

# PARCOURS LE CYCLE DES COMBUSTIBLES





**EXTRACTION**  
Mines étrangères

ÉTRANGER

### L'EXTRACTION DE L'URANIUM :

Le minerai d'uranium est extrait, puis purifié et concentré (Yellow cake) sur les sites miniers

La France a besoin de l'ordre de 8 000 à 10 000 tonnes d'uranium naturel par an pour fabriquer le combustible alimentant son parc de 58 réacteurs nucléaires. La totalité de cet uranium est importée.

La production mondiale d'uranium provient des mines du Kazakhstan, du Canada, de l'Australie, de la Namibie, du Niger, de Russie et d'Ouzbékistan.\*

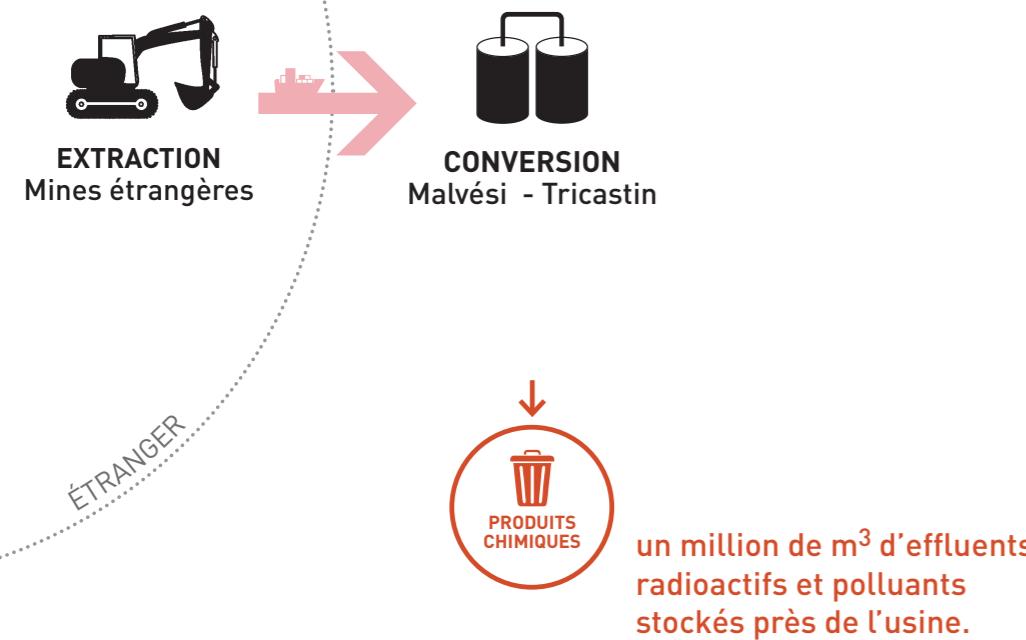
\* Répartition exacte des importations françaises non communiquée par EDF et Orano.



