relative simplicité du procédé, le confinement sûr des éléments radioactifs\*, le coût modéré. Les premières installations de bitumage sont entrées en service dans les années 60-70.

À ce jour, environ 74 000 FEB sont entreposés sur les sites de production, dont 80 % à Marcoule et 20 % à La Hague. Ces FEB sont classés selon 4 familles dans l'inventaire national Andra [Réf. 2] :

F2-3-04 : Colis d'enrobés bitumineux produits à partir d'effluents traités dans la STE3 (Orano/La Hague)

F2-3-05 : Colis d'enrobés bitumineux produits à partir d'effluents traités dans la STE2 (Orano/La Hague)

F2-4-03 : Colis d'enrobés bitumineux produits depuis janvier 1995 par la STEL (CEA/Marcoule)

F2-4-04 : Colis d'enrobés bitumineux produits avant janvier 1995 par la STEL (CEA/Marcoule)

Dans l'objectif de leur stockage, en parallèle de la production, de nombreuses actions de R&D ont été menées depuis les années 1990 sur les FEB, par le CEA et Orano, à la demande des Autorités de sûreté nucléaire, afin d'améliorer les connaissances sur leur composition physico-chimique, leur comportement dans le temps, ainsi que leur radioactivité.

Bien que les FEB soient entreposés (ou le seront) par les producteurs dans des entreposages récents et sûrs pour plusieurs dizaines d'années, il est nécessaire de définir des choix de stockage pour ces FEB : CSA, Cigéo ou stockage(s) FAVL. Il est à souligner que les différences de coût d'une option de stockage à une autre peuvent se chiffrer en centaines de millions d'euros : le choix de ces options revêt donc un aspect financier important pour les producteurs de déchets nucléaires : EDF, Orano, CEA.

La présente fiche détaille la nature de ces FEB et leur historique de production, puis expose les études réalisées et restant à mener par les producteurs et par l'Andra concernant ces options de stockage et les décisions attendues des Autorités de sûreté.

*Nota : Les termes suivis d'un astérisque (\*) sont explicités dans le glossaire en fin de document.*



*Entreposage de FEB à La Hague*

## 1. QU'EST-CE QU'UN ENROBÉ BITUMINEUX ?

Le bitume est obtenu à partir de gisements naturels, ou à partir de distillation du pétrole. Il est constitué de longues chaînes hydrocarbonées. Il contient de 80 à 85 % de carbone, 10 à 15 % d'hydrogène, 2 à 3 % d'oxygène. À température ambiante, il est très visqueux, presque solide, et présente les caractéristiques suivantes :

- c'est un agglomérant avec un fort pouvoir adhésif,
- il est imperméable à l'eau,
- il est inerte vis à vis de la plupart des substances chimiques et stable dans le temps,
- ce n'est pas un liquide inflammable : il faut le chauffer à plus de 230°C, en présence d'une flamme, pour qu'il brûle.

Le bitume est utilisé à des fins d'imperméabilisation, depuis la plus haute antiquité, par les sumériens, babyloniens, égyptiens, grecs et romains.

Au XX<sup>e</sup> siècle, ces propriétés ont permis de qualifier le bitume comme matrice\* de référence pour le confinement de boues issues du traitement de déchets radioactifs liquides de moyenne activité générés par les installations nucléaires. Ses caractéristiques sont adaptées au conditionnement des déchets radioactifs : pouvoir de confinement important, faible température de mise en œuvre, taux de charge élevé en déchets.

*Nota : Le bitumage est intermédiaire entre les deux autres procédés largement employés pour conditionner les déchets que sont la cimentation, pour les déchets de faible et moyenne activité, et la vitrification, pour les déchets de haute activité.*

Le procédé de traitement consiste à figer les éléments radioactifs grâce à des sels minéraux usuels (notamment nitrates, sulfates...), spécifiques aux radionucléides présents : c'est la co-précipitation. Les précipités obtenus, une fois filtrés pour évacuer l'eau, forment une boue.

Cette boue est ensuite mélangée intimement à du bitume : c'est l'opération d'enrobage, qui s'effectue à une température comprise entre 150 et 180 °C. Cette extrusion\* à chaud assure à la fois la déshydratation des boues, la dispersion homogène du déchet et l'immobilisation des radionucléides au sein de la matrice bitume.

**Le mélange de boues et de bitume est appelé "enrobé de boues bitumées".**

En fin de procédé, l'enrobé est coulé dans des fûts d'environ 200 litres. Après refroidissement, les FEB sont entreposés sur site.

## 2. HISTORIQUES DE PRODUCTION ET LIEUX D'ENTREPOSAGE À CE JOUR

Les recherches sur l'utilisation du bitume en tant que matrice de conditionnement des déchets radioactifs ont débuté à la fin des années 50.

