

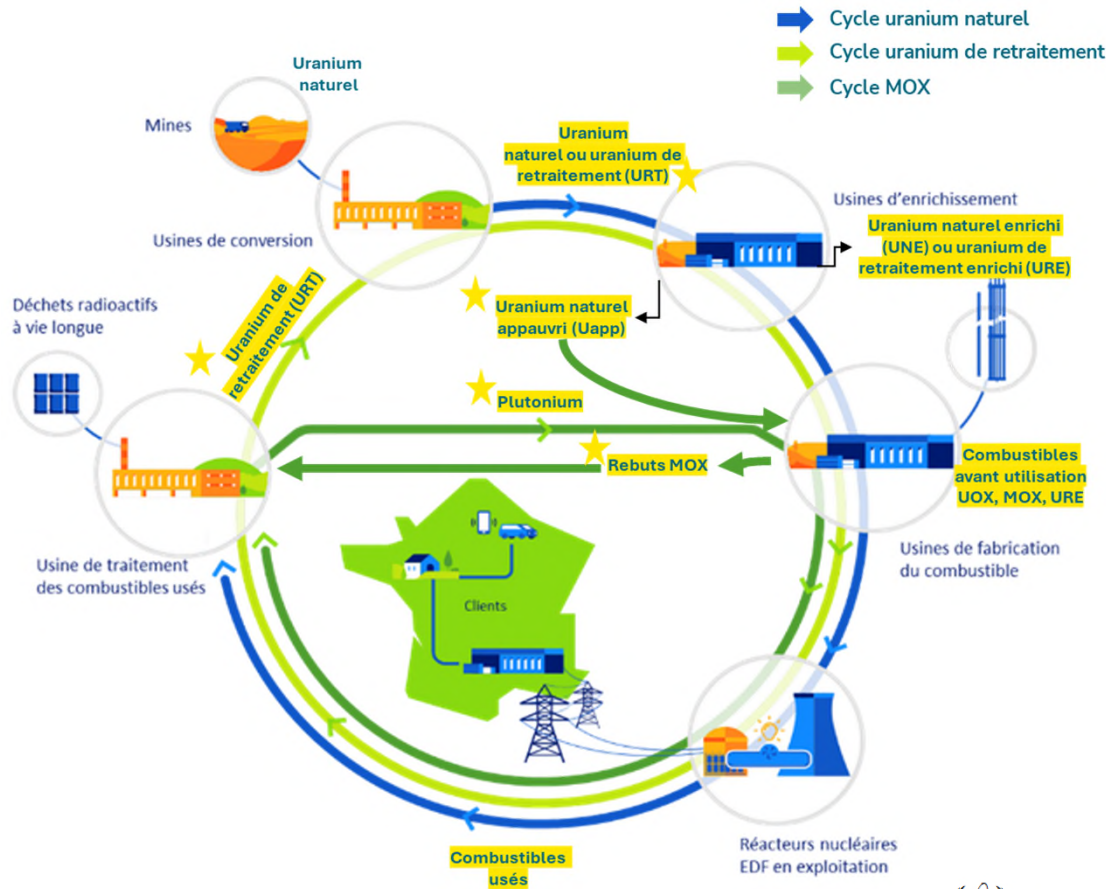


Le cycle du combustible en France

Les flux de matières associés

Débat Public Newcleo – Webinaire du 16 avril 2026
Jean-Michel ROMARY

La stratégie française de traitement-recyclage du combustible



CHIFFRES CLÉS

- Uranium naturel : ~ 7 000 t/an
 - Enrichissement : ~ 6 MUTS/an
 - Assemblages de combustible : ~ 1 200 t/an
- ~ 10 à 15% de la demande mondiale
- Assemblages de combustible usé UOx traités : ~ 1 100 t/an
 - URT extrait : ~ 1 045 t/an
 - Pu extrait : ~ 11 t/an
 - Assemblages de combustible MOX : ~ 100 à 120 t/an
 - Assemblages de combustible URE : ~ 37 t/an

- L'électricien est propriétaire des matières, à l'exception de l'Uapp qui est la propriété de l'enrichisseur
- Orano assure les services de transformation des matières en France sur l'amont et l'aval du cycle

* UTS (Unité de Travail de Séparation) représente le travail nécessaire pour séparer un mélange d'isotopes, notamment pour enrichir l'uranium en isotope fissile U₂₃₅

► BILAN DES STOCKS DE MATIÈRES RADIOACTIVES

(en tML, excepté pour les combustibles usés de la défense nationale en tonnes d'assemblages)