EAUX  
CONTAMINÉES

près des sites miniers



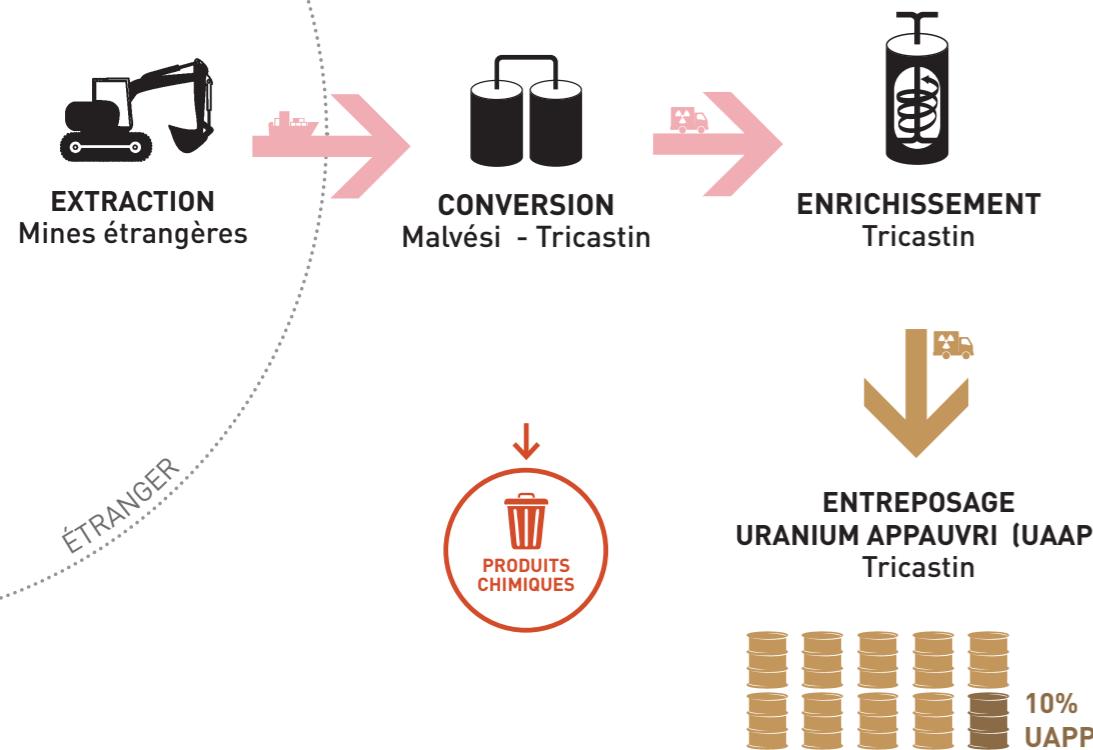


## LA CONVERSION DE L'URANIUM

L'opération de conversion est réalisée en 2 étapes : l'établissement COMURHEX de Malvési (Aude) réceptionne le concentré de minerai d'uranium afin de le purifier chimiquement (il est transformé en hexafluorure d'uranium (UF<sub>6</sub>)). La seconde étape est réalisée à Pierrelatte (Drôme) : L'uranium est alors transformé (converti) en tetrafluorure d'uranium (UF<sub>4</sub>).



Ces transformations nécessitent l'utilisation de différents produits chimiques très polluants : à Malvési les déchets les plus importants sont le fluor, le nitrate et l'ammoniac. Pour Pierrelatte les déchets sont le fluor et l'uranium, et des déchets TFA.



## L'ENRICHISSEMENT DE L'URANIUM

Pour produire de l'énergie, la réaction nucléaire s'appuie sur la fission des atomes d'uranium : il faut que l'uranium fissile représente plus de 4%. Or, à l'état naturel, la partie fissile de l'uranium ne représente que 0,7% du total.

L'enrichissement en isotope 235 de l'uranium est assuré par l'usine Eurodif du Tricastin. L'uranium sous forme d'hexafluorure d'uranium est séparé en deux flux, l'un s'enrichissant, l'autre s'appauvrissant en isotope 235.

À partir de 7.000 tonnes d'uranium naturel, on obtient :

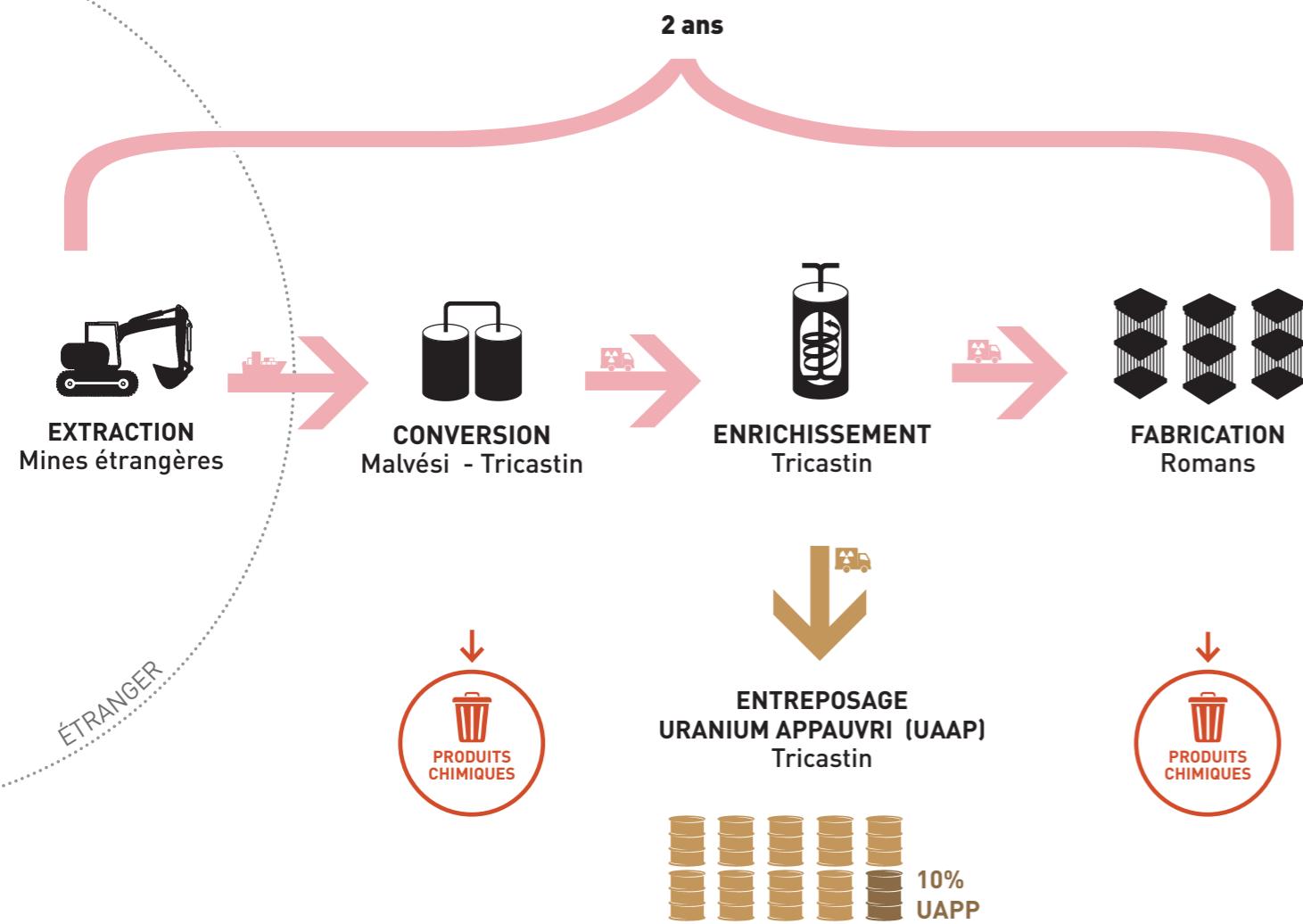
1 000 tonnes d'uranium enrichi.