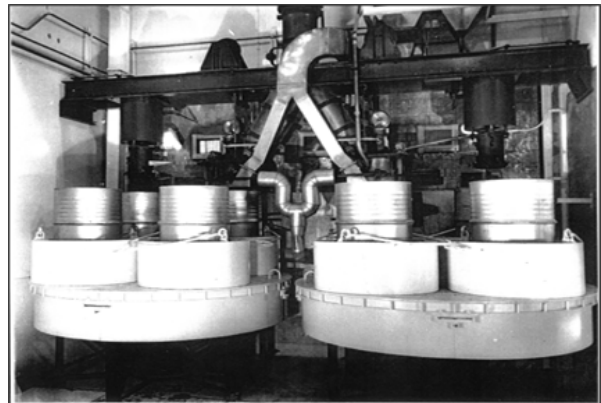
Les installations de bitumage sont entrées en service dans les années 60-70 sur les sites de Marcoule, Saclay et Valduc, puis dans les années 80 sur le site de La Hague. Les productions de FEB à Saclay et Valduc, de faible volume, sont arrêtées depuis de nombreuses années, les FEB produits sont stockés à l'Andra.

Les productions des sites de Marcoule et de La Hague sont présentées ci-dessous. Ce sont les seules qui se poursuivent aujourd'hui.

### **Marcoule**

Jusqu'en 1966, les boues produites étaient directement conditionnées sous enveloppe vinyle en fûts, selon le procédé dit Pankow. Puis à partir de 1966, les boues ont été conditionnées dans du bitume à la Station de Traitement des Effluents Liquides (STEL)\*.

**Première machine d'enrobage de la STEL ►**



→ Production des FEB anciens (1966-1995)

Dès le début de la production, les FEB ont été entreposés dans des casemates en béton, pouvant accueillir jusqu'à 4 000 fûts chacune. En 1969, environ 3 500 FEB, parmi les moins radioactifs, ont fait l'objet d'une immersion dans l'Atlantique, dans le cadre d'une opération coordonnée par l'AEN\*.

À la mise en service du centre de stockage de la Manche (CSM\*) en 1969, 4 650 FEB y ont été expédiés, jusqu'à l'arrêt des réceptions en 1978, après la mise en place de limitations en activité massique par l'Andra.



Opération de rejet en mer 1969

Le CSM dans les années 1970

Machine d'enrobage STEL Marcoule

La construction des casemates d'entreposage s'est accélérée au rythme d'une casemate par an dans les années 1980, pour atteindre le nombre de 14 en 1995. La production de fûts a varié selon les années. Dans les années 1980, elle pouvait atteindre plus de 4 000 fûts par an.

Environ 64 300 FEB ont été produits à la STEL de 1966 à 1995. Cette production est nommée **FEB anciens** et constitue une famille\* de déchets vis à vis de l'Andra.

#### → Production des FEB QP (à partir de 1995)

En 1995, un certain nombre d'actions liées à la Qualité Produit ont été mises en place (dont l'analyse des boues avant enrobage, la vérification de l'absence de réactivité\* des boues en température, le contrôle de la température de coulée, le conditionnement en fûts inox, la limitation du taux de remplissage visant à améliorer la connaissance du contenu des fûts et leur stabilité dans le temps. Cette production constitue une nouvelle famille de déchets, appelée **FEB QP**.

Cette production a été de l'ordre de 1 000 fûts/an jusqu'à l'arrêt de l'usine UP1\* en 1997 puis d'environ 100 fûts/an jusqu'en 2015, et depuis, de l'ordre de quelques dizaines de fûts/an en attendant le démarrage industriel de l'installation de cimentation rattachée à la STEL, qui doit permettre d'arrêter la production de FEB.

#### → Entreposage des FEB à l'EIP

En 2000 a été mis en service, sur le site de Marcoule, l'Entreposage Intermédiaire Polyvalent (EIP\*), installation dédiée à l'entreposage dans des conditions sûres des FEB jusqu'alors entreposés en casemates. L'EIP est constitué d'alvéoles pouvant contenir chacune 6 000 FEB.

À la même période, il a été décidé la reprise\* de l'ensemble des FEB anciens afin de garantir un entreposage sûr en attendant leur stockage. L'opération a débuté par la reprise des fûts les plus anciens et les moins radioactifs. Cette opération comprenait notamment une mesure radiologique de chaque FEB (associée à une prise d'échantillon pour 3 % des FEB en vue d'une analyse radiologique et chimique complète de l'enrobé.

Les FEB échantillonnés ont été choisis en fonction de leur date de production afin d'obtenir une représentativité fidèle à la production sur une période de 30 ans et un conditionnement des FEB en surfûts inox de 380 L pour garantir la pérennité de l'enveloppe sur une longue période. Les surfûts sont entreposés en alvéoles de l'EIP.

Cette opération, au coût élevé, toujours en cours en 2026, va se dérouler sur plusieurs dizaines d'années.



