



Consommation des matières recyclée dans les réacteurs

Réunion plénière du HCTISN

8 mars 2022

Emmanuelle Verger,

Directrice Division Combustible EDF

LA VALORISATION DES MATIERES RECYCLEES DANS LES REACTEURS

- **L'équilibre du cycle (*) est garanti par la consommation des matières recyclées (Uranium de ReTraitement (URT) et Plutonium (Pu)) dans les réacteurs d'EDF.**
- Cette consommation génère une économie des ressources en uranium naturel de 10% avec le Pu seul à environ 20/25% avec le Pu et l'URT.

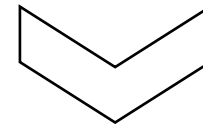
- **Un accroissement temporaire de la consommation est un levier pour désengorger les entreposages intermédiaires et résorber les stocks.**

Equilibre du cycle par

- le chargement d'assemblages à base d'Uranium de retraitement Enrichi (URE) sur 4 tranches de 900 MWe et sur 3 à 4 tranches du palier 1300 MWe.
- le chargement d'assemblages MOX (Mixed Oxide à base de Plutonium) sur 22 à 24 tranches moxées de 900 MWe, compensées à leur arrêt par des tranches de 1300 MWe

Relance de la filière industrielle URT (1)

Projet MOX 1300 (2)



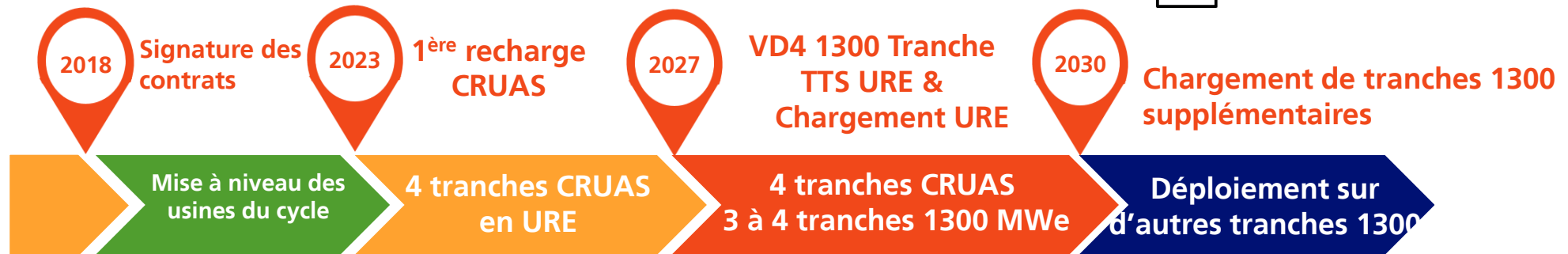
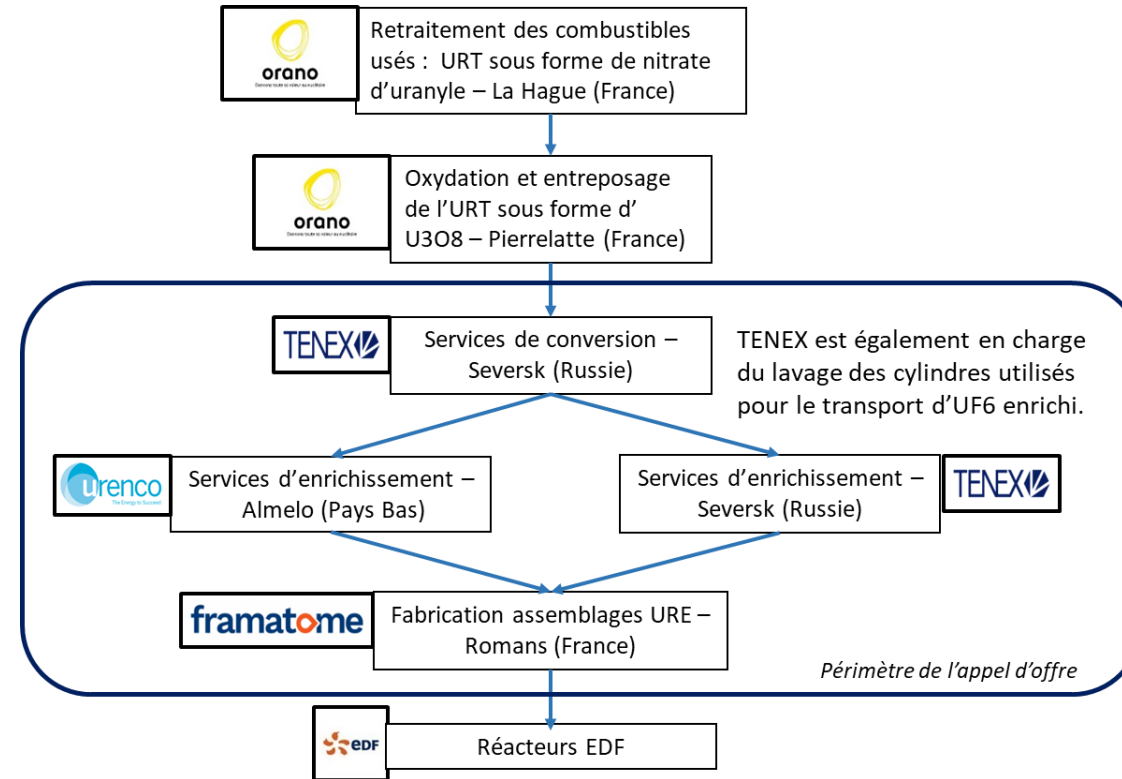
Leviers pour consommer les stocks d'URT et de Pu