Par an, 6 000 tonnes d'uranium appauvri sont entreposés à Tricastin

L'ASN demande à ORANO et à l'ANDRA de poursuivre des études sur le stockage de l'Uranium Appauvri, donc, de le considérer comme un déchet .

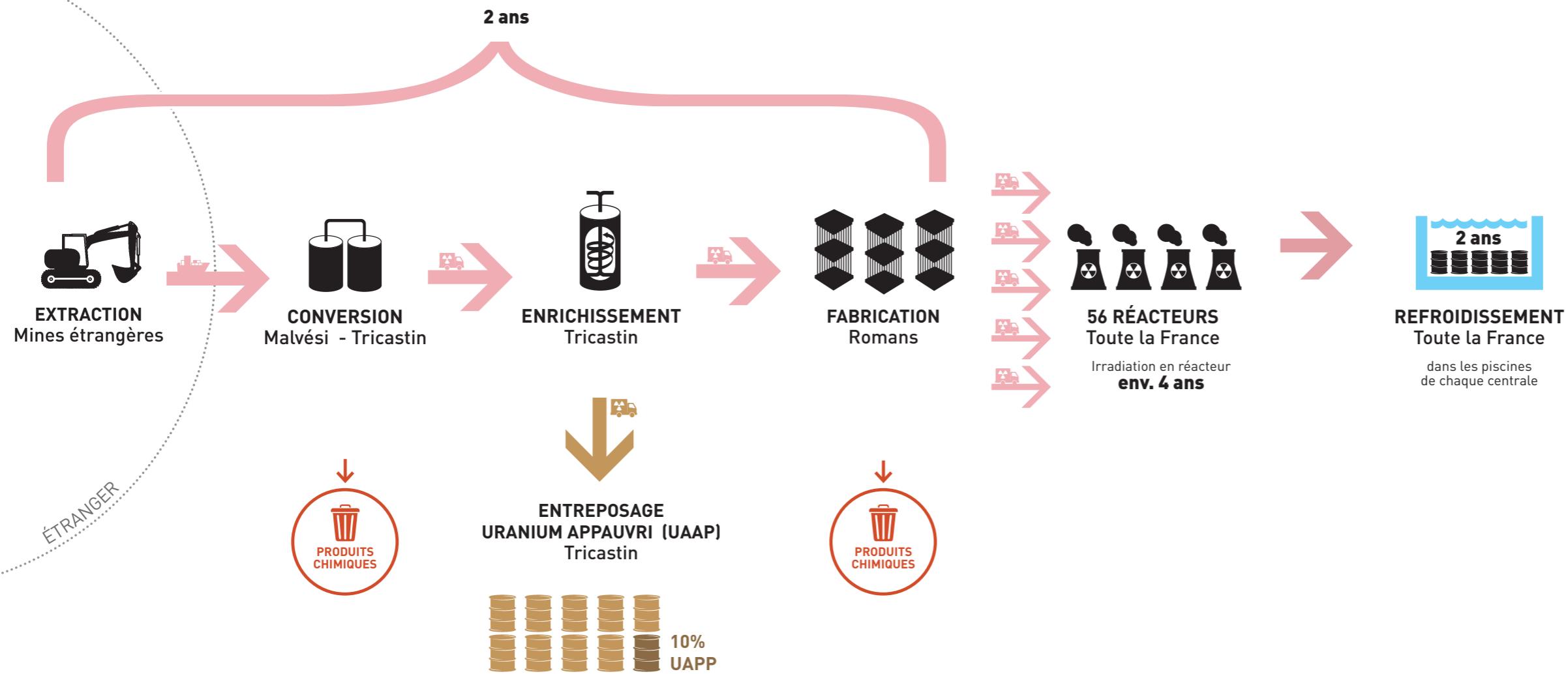


Ces transformations nécessitent l'utilisation de différents produits chimiques très polluants : fluor, le nitrate et l'ammoniac + uranium



## LA FABRICATION DES COMBUSTIBLES

Le procédé est mis en œuvre dans l'usine de fabrication FBFC de Romans-sur-Isère), qui transforme l'hexafluorure d'uranium enrichi en poudre d'oxyde d'uranium. Les pastilles combustibles fabriquées avec cet oxyde sont gainées pour constituer les crayons, lesquels sont réunis pour former les assemblages de combustible.