FEB, panier de manutention et surfût inox

Entreposage des FEB placés en surfûts dans l'EIP

**En 2026,**

- environ 5 800 FEB QP produits à la STEL, constituant la famille F2-4-03 de l'inventaire Andra, sont entreposés en casemates.
- environ 12 000 FEB anciens produits à la STEL sont entreposés en alvéoles de l'EIP. Il en reste environ 44 000 entreposés en casemates. L'ensemble constitue la famille F2-4-04 de l'inventaire Andra.

## La Hague

→ Boues STE2\*

Avant 1997, les effluents de faible et moyenne activité de l'usine UP2-400\* (arrêtée en 2004) étaient traités par coprécipitation dans la Station de Traitement des Effluents STE2 puis entreposés sous forme de boues. Ces boues, dont la filière d'évacuation n'a pas été définie dès l'origine, sont entreposées dans sept silos de l'INB 38 sur le site de La Hague.

Ces boues doivent faire l'objet d'opérations de reprise et de conditionnement en vue de leur futur stockage. Le procédé envisagé par Orano pour les conditionner était le bitumage. Plusieurs campagnes de bitumage ont eu lieu entre 2002 et 2007, produisant 340 FEB.

En 2008, le bitumage des boues de la STE2 a été interdit par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), conduisant Orano à étudier d'autres modes de conditionnement.

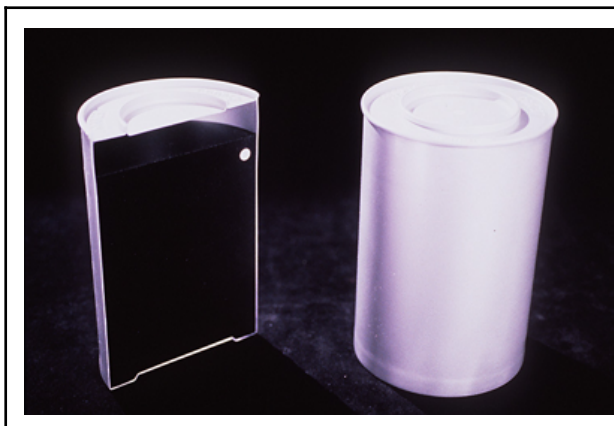
**En 2026, les 340 FEB issus des boues de STE2, constituant la famille FE-3-05 de l'inventaire ANDRA, sont entreposés dans les halls de l'installation STE3.**

→ Boues STE3\*

Les effluents de faible et moyenne activité de l'usine UP3\*, ainsi que des effluents produits au titre des opérations de démantèlement de UP2-400 (rinçages, décontaminations), sont traités dans la Station de Traitement des Effluents STE3, démarrée en 1989. Les boues obtenues sont enrobées dans une matrice bitumineuse puis conditionnées dans des fûts en acier inoxydable.

La gestion des effluents mise en œuvre sur le site de La Hague en 1995 permet aujourd'hui de diminuer la quantité d'effluents traités dans STE3 et par conséquent le nombre de FEB produits. Il subsiste une production résiduelle, avec l'accord de l'ASNR.

**En 2026, environ 11 500 FEB produits à STE3, constituant la famille F2-3-04 de l'inventaire Andra, sont entreposés dans les halls de STE3.**



Coupe de maquette d'un FEB de boues STE2



Entreposage des FEB produits par STE3

### 3. ACTIONS EN VUE DU STOCKAGE DES FEB

Le présent chapitre mentionne les actions et réflexions en cours liées au stockage des FEB.

*Nota : A la demande de l'Autorité de sûreté, afin d'éviter les difficultés liées au stockage d'un produit potentiellement réactif tel que le bitume, il a été étudié des procédés de neutralisation de ces déchets bitumés. Cette neutralisation consisterait à détruire par calcination la matrice bitume et les sels minéraux, pour obtenir un déchet vitrifié sans réactivité chimique. La maturité technique de ce procédé est encore très modeste et ne permet pas de démontrer aujourd'hui la faisabilité industrielle de cette opération.*