N°	Catégorie de matières	À fin 2024	Évolution 2023/2024	Part étrangère
1	Combustibles UNE avant utilisation	587	- 197	-
2	Combustibles UNE en cours d'utilisation dans les centrales électronucléaires	4 050	- 70	-
3	Combustibles UNE usés, en attente de retraitement	11 200	+ 200	0,2 %
4	Combustibles URE avant utilisation	39	+ 20	-
5	Combustibles URE en cours d'utilisation dans les centrales électronucléaires	19	+ 19	-
6	Combustibles URE usés, en attente de retraitement	624	- 1	-
7	Combustibles mixtes uranium-plutonium avant utilisation ou en cours de fabrication	22	- 10	-
8	Combustibles mixtes uranium-plutonium en cours d'utilisation dans les centrales électronucléaires	254	+ 69	-
9	Combustibles mixtes uranium-plutonium usés, en attente de retraitement ⁽¹⁾	2 530	+ 20	-
10	Rebuts de combustibles mixtes uranium-plutonium non irradiés en attente de retraitement	386	+ 11	-
11	Rebuts de combustibles uranium non irradiés en attente de retraitement	-	-	-
12	Combustibles usés RNR, en attente de retraitement	131	-	-
13	Combustibles des réacteurs de recherche avant utilisation	0,01	- 0,02	-
14	Combustibles en cours d'utilisation dans les réacteurs de recherche	1	-	-
15	Autres combustibles usés civils	62	-	2 %
16	Combustibles usés de la défense nationale	228 tonnes	+ 11 tonnes	-
17	Plutonium séparé non irradié sous toutes ses formes physico-chimiques	73	+ 1	16 %
18	Uranium naturel extrait de la mine, sous toutes ses formes physico-chimiques	31 000	- 2 200	-
19	Uranium naturel enrichi, sous toutes ses formes physico-chimiques	2 910	- 440	-
20	Uranium enrichi issu du retraitement des combustibles usés, sous toutes ses formes physico-chimiques ⁽²⁾	23	+ 1	-
21	Uranium issu du retraitement des combustibles usés, sous toutes ses formes physico-chimiques ⁽²⁾	34 900	+ 300	8 %
22	Uranium appauvri, sous toutes ses formes physico-chimiques	352 000	+ 11 000	-
23	Thorium, sous la forme de nitrates et d'hydroxydes	8 510	-	-
24	Matières en suspension (sous-produits du traitement des minerais de terres rares)	2	- 2 ⁽³⁾	-
25	Autres matières ⁽⁴⁾	67	- 3	-



Inventaire national des matières et déchets radioactifs

LES ESSENTIELS 2026

Dont La Hague 65 tML
- 53 tML France (EDF + Orano)
- 12 tML Etranger (*)

(*) Orano entrepose du Pu étranger destiné à être retourné à son propriétaire (le cas échéant sous forme de combustible MOX)

→ Orano

Plan de valorisation du plutonium séparé - EDF

ORIGINE : plutonium issu de la valorisation des combustibles usés UNE et à la marge des anciens réacteurs UNGG

AUJOURD'HUI : la valorisation par EDF de son plutonium est effective depuis les années 80, grâce à des procédés éprouvés :

- Traitement des Combustibles Usés (CU) UNE à l'usine Orano/La Hague,
- Avec le plutonium extrait, fabrication de combustibles neufs MOX à l'usine Orano/Melox,
- Utilisation des combustibles MOX en REP, sur 22 tranches 900 MWe.

DEMAIN : dans le cadre de la poursuite de la stratégie française de traitement-recyclage (PPE3), EDF a pour objectif de poursuivre la valorisation du plutonium :

- Dans le parc actuel :
 - sur le palier 900 MWe avec les **22 réacteurs** actuellement **moxés** (+ *possiblement 2 réacteurs*) jusqu'à leur fermeture,
 - **en moxant le palier 1300 MWe** sur un nombre de tranches et selon un planning qui restent à consolider.
- Dans le parc futur, la conception actuelle des EPR2 prenant en compte la possibilité de moxage.
- En traitant tous les CU traitables, aujourd'hui les CU UNE en **monorecyclage**, puis les CU URE et MOX via le **multirecyclage**, en REP dans un premier temps (étude de faisabilité en cours), puis en RNR dont la disponibilité de la technologie est entrevue d'ici la fin de siècle (fermeture du cycle).
- Comme aujourd'hui, **en consommant le plutonium au fil de sa production** (pas d'augmentation du stock physique).
- Selon un niveau et un planning de moxage permettant à la fois de **consommer l'URT issu du traitement** (dont le stock actuel) et de **ne pas avoir de plutonium résiduel à la fin de vie du parc considéré** (parc actuel seul ou avec parc futur).