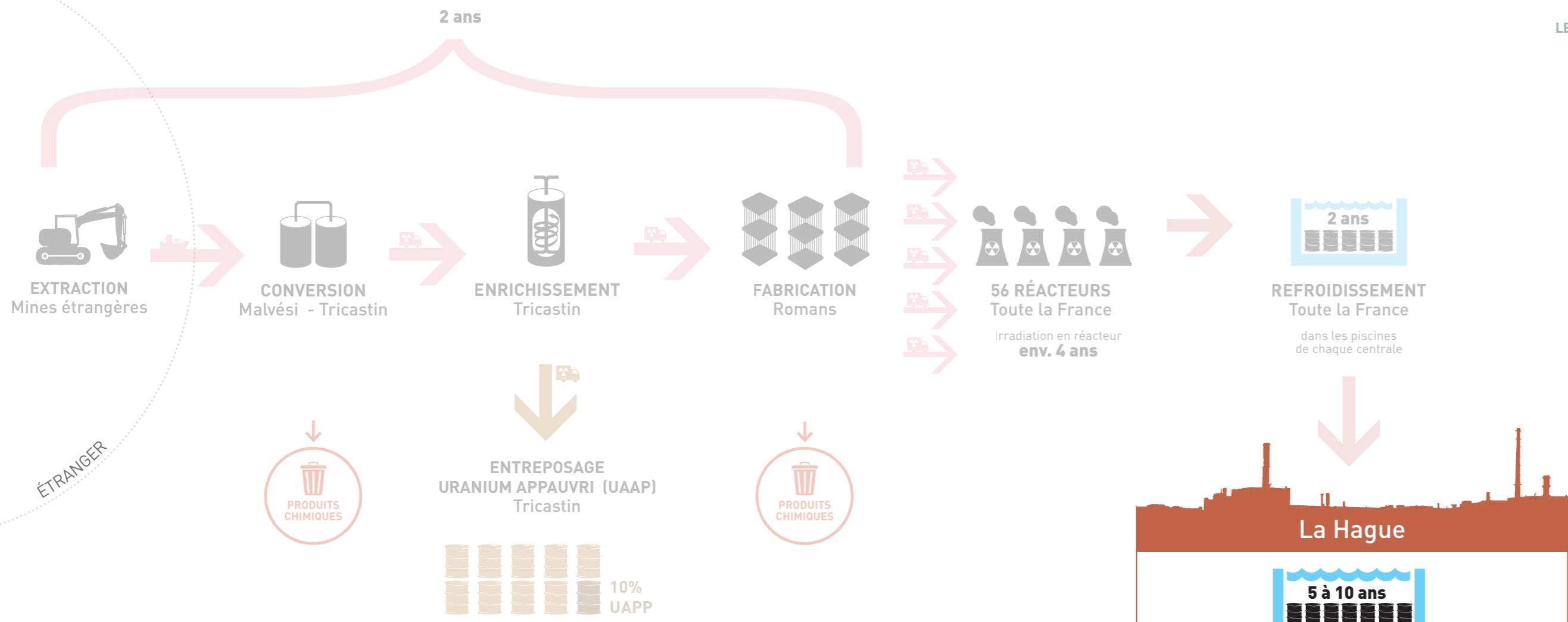


## LA PRODUCTION D'ÉNERGIE

Ces assemblages sont alors introduits dans le cœur du réacteur nucléaire où ils délivrent de l'énergie par fission des noyaux d'uranium 235. Les réactions de fission entraînent une consommation de l'uranium 235 et la génération de produits radioactifs dits produits de fission. Les captures neutroniques par les noyaux lourds conduisent également à la production de plutonium et autres actinides (neptunium, américium, curium...).

Après une période de l'ordre de trois à cinq ans, le combustible usé est extrait du réacteur pour refroidir en piscine, d'abord sur le site même du réacteur (environ 2 ans), car trop chaud pour être transporté.





Ensuite, le combustible usé est envoyé à l'usine de retraitement ORANO de La Hague, et refroidit encore en piscine de 5 à 10 ans.