## Catégorisation des FEB produits

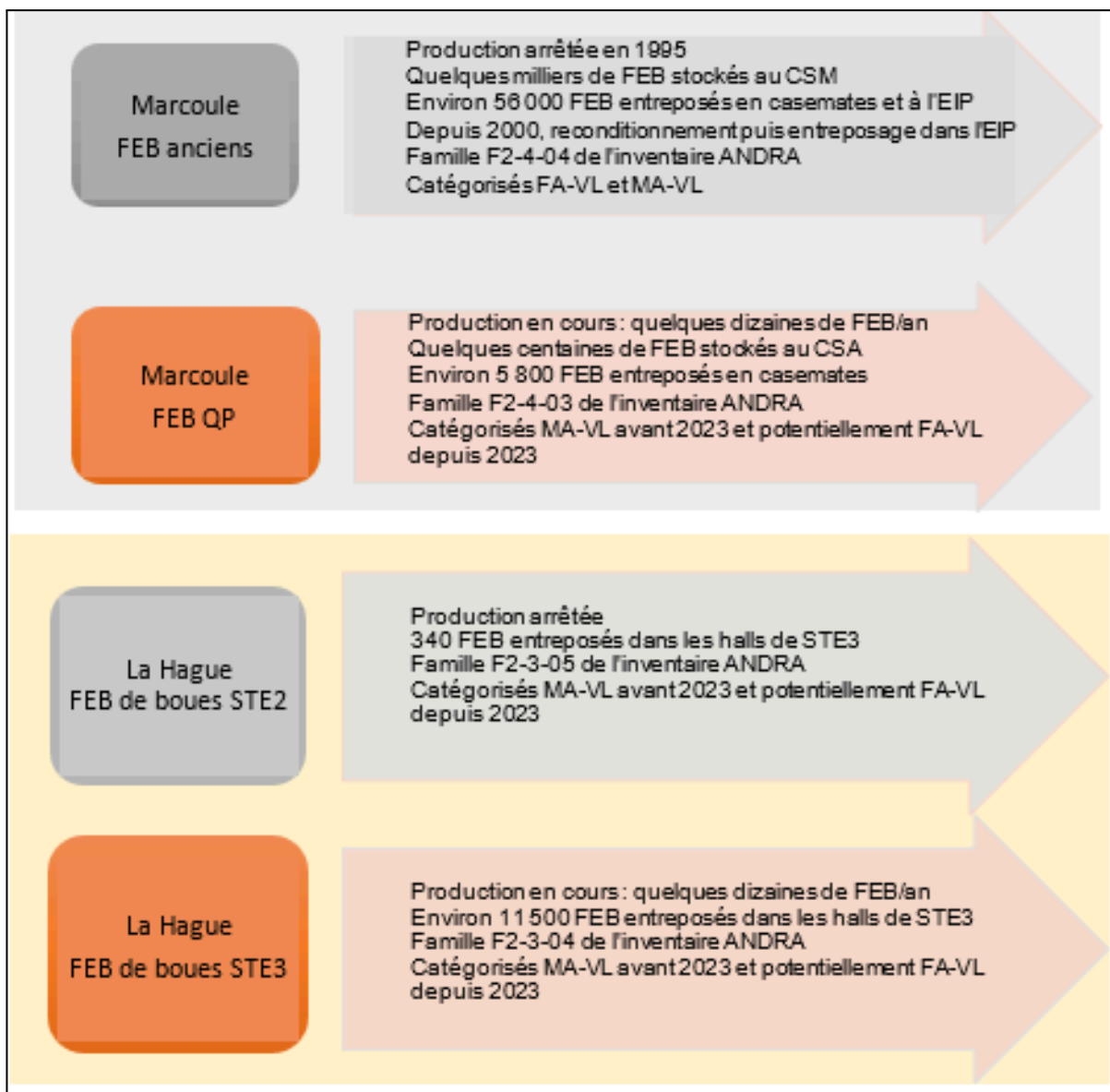
Les FEB de La Hague et de Marcoule présentent des caractéristiques radiologiques qui les placent dans plusieurs catégories de déchets :

- déchets de faible et moyenne activité à vie courte : FMA-VC\*
- déchets de faible activité à vie longue : FA-VL\*
- déchets de moyenne activité à vie longue : MA-VL\*

En pratique, à chaque installation de stockage correspondent des limites radiologiques d'acceptabilité des colis qui lui sont envoyés. A titre d'exemple, le CSA, conçu pour stocker des déchets "à vie courte", admet une certaine proportion de radionucléides\* à vie longue, car étroitement mêlés, lors de leur production, aux radionucléides à vie courte. Concernant les projets de stockages FA-VL, l'Andra a diffusé en 2023 les "critères d'acceptabilité au futur stockage FA-VL" [Réf. 3]. La prise en compte de ces critères par Orano et le CEA a permis de recatégoriser en FA-VL de nombreux FEB initialement catégorisés MA-VL".

## Situation en 2026

L'ensemble des éléments ci-dessus permet de résumer, à ce jour, pour chaque famille de FEB, les volumes produits, les lieux d'entreposage (ou de stockage, pour ceux qui ont déjà été stockés), et les catégories concernées.



**En 2026, environ 62 000 FEB sont entreposés sur le site du CEA à Marcoule et environ 12 000 FEB sur le site d'Orano à la Hague.**

## Stockage au CSA ?

Depuis 1992, le CSA\* est le centre national de stockage des déchets radioactifs de catégorie FMA-VC exploité par l'Andra. Quelques FEB QP dont les caractéristiques correspondent aux exigences du CSA y sont expédiés chaque année depuis 2000.

En 2001, Marcoule a entrepris une démarche de prise en charge au CSA pour 32 000 FEB anciens les moins radioactifs, sur la base des éléments de connaissance disponibles (date de production, débit de dose, masse).