Plan de valorisation du plutonium séparé - Orano

ORIGINE : plutonium issu des conséquences d'aléas industriels ayant conduit ponctuellement à déséquilibrer le flux de traitement UNE et le flux de production de combustible MOX, et à la marge des anciens réacteurs UNGG

AUJOURD'HUI :

- Lorsque l'opportunité se présente, Orano engage des discussions commerciales avec ses **clients selon différentes filières de valorisation**.
- La voie privilégiée est la valorisation du plutonium pour la fabrication de **TOP MOX pour des clients tiers** consistant à valoriser le plutonium issu du traitement du combustible usé d'un électricien dans un combustible MOX pour un autre électricien.
- Une autre voie consiste à employer le stock de plutonium séparé non irradié pour fournir du combustible **MOX à des électriciens étrangers** afin d'être utilisé dans les parcs électronucléaires.

DEMAIN :

- Valorisation du plutonium dans les **réacteurs AMR** (Advanced Modular Reactor) ou **SMR** (Small Modular Reactor).
- Pour les **SMR**, réacteurs basés sur un concept de 3^{ème} génération (REL avec combustible oxyde) de petite puissance jusqu'à 300 MWe, le **recyclage du plutonium sous forme de combustible MOX** dans le cas du traitement de leur combustible usé.
- Concernant les **AMR**, Orano se positionne comme un acteur clé du cycle du combustible **en fournissant le combustible puis son traitement / recyclage** :
 - *Pour les réacteurs à neutrons rapides avec caloporteur au sodium ou au plomb, le combustible utilisé est de type MOX et permet la complète valorisation du plutonium sans nouvel apport d'uranium naturel.*
 - *Pour les réacteurs à neutrons rapides de type RSF (réacteur à sels fondus), dont le concept est basé sur l'utilisation d'un combustible liquide de sels fondus qui pourrait être constitué exclusivement de plutonium (c'est-à-dire sans uranium).*

LE PROJET AVAL DU FUTUR

Conformément à la PPE3 actant de la prolongation de la stratégie française de traitement et de valorisation du combustible usé :

Concevoir, construire et mettre en service de nouvelles capacités afin de poursuivre le traitement et le recyclage au-delà de 2100



1

Atelier de déchargement et entreposage des combustibles usés avant traitement

2

Usine de traitement des combustibles usés

3

Atelier de fabrication de combustibles MOX

Une zone de 50 ha identifiée pour la nouvelle usine, sans sortir du périmètre existant du site de La Hague



SCHÉMA INDUSTRIEL DU PROJET AVAL DU FUTUR



Une architecture d'usine flexible et modulaire permettant d'intégrer des options permettant de progresser vers la fermeture du cycle

Nouvelle usine de traitement

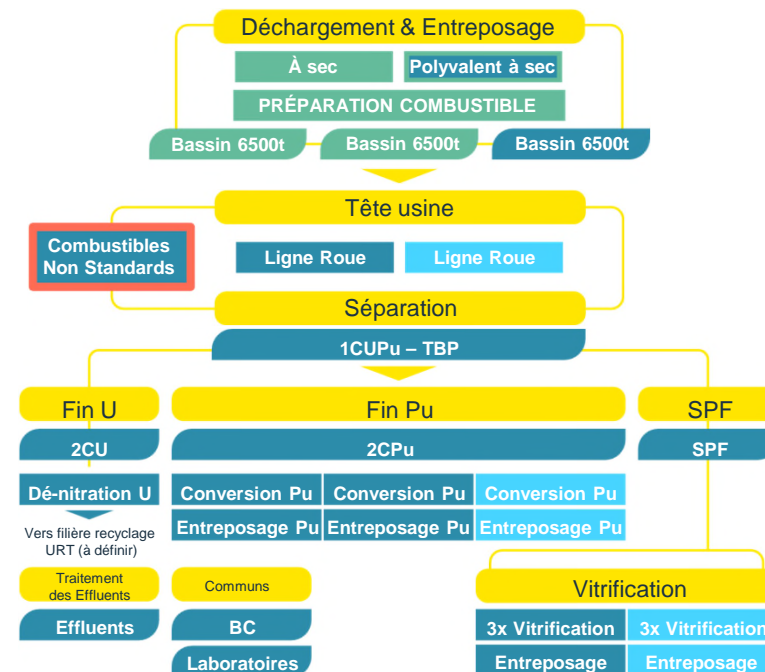
Réalisation d'une nouvelle usine de traitement d'une capacité totale de **1200 tML/an**, avec un déploiement modulaire en trois étapes :