#### COMMENCE LE RETRAITEMENT :

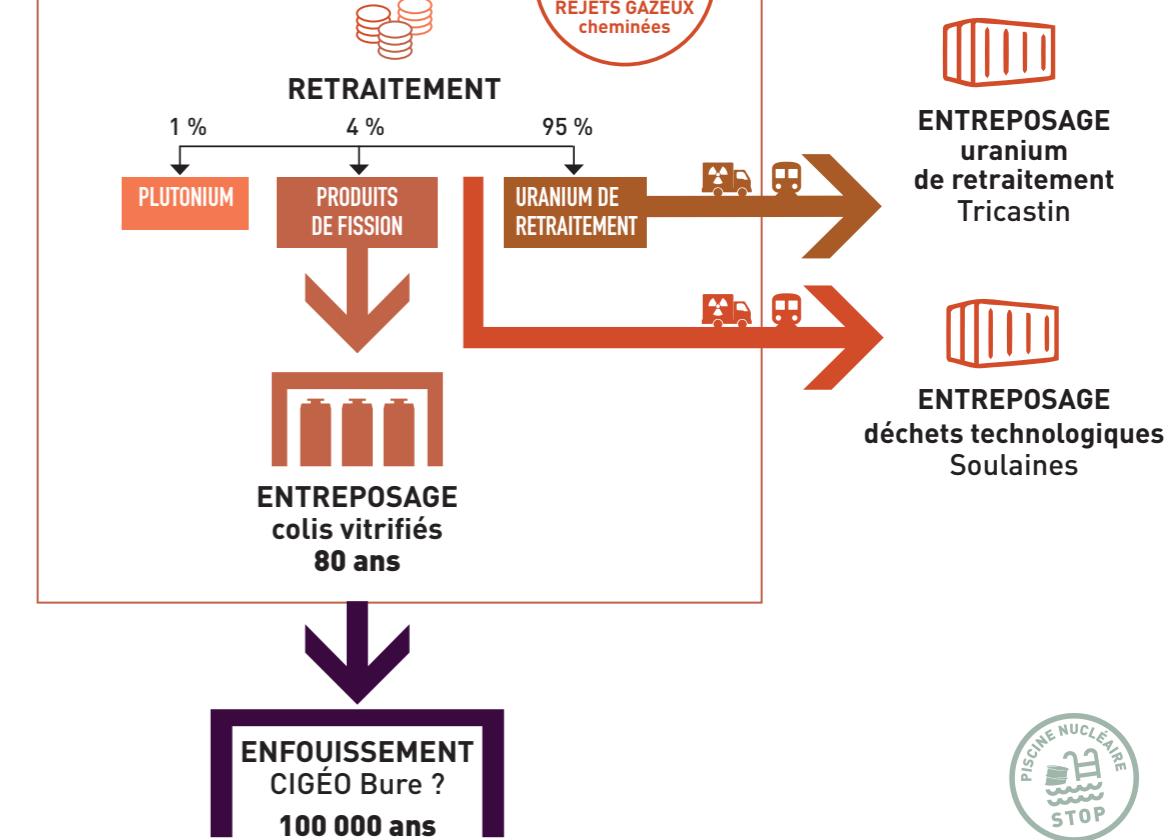
L'uranium et le plutonium des combustibles usés sont séparés des produits de fission et des autres actinides. L'uranium de retraitement (URT) qui contient encore de l'ordre de 0,9 % d'isotope 235 et le plutonium purifiés sont entreposés en vue d'une réutilisation future. Les produits de fissions et autres actinides sont conditionnés dans du verre coulé en conteneurs, en vue de leur stockage ultérieur en couche géologique profonde. Les gaines de combustibles sont également compactées dans des conteneurs comme les produits de fission pour être envoyées à Cigéo.

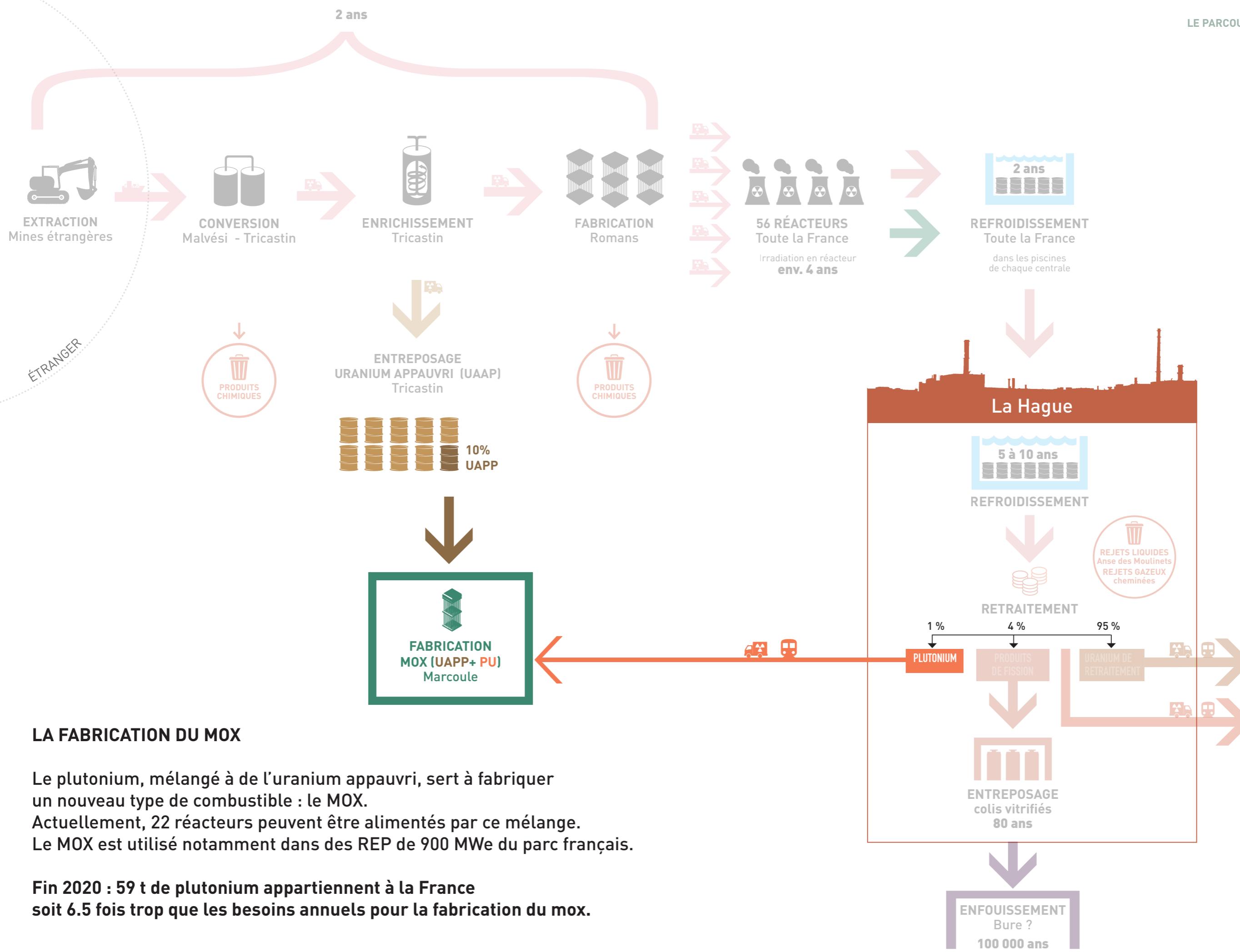
#### Chaque année en moyenne :