- **Accroître le nombre de réacteurs 1300 chargés en URT après leur 4^{ème} visite décennale**
- **Accroître ponctuellement le nombre d'assemblages MOX par recharge de 12 à 16 sur les tranches moxées de 900 MWe**

Recharges 16 MOX (3)

1. AVANCEMENT RELANCE DE LA FILIERE INDUSTRIELLE URT (1/2)

- Suite aux appels d'offre (2017) et à la signature des contrats (2018), les fournisseurs ont lancé les adaptations des usines pour répondre aux exigences environnementales et techniques d'EDF dans l'objectif d'une filière URT durable.
- **Après audit des installations amont de TENEX et d'URENCO, EDF a expédié un premier lot de fûts d'U3O8 en novembre 2021 pour sa conversion dans les installations de Seversk en Russie puis son enrichissement dans les installations d'Almelo aux Pays-Bas avant le retour de cette matière enrichie à Romans en France.**
- **Les assemblages fabriqués à Romans seront chargés en 2023 sur Cruas.**
- Les assemblages URE sont déjà autorisés sur les réacteurs de Cruas.
- Les études en cours pour les réacteurs de 1300 MWe dans le cadre du 4^{ème} réexamen confirment la capacité des réacteurs de 1300 MWe à être chargés en URE.