Pour confirmer que ces FEB relevaient bien d'un stockage au CSA, il a été mis en place un certain nombre d'actions dans le cadre de l'instruction du dossier :

- portant sur les FEB eux-mêmes : inventaire radiologique (activité radiologique et type de radionucléides présents, pour chaque FEB), inventaire physique-chimique (présence de toxiques chimiques tel que le chrome et le nickel, présence d'espèces complexantes telles que le TBP\* et les sulfates) des enrobés.
- portant sur l'étude en laboratoire du comportement de l'enrobé dans le temps : gonflement sous l'effet des rayonnements, reprise d'eau, lixiviation, afin de déterminer son évolution en stockage, évaluer ses performances et vérifier sa sûreté

En parallèle, un nouveau conteneur de stockage durable et confinant a été développé, pouvant accueillir 4 FEB en surfûts destinés au CSA.

**Conteneur de stockage en béton fibre pour FEB ►**



**En 2026, cette démarche de prise en charge n'a pas été jugée acceptable par l'Andra, en raison du nombre élevé de FEB concernés, et de la présence de radionucléides à vie longue.**

## Stockage à Cigéo ?

Cigéo est le projet français de centre de stockage géologique profond pour les déchets les plus radioactifs : MA-VL et HA [Réf. 4]. L'inventaire\* des colis destinés à Cigéo [Réf. 5], tenu à jour par l'Andra, comprend un inventaire de référence\* et un inventaire de réserve\*.

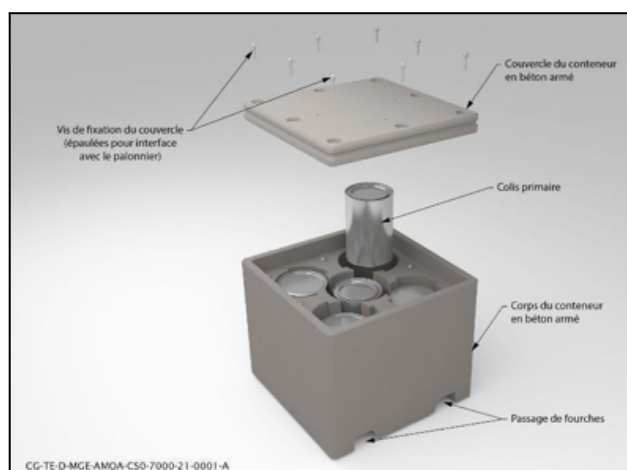
Les FEB catégorisés MA-VL figurent à l'inventaire de référence, soit :

- la totalité des FEB de La Hague
- 28 800 FEB de Marcoule

Par ailleurs, l'Andra considère qu'à titre conservatoire les FEB catégorisés FA-VL doivent être conservés dans l'inventaire de réserve.

En amont du stockage, les FEB seraient conditionnés dans des conteneurs de stockage renforcés spécifiquement développés par l'Andra.

**Conteneur de stockage renforcé pour FEB destinés à Cigéo ►**



En 2018, dans son avis sur le dossier d'options de sûreté\* (DOS) de Cigéo [Réf. 6], l'ASN a formulé une réserve concernant le comportement physico-chimique et thermique des colis contenant des FEB en stockage, en particulier en situation accidentelle conduisant à une élévation de température.

Le ministère de la transition écologique et solidaire et l'ASN ont souhaité qu'une expertise indépendante et internationale soit menée sur cette problématique, son rapport a été remis aux Autorités en juin 2019. Les principales conclusions portaient sur la poursuite nécessaire des études sur l'intégration de ces déchets dans Cigéo. Le rapport estimait également que les études conduites par l'Andra devraient permettre d'arriver à une conception sûre.

L'Andra a tenu compte de cet avis dans sa demande d'autorisation de création (DAC), déposée en 2023, et apporte la démonstration de sûreté de leur stockage en l'état, notamment à travers un concept d'alvéole de stockage renforcé permettant d'exclure la propagation d'un incendie dans l'alvéole (conteneur de stockage renforcé ayant une résistance importante à la chaleur, dispositifs de détection de l'élévation de température, systèmes d'extinction robotisés, etc.).

L'ASNR a jugé cette démonstration recevable en 2025. Elle a cependant demandé des compléments relatifs aux scénarios dits « enveloppes » d'emballement ainsi que la réalisation d'un programme de R&D sur le comportement à long terme des FEB [Réf. 7].

Dans ce contexte, l'Andra n'a pas prévu de stocker des FEB pendant la phase industrielle pilote qui devrait se dérouler sur 15 à 25 ans, ce qui repousse leur prise en charge après 2070.

**En 2026, les échanges entre les producteurs; l'Andra et l'ASNR sont toujours en cours, dans l'attente d'une décision concernant l'acceptation des FEB à Cigéo.**

## Stockage FA-VL ?

### → Les déchets FA-VL

Les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL) représentent environ 6 % du volume total des déchets radioactifs français, et concentrent environ 0,01 % de leur radioactivité.