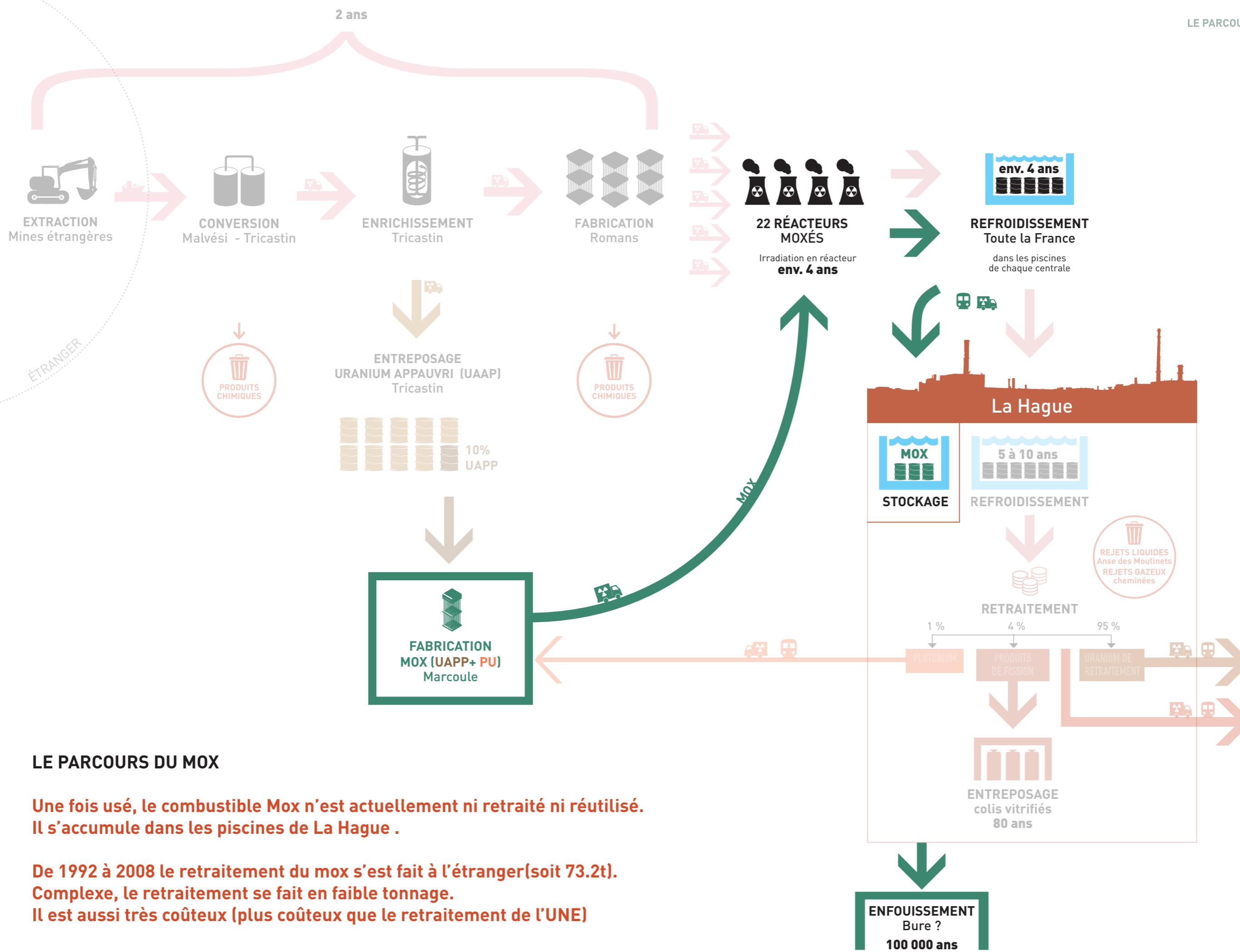
→ 800 conteneurs pour les produits de fission et → 700 pour les gaines.