Un ensemble déchargements et bassins d'entreposage, dont **le premier bassin de 6 500 tML** mis en service en 2040 (études démarrées en 2024)

Un objectif initial de mise en service du premier module de traitement à horizon 2050 ; **cet objectif sera réévalué fin 2026** au regard des conclusions des études de prolongation de La Hague

Une capacité annuelle de traitement de MOX utilisé REL de l'ordre de 200 tML/an

Usine de traitement



Usine de fabrication MOX



+ réserve foncière pour une extension MOX REL ou une usine capacitive MOX RNR

SCHÉMA INDUSTRIEL DU PROJET AVAL DU FUTUR



Nouvelle usine de fabrication MOX

Réalisation d'une seconde usine de fabrication de combustible MOX REL d'une capacité de 170 tML/an, équipée dans une premier temps pour 140 tML/an, pour une mise en service dès que possible, en 2040

Options relatives à la fermeture du cycle

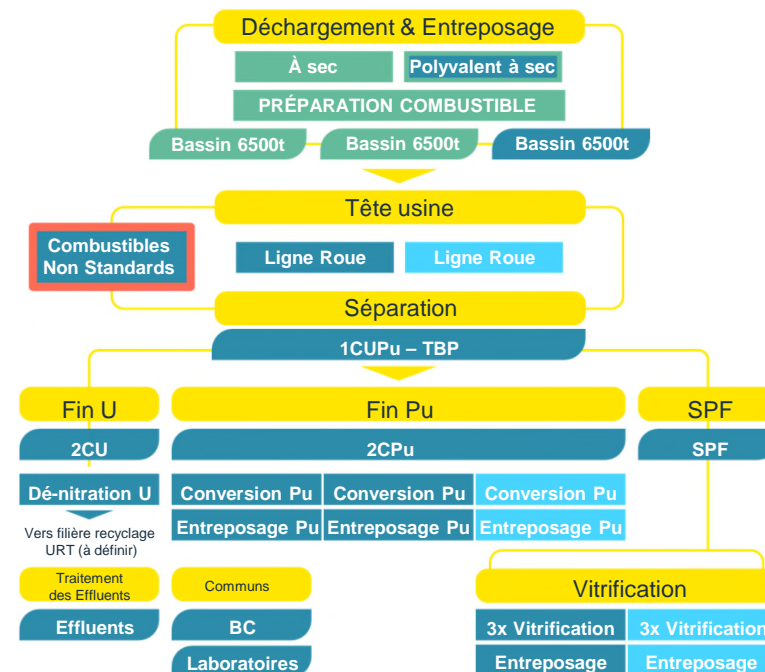
Une ligne de Traitement de Combustibles Non Standards, adaptée au traitement de combustibles MOX RNR

Une ligne de fabrication de combustible MOX RNR (capacité de 10 tML/an)

+ réserve foncière pour une extension MOX REL ou une usine capacitive MOX RNR

Etudes à partir de la décennie 2040

Usine de traitement



Usine de fabrication MOX



+ réserve foncière pour une extension MOX REL ou une usine capacitive MOX RNR

Perspectives pour le cycle du combustible

3 étapes avec des besoins technologiques croissants

MODERNISATION DES USINES EXISTANTES

Continuité à long terme des capacités industrielles existantes

Maintenir le mono-recyclage dans le parc actuel

Poursuivre le recyclage avec le MOX et l'URE

PROJET INDUSTRIEL À COURT TERME



20 à 25%
d'économie
d'UNat



Besoin
d'entreposage
des combustibles usés
divisé par 4



Volume des déchets destinés
au stockage géologique profond
divisé par 5 et
toxicité divisée par 10

Perspectives pour le cycle du combustible

3 étapes avec des besoins technologiques croissants

PROJET AVAL DU FUTUR

Développements technologiques et innovations pour s'adapter aux nouvelles exigences et améliorer la performance industrielle globale

PERSPECTIVE MOYEN TERME



Jusqu'à 40%
d'économie
d'UNat



Retraitement de tous
les types de combustibles
(UNE, URE, MOX)



Stabilisation
de l'inventaire
des combustibles
usés

Multi-recyclage dans le futur parc EPR2
via le traitement des combustibles usés MOX

Soutenir le déploiement des nouveaux réacteurs
nucléaires, incluant les SMRs et les AMRs