La catégorie FA-VL désignait initialement les déchets radifères, ainsi que les déchets de graphite des réacteurs UNGG. Son périmètre est en évolution depuis 2013, concernant notamment les déchets bitumés :

- Après une étude réalisée par l'Andra, les 32 000 FEB anciens de la STEL, initialement destinés au CSA, ont été inclus dans l'inventaire des déchets FA-VL mentionné dans l'inventaire national ANDRA 2015 [Réf. 8].
- En 2023, l'Andra a diffusé un document présentant les critères radiologiques permettant d'identifier les déchets éligibles au stockage FA-VL. A partir de ces critères, les premières évaluations du CEA et d'Orano indiquent qu'une partie importante des FEB jusqu'à présent catégorisés en MA-VL pourrait, également, être recatégorisée en FA-VL.

L'application des critères ci-dessus aux FEB conduirait aux volumes suivants destinés à un stockage FA-VL:

- CEA : 32 000 + environ 29 000 (recatégorisés en 2023) => environ 61 000 FEB [Réf. 9]. Il resterait alors environ 400 FEB MA-VL.
- Orano : environ 11 500 FEB [Réf. 10]. Il resterait alors environ 500 FEB MA-VL.

### → Les stockages en projet

Conformément à la loi du 28 juin 2006, l'Andra a la charge de mener les recherches et les études afin de permettre la mise au point de solutions de stockage pour les déchets de faible activité à demi-vie longue (FA-VL) [Réf.11].

Après investigations géologiques, le site de la communauté de communes Vendeuvre-Soulaines (CCVS\*) a été retenu par l'Andra en 2022. L'Andra a remis à l'ASNR en 2024 un «dossier d'options de sûreté (DOS) pour le déploiement d'un stockage de déchets de faible activité à vie longue » [Réf.12] concernant le site de la CCVS. Il en ressort qu'un stockage à une trentaine de mètres de profondeur assurerait une barrière d'argile suffisante entre les déchets et les eaux souterraines, pendant au moins cinquante mille ans.

Les conclusions du DOS indiquent que si une grande majorité des déchets radifères pourraient trouver leur place dans ce stockage, ce n'est pas le cas des déchets de graphite ou des déchets bitumés, soit 71% de l'inventaire. Une recherche de solutions complémentaires doit donc être engagée pour ces derniers [Réf.13].

En parallèle, l'Andra a défini le schéma industriel global de gestion des déchets FA-VL [Réf. 14]. Ce document remis en 2024 présente plusieurs options de gestion envisageables pour les déchets bitumés, à savoir : le CSA, Cigéo, ainsi qu'un stockage à faible profondeur tel que la CCVS ou un stockage complémentaire.

**En 2026,**

- les échanges entre les producteurs, l'Andra et l'ASNR sont toujours en cours, dans l'attente d'une décision concernant l'acceptation des FEB catégorisés FA-VL dans un stockage FA-VL complémentaire à CCVS.
- aucun site de stockage FA-VL complémentaire n'est identifié à ce jour.

## Synthèse des actions en vue du stockage des FEB

2006	CSA : 32 000 FEB Marcoule au CSA => <b>non acceptés par l'Andra au CSA</b> Cigéo : environ 28 800 FEB Marcoule + environ 13 000 FEB La Hague à terme (dans l'inventaire de référence)
2013	Futur stockage FAVL : 32 000 FEB Marcoule (+dans l'inventaire de réserve de Cigéo) Cigéo : environ 28 800 FEB Marcoule + environ 13 000 FEB La Hague à terme (dans l'inventaire de référence)
2018	Futur stockage FAVL : 32 000 FEB Marcoule Cigéo : 28 800 FEB Marcoule + 13 000 FEB La Hague à terme => <b>avis réservé en l'état des études</b>
2023	Futur stockage FAVL : 61 000 FEB Marcoule + environ 11 500 FEB La Hague (application critères FAVL) Cigéo : environ 400 FEB Marcoule+ environ 500 FEB La Hague => <b>poursuite des études</b>
2024	CCVS : 61 000 FEB Marcoule + environ 11 500 FEB La Hague => <b>non acceptés au CCVS</b> Cigéo : environ 400 FEB Marcoule + environ 500 FEB La Hague => <b>poursuite des études</b>
Bilan 2026	CSA => <b>option de stockage à nouveau envisagée par l'Andra</b> CCVS : 61 000 FEB Marcoule + environ 11 500 FEB La Hague => <b>non acceptés au CCVS. Plusieurs options de stockage : CSA, Cigéo, stockage complémentaire FAVL</b> Cigéo : environ 400 FEB Marcoule + environ 500 FEB La Hague => <b>poursuite des études</b> . L'inventaire de Cigéo reste de 61 700 FEB Marcoule + 13 000 FEB La Hague

Nota : Les actions et réflexions en cours répondent au PNGMDR 2022-2026 [Réf. 15 - chap.7 et chap.8].

