

# Perspectives pour le traitement-recyclage des combustibles MOX

Après utilisation en réacteur, le combustible utilisé **contient 96% de matières valorisables et 4% de déchets ultimes**. Depuis plus de 60 ans, la France a fait le choix du **traitement-recyclage du combustible utilisé** afin de valoriser les matières nucléaires et de réduire la quantité ainsi que la dangerosité des déchets les plus radioactifs. Ces matières peuvent être réutilisées pour fabriquer de nouveaux combustibles, comme le MOX, permettant de produire à nouveau de l'électricité.

**En France  
près d'1 ampoule  
sur 10 fonctionne grâce  
au combustible MOX**



## Qu'est-ce que le MOX ?

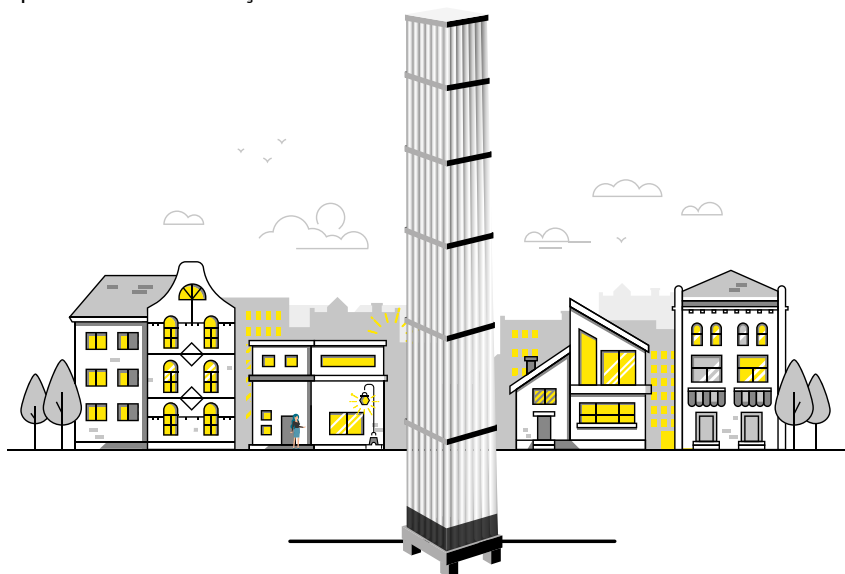
Le combustible MOX est constitué :

- De **plutonium**, issu du retraitement des combustibles usés ;
- D'**uranium appauvri**, co-produit de l'étape d'enrichissement de l'uranium.

Le terme **MOX** est l'acronyme de « **mélange d'oxydes** » (**mixed oxide en anglais**) car le combustible MOX contient plus exactement du dioxyde de plutonium ( $\text{PuO}_2$ ) et du dioxyde d'uranium appauvri ( $\text{UO}_2$ ).

Ce combustible est utilisé à l'international depuis les années 1970 et en France depuis 1987. En 2026, 22 des 57 réacteurs nucléaires d'EDF peuvent fonctionner avec du MOX.

Le MOX a déjà alimenté 44 réacteurs dans le monde et contribue à **fournir 10% de l'électricité nucléaire produite en France**. Depuis l'utilisation du MOX en France, **environ 20 000 tonnes d'uranium naturel ont été économisées**, soit plus de deux années de consommation du parc nucléaire français.



Un assemblage de combustible de MOX permet d'éclairer  
une ville de 100 000 habitants pendant 1 an.

## L'assemblage du combustible MOX

Le site de la Hague assure la première étape du traitement et du recyclage des combustibles usés provenant des réacteurs nucléaires. Le plutonium issu de ce traitement, récupéré sous forme d'oxyde, est ensuite **acheminé vers l'usine Melox** (Gard). Il y est mélangé à de l'uranium appauvri, pressé en pastilles, puis inséré dans des gaines métalliques, qui sont assemblées pour former des éléments combustibles prêts à être insérés dans les réacteurs. Depuis sa mise en service en 1995, le site de Melox a permis la production de plus de **3 100 tonnes de combustibles MOX**.



Assemblage du combustible MOX  
en zone de chargement sur le site d'Orano Melox

# Le parcours du combustible nucléaire

On parle de « cycle » du combustible pour décrire les différentes étapes de la vie du combustible nucléaire : extraction de l'uranium, conversion et enrichissement, fabrication du combustible, utilisation dans un réacteur, puis gestion du combustible usé.

Aujourd'hui, deux approches de gestion des combustibles nucléaires existent :

- **Le « cycle » ouvert** : le combustible est utilisé une seule fois dans le réacteur, puis il est considéré comme un déchet et stocké. Le « cycle » s'arrête donc après son utilisation.
- **Le « cycle » fermé** : le combustible usé est traité pour récupérer les matières encore valorisables, notamment l'uranium et le plutonium. Ces matières sont ensuite réutilisées pour fabriquer de nouveaux combustibles et produire de l'électricité.

**La France dispose aujourd'hui d'un « cycle » partiellement fermé**, qui permet de récupérer la grande majorité des matières contenues dans le combustible usé :

- **Environ 1%** correspond au plutonium utilisé pour fabriquer du combustible MOX ;
- **Environ 95%** correspond à l'uranium de retraitement, qui peut être entreposé comme réserve stratégique ou réenrichi et, selon la stratégie retenue, réutilisé en réacteur.

Face aux enjeux d'approvisionnement en uranium naturel à court, moyen et long terme, **le Conseil de politique nucléaire a confirmé en mars 2026<sup>1</sup> le lancement d'un nouveau programme ambitieux de fermeture complète du « cycle ».**

## Une stratégie nationale orientée vers le multi-recyclage

La France recourt aujourd'hui au **mono-recyclage**, qui consiste à retraiter le combustible usé afin d'en extraire le plutonium et l'uranium, puis à les réutiliser une seule fois, notamment sous forme de combustible MOX. À l'issue de cette étape, le combustible recyclé n'est généralement plus retraité et est entreposé dans les piscines à la Hague, dans l'attente de son recyclage.