Déployer les premières briques industrielles permettant
la fabrication et le traitement du combustible MOX-RNR

Perspectives pour le cycle du combustible

3 étapes avec des besoins technologiques croissants

FUTURES CAPACITÉS

Préparer la fermeture complète du cycle du combustible avec le déploiement des Réacteurs à Neutrons Rapides

AMBITION À PLUS LONG TERME



Poursuivre les économies d'Unat, jusqu'à 100%

Des procédés à faire évoluer ou à développer pour traiter massivement des combustibles MOX-RNR

- Opération mécanique et cisailage
- Dissolution des combustibles : teneur Pu élevée
- Séparation/Purification des matières fissiles : Flux de Pu élevé

Optimiser la conception du combustible RNR de série dans une approche intégrée réacteur / cycle

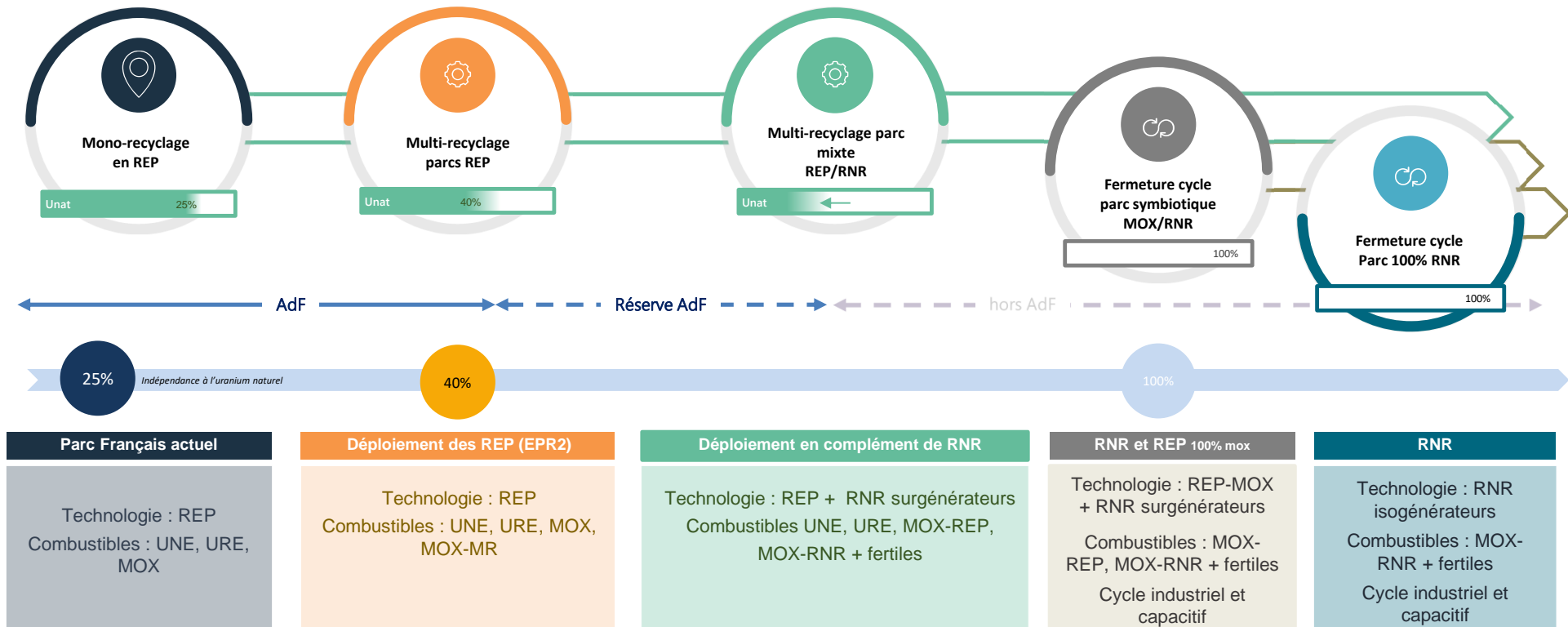


Réduire davantage le volume, la durée de vie et le niveau de toxicité des déchets

AVAL DU FUTUR UN PROJET CRUCIAL DANS LA FERMETURE DU CYCLE



La dynamique engagée avec le Conseil de Politique Nucléaire du 12 mars 2026 consiste à proposer une trajectoire permettant de progressivement se désensibiliser à l'Uranium naturel **pour atteindre une indépendance totale à l'horizon 2100**, via des technologies de réacteurs nucléaires REP et RNR à consolider.





orano

Donnons toute sa valeur au nucléaire