## 4. ET MAINTENANT, QUELLES DÉCISIONS ?

Les fûts d'enrobés bitumineux, produits en très grand nombre, sont des déchets connus de l'Andra et des autorités de sûreté depuis de nombreuses années. La connaissance de leur contenu radiologique et chimique, ainsi que le comportement de l'enrobé dans le temps, font l'objet d'études depuis plus de 30 ans. Malgré ces connaissances détaillées et les caractéristiques de la matrice bitume, le choix des options de stockage est toujours en attente.

L'absence actuelle de choix des options de stockage est à l'origine d'un **entreposage important sur les sites des producteurs**.

À Marcoule, les opérations de reprise et d'entreposage des 62 000 FEB se poursuivent. Ces opérations de reprise, ainsi que la construction des entreposages de type EIP, prévus pour durer 50 ans, présentent un coût financier particulièrement important et ne constituent pas un stockage définitif.

À La Hague, les entreposages seront saturés avant l'ouverture de Cigéo.

Le coût financier du stockage des FEB, supporté par les producteurs de déchets nucléaires, dépendra très fortement des options de stockage retenues. A titre d'information, les ordres de grandeur des coûts au m<sup>3</sup> sont :

- pour le CSA : env 5 k€/m<sup>3</sup> (coût actuel pour les colis FMA-VC),
- pour un stockage FA-VL : inconnu, mais l'usage est de retenir 10 fois le coût du m<sup>3</sup> au CSA, soit environ 50 k€/m<sup>3</sup> afin de réaliser des estimations financières,
- pour Cigéo : plusieurs centaines de k€/m<sup>3</sup>.

Le volume "occupé" par un FEB stocké étant de l'ordre de 1 m<sup>3</sup> (en tenant compte du volume du conteneur de stockage), les ordres de grandeur ci-dessus permettent d'estimer les coûts totaux de stockage des FEB actuellement entreposés.

Notons en particulier qu'une solution "extrême" que serait le stockage de tous les FEB à Cigéo n'est pas rationnelle : outre un coût qui serait prohibitif, le volume total des colis de FEB constituerait une proportion notable du volume total prévu pour Cigéo.

Leur faible activité radiologique ne nécessitant pas un stockage géologique profond, **il est donc cohérent de stocker la grande majorité de ces FEB au CSA ou dans un stockage FA-VL, en accord avec le schéma industriel de gestion des déchets FA-VL défini par l'ANDRA.**

ORANO La Hague et le CEA Marcoule ont initié des démarches visant à une prise en charge des FEB relevant d'un stockage au CSA. Comme mentionné dans le schéma industriel : "Si le stockage au CSA est envisageable, l'envoi au stockage pourrait débiter dès les autorisations acquises".

Un éventuel stockage FA-VL complémentaire présente les incertitudes suivantes :

- absence de site identifié à ce jour,
- coût du stockage inconnu,
- date de mise en service postérieure à 2050.

La situation actuelle doit donc faire l'objet d'une clarification :

- Les entreposages de type EIP sont autorisés pour une durée de 50 ans. Celle-ci inclut la durée de désentreposage pour envoi dès FEB vers leurs stockages, qui se chiffrera en années si la gestion de ces entreposages n'est pas optimisée selon un scénario de désentreposage pré-établi. **Le choix, au plus tôt, des options de stockage est donc indispensable pour éviter tout risque de dépassement de la durée autorisée pour les entreposages.**
- La faible radioactivité d'une partie notable de ces FEB incite fortement à **approfondir la possibilité de stocker ceux-ci au CSA**. En cas d'acceptation, l'expédition des FEB concernés pourrait commencer sans délai, libérant de la place dans les EIP et les entreposages de La Hague.
- Il conviendra de **s'assurer que les caractéristiques du stockage FA-VL complémentaire couvrent notamment les FEB qui relèvent de cette catégorie**, de façon à éviter le stockage de FEB FA-VL à Cigéo.
- Quels que soient les choix retenus, les FEB ne satisfaisant pas aux critères d'acceptation au CSA ou au stockage FA-VL devront être stockés à Cigéo, impliquant des coûts associés très élevés.

**Les choix de l'Andra, validés par l'ASNR, seront décisifs pour la mise en sûreté *in fine* de ces déchets.**

## 5. GLOSSAIRE

**AEN** : Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire.

**CCVS** : Communauté de Communes de Vendevre-Soulaines, site où l'Andra étudie un stockage FA-VL.

**CSA-CSM** : Centre de stockage de l'Aube / de la Manche (stockages des déchets FMA-VC, exploités par l'Andra).

**Dossier d'options de sûreté** : Dossier dont le dépôt marque l'entrée du projet dans un processus encadré par la réglementation relative aux installations nucléaires de base.

**EIP** : Entreposage intermédiaire polyvalent (site CEA/Marcoule), installation dédiée à l'entreposage de FEB en attente de leur stockage définitif par l'Andra.