La stratégie nationale présente désormais le **multi-recyclage** comme une option stratégique à étudier. La PPE<sup>2</sup> 2019-2028 a permis d'engager des études sur cette voie auprès des principaux acteurs de la filière. Ces travaux se sont poursuivis dans le cadre du PNGMDR 2022-2026<sup>3</sup> et ont été mis en discussion lors du débat public sur le PNGMDR<sup>4</sup> 2027-2031, qui s'est tenu fin 2025-début 2026. Le multi-recyclage consiste à recycler plusieurs fois les matières nucléaires, notamment les combustibles MOX usés (MOX2), afin de les réutiliser dans les réacteurs actuels ou futurs.

### Qu'est-ce que **le MOX2** ?

Le combustible MOX2 constitue une évolution du MOX classique visant à permettre le multi-recyclage du plutonium dans les réacteurs nucléaires actuels, notamment les réacteurs à eau pressurisé (REP). Cette technologie est actuellement à l'étude.

Dans ce cadre, les principaux acteurs de la filière nucléaire française (EDF, Orano, Framatome, CEA), avec le soutien du plan France 2030, ont lancé **un programme structurant : le projet MRREP (Multi-Recyclage en Réacteurs à Eau Pressurisé).**

Ce projet vise à valoriser l'ensemble des combustibles usés dont les MOX usés, actuellement entreposés en piscine, en les retraitant pour produire du MOX-MR.

Bien que les études montrent une faisabilité technique, plusieurs défis restent à relever, notamment en matière de fabrication, de retraitement en volume des combustibles usés et de sûreté en réacteur.

<sup>1</sup> [Présidence de la République, « Cinquième conseil de politique nucléaire », 12 mars 2026](#)

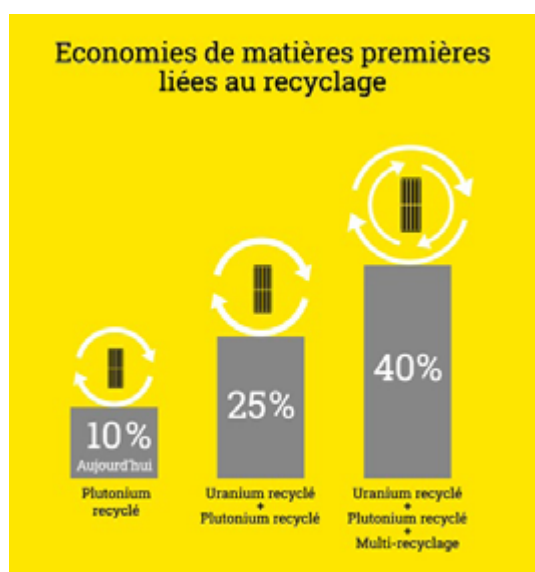
<sup>2</sup> [Programmation pluriannuelle de l'énergie \(PPE\)](#)

<sup>3</sup> [CNDP, « Compte rendu du débat public », Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs \(PNGMDR\), 2019-2021](#)

<sup>4</sup> [Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs \(PNGMDR\)](#)

Aujourd'hui, **10% de l'électricité nucléaire française est produite grâce au combustible MOX issu du plutonium recyclé**. Cette part peut atteindre **25% grâce au combustible URE** (uranium de recyclage enrichi) issu de l'uranium recyclé, puis jusqu'à **40% grâce au développement du MOX2 issu du multi-recyclage** et adapté aux réacteurs actuels et futurs, notamment les réacteurs à neutrons rapides (RNR).

Le Conseil de politique nucléaire a également **réaffirmé l'ambition française en matière de fermeture du « cycle » du combustible**. Il a ainsi été décidé de lancer une phase d'études de quatre ans visant à concevoir les installations nécessaires pour cette fermeture, incluant la construction d'un prototype de réacteur à neutrons rapides (RNR), ainsi que les installations associées, pour la fabrication et le traitement du combustible.



### Le lien avec les réacteurs à neutrons rapides

Les réacteurs à neutrons rapides sont essentiels au développement du multi-recyclage en France. Contrairement aux réacteurs actuels, ils peuvent utiliser et régénérer efficacement le plutonium issu du combustible utilisé, même après plusieurs « cycles ». Cette capacité permet d'envisager un « cycle » du combustible fermé, avec une meilleure valorisation des ressources et une réduction des déchets à long terme.

## Les perspectives : le projet Aval du futur

Pour répondre à cet enjeu du multi-recyclage, le projet Aval du futur prévoit **des ateliers de traitement des combustibles usés** à terme équivalents aux capacités actuelles, soit 1 200 tonnes de combustibles traités annuellement. Cette nouvelle usine serait en mesure de **traiter des combustibles usés « classiques » mais aussi des combustibles MOX et URE (uranium de recyclage enrichi) usés**, préparant la fermeture du « cycle » du combustible à l'horizon de la fin du siècle, et ainsi permettre la valorisation des matières nucléaires.

Le projet prévoit également la **création d'un atelier de fabrication de combustible MOX et d'un atelier d'entreposage du plutonium** : les capacités de l'usine Melox (Gard) seraient transférées sur le site de la Hague, afin d'optimiser le transport de matières nucléaires. En effet, la fabrication du combustible MOX nécessite le plutonium issu du retraitement des combustibles usés, étape qui est réalisée à Orano la Hague. Ces installations seraient progressivement mises en service à partir de 2038 et permettraient de projeter l'activité de traitement-recyclage au-delà de 2100.