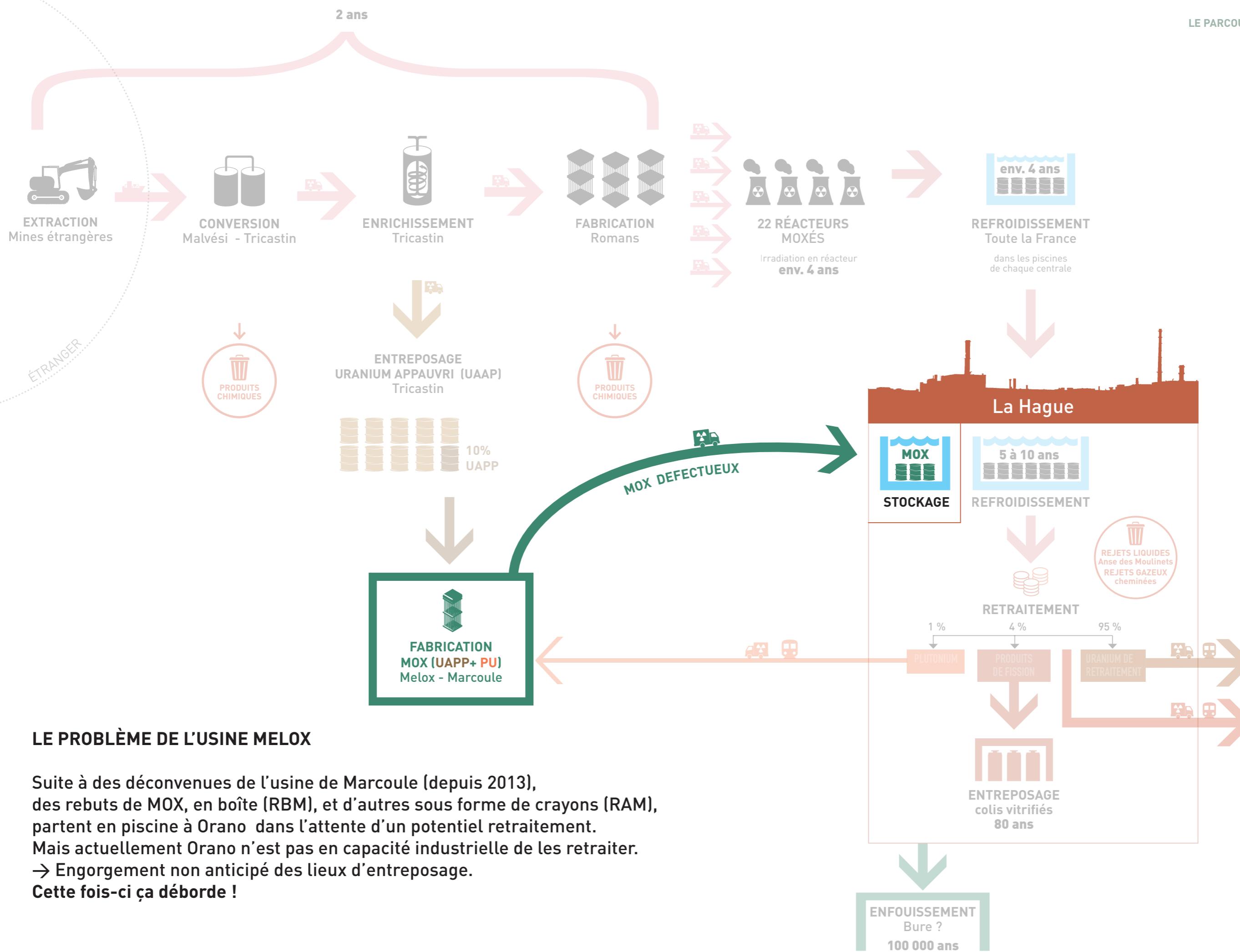
Orano reçoit en moyenne 1200 tonnes de combustibles usés et en retraite 1000 tonnes les bonnes années. Il reste donc chaque année environ 200 tonnes.

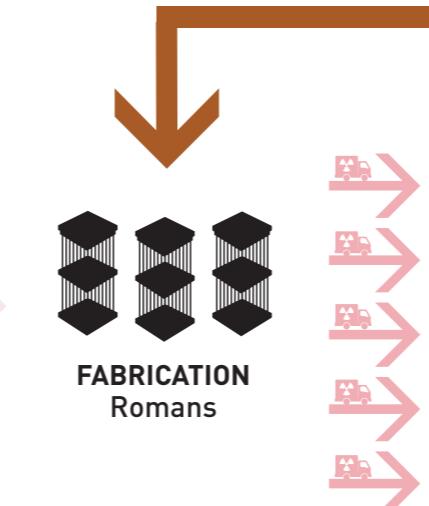
Selon l'Irsn, « la stratégie du traitement recyclage du combustible nucléaire sera préservée jusqu'à l'horizon 2040 » et après ? (Avis IRSN du 4 mars 2022 - page 3)



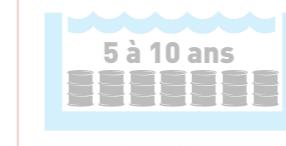








**La Hague**



**RETRAITEMENT**



**ENRICHISSEMENT**  
Installations étrangères  
Sibérie - Pays-Bas



**ENTREPOSAGE**  
uranium  
de retraitement  
Tricastin



**ENTREPOSAGE**  
déchets technologiques  
Soulaines



## L'URANIUM DE RETRAITEMENT (URT)

L'Irsn évoque la saturation en 2022 des capacités d'entreposages d'uranium de retraitement (URT) à Tricastin :

→ actuellement environ 310 000 tonnes.