**Élément radioactif** (ou Radionucléide) : atome dont le noyau est radioactif.

**Entreposage** : Installation conçue pour assurer le confinement des colis de déchets, sur une durée déterminée.

**Extrusion** : Opération de mise en forme d'une pâte grâce à son passage sous pression à travers un orifice

**Famille de déchets** : ensemble de colis présentant les mêmes caractéristiques (origine, nature physico-chimique et mode de conditionnement des déchets).

**FA-VL/MA-VL** : (déchets de) Faible/Moyenne Activité à Vie Longue.

**FEB** : Fût d'enrobé bitumineux issu du procédé industriel de mélange de boues radioactives et de bitume.

**FMA-VC** : (déchets de) Faible ou Moyenne Activité à Vie Courte.

**HA** : (déchets de) Haute Activité.

**Inventaire Cigéo** : Inventaire des colis de déchets à retenir par l'Andra pour les études et recherches conduites en vue de concevoir le centre de stockage, comprend un inventaire de référence et un inventaire de réserve.

**Inventaire de référence de Cigéo** : sert de base à la conception de Cigéo, à la démonstration de sûreté et ne préjuge pas de l'inventaire autorisé de Cigéo.

**Inventaire de réserve de Cigéo** : 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.

**Lixiviation** : Percolation lente de l'eau à travers le sol permettant la dissolution des matières solides qui y sont contenues.

**Matrice** : Matériau de confinement capable d'immobiliser des éléments radioactifs.

**Réactivité** : Modification de la matrice confinante, en stockage, vis-à-vis de différents processus d'altération tels que la radiolyse, l'oxydation, le lessivage ou le stress thermique, qui pourraient affecter les propriétés de confinement de la matrice.

**Reprise** (et Conditionnement des Déchets, ou **RCD**) : opération consistant à récupérer des colis de déchets anciens, et à les reconditionner dans des conteneurs qui répondent aux normes de sûreté actuelles.

**STEL** : Station de Traitement des Effluents Liquides, site CEA/Marcoule.

**STE 2, STE 3** : Stations de Traitement des Effluents, site Orano/La Hague.

**Stockage** : Installation conçue pour assurer le confinement des colis de déchets, sans limitation de durée. Les stockages de déchets nucléaires sont exploités par l'Andra.

**TBP** : Tri Butyl Phosphate - solvant utilisé dans le procédé de traitement des combustibles usés.

**UP1** : Usine de retraitement de combustibles usés, en service de 1958 à 1997, site CEA/Marcoule.

**UP2-400** : Usine de retraitement de combustibles usés, en service de 1966 à 2003, site Orano/La Hague.

**UP3** : Usine de retraitement de combustibles usés, mise en service en 1990, site Orano/La Hague.

## 6. RÉFÉRENCES

- [1] Les déchets radioactifs : [fiche argumentaire GAENA ACE 01](#)
- [2] Andra - Inventaire National 2026 [Andra Inventaire](#)
- [3] Andra - [Définition de critères de distinction des filières de gestion des déchets PNGMDR 2022-26 Article N°27](#)
- [4] [Fiche argumentaire GAENA ACE 02 - Le projet CIGEO](#)
- [5] Andra - [Inventaire de référence CIGEO](#)
- [6] ASNR - [Avis n° 2018-AV-0300 de l'ASN du 11 janvier 2018 - 10/06/2024 - ASNR](#)
- [7] ASNR - [Avis n° 2025-AV-016 de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection du 25 novembre 2025, appelé par les dispositions de l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement, relatif à la demande d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base dénommée Cigéo déposée par l'Andra](#)
- [8] Andra - [Inventaire national Andra 2015](#)
- [9] CEA - [courrier DSSN DIR 2023-0182 Réponse à l'article 27 de l'arrêté « PNGMDR » du 9 décembre 2022 Critères de discrimination de déchets MA-VL et FA-VL Quantités de déchets relevant des filières FA-VL et MA-VL](#)
- [10] Orano - [Orano - Code de l'environnement, D542-88 Note technique DPS2D NT 2023-081 Chroniques de production de déchets de faible activité à vie longue et de leur envoi prévisionnel en stockage](#)
- [11] Andra - [Etudier des solutions de gestion pour les déchets de faible activité à vie longue](#)
- [12] Andra - [Dossier d'options techniques et de sûreté - Évaluation de la faisabilité d'un stockage à faible profondeur de déchets de faible activité à vie longue dans la formation argileuse du site de la Communauté de Communes de Vendevre-Soulaines](#)
- [13] Cour des comptes - <https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2025-06/20250604-S2025-0584-Andra.pdf>
- [14] Andra - [Schéma Industriel de gestion des déchets FA-VL](#)
- [15] PNGMDR - [Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs](https://dechets-radioactifs.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2025-06/A_PNGMDR_2022_HD_compressed.pdf)  
[https://dechets-radioactifs.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2025-06/A\\_PNGMDR\\_2022\\_HD\\_compressed.pdf](https://dechets-radioactifs.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2025-06/A_PNGMDR_2022_HD_compressed.pdf)