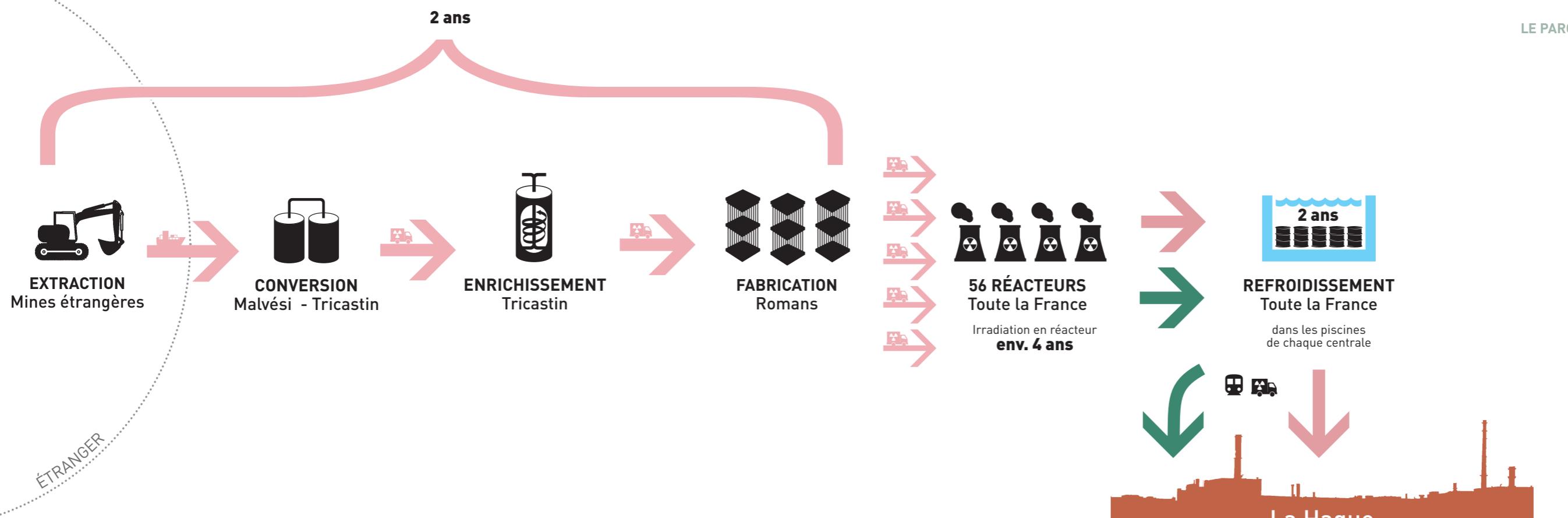
Un stock qui s'accroît chaque année de 1.000 tonnes

L'URT a été valorisé depuis 2013\* : Il est envoyé en Russie pour être ré-enrichi (URE) et mis dans les réacteurs de Cruas, Ardèche. Ces combustibles usés sont dans les piscines de la Hague et ne peuvent être remis dans le circuit.

En 2023 il doit revenir de Russie de l'URT valorisé, un contrat est passé ... Indépendance du nucléaire ?

La cour des comptes estime que la reprise pour la valorisation de cette URT est insuffisante pour permettre une diminution des stocks avant le milieu du siècle. Elle recommande de constituer une provision de 500M€ à 1 M€ pour en stocker une grande quantité et ne pas léguer cette charge aux générations futures.

\* Document HCTISN



## TYPOLOGIE DES DÉCHETS PRODUITS PAR LE PROCESSUS DE RETRAITEMENT

- Des combustibles MOX qui contiennent des quantités importantes de plutonium, en piscine
- Des combustibles irradiés classiques non retraités (env. 200t par an), en piscine
- Des produits de fission et les actinides mineurs en conteneurs (déchets à vie très longue et haute activité MA-VL et HA)
 

Avant d'être vitrifiés les produits de fission et actinides mineurs contenus sous forme liquide dans des cuves sont continuellement agitées et refroidies (délais en cas de rupture d'agitation et de refroidissement : moins de 6 heures !! )
- Des déchets de structures des combustibles tels que des éléments d'assemblages ou des gaines de combustibles, en conteneurs (déchets à vie très longue et haute activité MA-VL et HA)
- Du plutonium dont une quantité importante est irradié et qui reste dans le MOX
- Du plutonium stocké "sur les étagères", dont une partie appartient à des pays étrangers et environ 59 tonnes "français" (source JC Zerbib) car tout le plutonium n'a pas été recyclé
- Des résidus du traitement chimique contenant du plutonium
- De l'uranium de retraitement qui n'est pas réutilisé (ou presque pas)
- Des déchets liés au fonctionnement de l'usine: remplacement des pièces, outillages, vêtements contaminés et autres
- Des rejets gazeux : tritium, krypton , carbone 14 et iodé.
- Des rejets liquides : tritium, carbone 14, iodé, nitrates.



ENTREPOSAGE  
uranium  
de retraitement  
Tricastin



ENTREPOSAGE  
déchets technologiques  
Soulaines