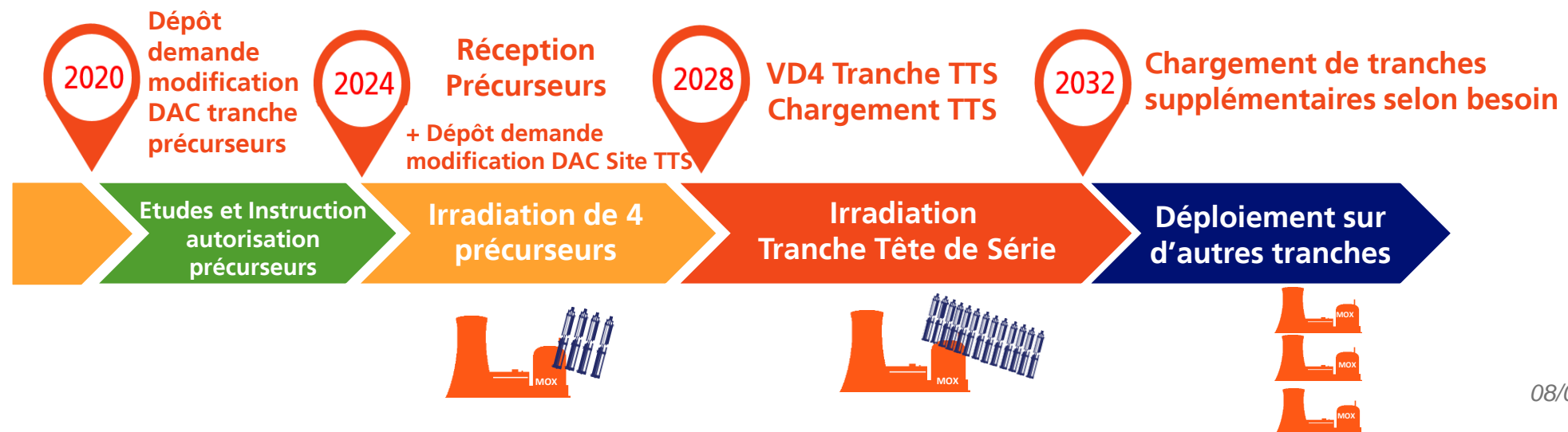
1. AVANCEMENT RELANCE DE LA FILIERE INDUSTRIELLE URT (2/2)

- L'uranium de retraitement (URT) a des caractéristiques comparables à celles de l'uranium naturel et peut être recyclé dans les centrales nucléaires d'EDF : le combustible URE a été utilisé à Cruas entre 1994 et 2013 dans le respect des exigences de sûreté. Les assemblages chargés en 2023 seront similaires à ceux de l'ancienne filière.
- Des étapes techniques importantes ont été franchies en 2021 pour adapter ou mettre en service les usines pour garantir une filière durable :
 - **Mise en service d'une usine de vitrification des effluents sur le site de Seversk** : le site de Seversk a mis en service son installation permettant de vitrifier les effluents et les résidus de procédé aux meilleurs standards internationaux (procédés de vitrification éprouvés, verres borosilicatés).
 - **Mise à niveau de la radioprotection dans les usines de Seversk (Russie – TENEX) et d'Almelo (Pays-Bas – URENCO)**
 - Framatome réalise également la mise à niveau de ses installations à Romans.
- **EDF a réalisé des audits techniques chez les fournisseurs de services de conversion et d'enrichissement :**
 - L'audit technique mené par EDF du 4 au 6 octobre 2021 a confirmé la capacité de TENEX à Seversk (Russie) à réaliser les services de conversion, d'enrichissement, de lavage des cylindres et de vitrification des résidus de procédé.
 - L'audit technique mené par EDF du 9 au 10 décembre 2021 a confirmé la capacité d'URENCO à Almelo (Pays-Bas) à réaliser les services d'enrichissement.



2. UN PROGRAMME EN VUE DE MOXER LE 1300 MWe POUR SECURISER SUR LE LONG TERME LA CONSOMMATION DU PLUTONIUM

- L'introduction de combustible MOX sur le palier 1300 MWe est un engagement de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie et un enjeu industriel pour la cohérence du cycle.
- EDF met en place une démarche progressive pour introduire en toute sûreté le MOX sur les réacteurs 1300 MWe :
 - En 2024, livraison de 4 assemblages MOX dits précurseurs toute première étape permettant de valider le moxage des réacteurs de 1300 MWe.
 - A cette fin une demande de modification du Décret d'Autorisation de Création de la tranche 4 de Paluel (INB 115) a été déposée auprès du Ministère de la Transition Ecologique en décembre 2020. Cette demande vise à obtenir une autorisation pour charger 4 assemblages contenant du Plutonium sur cette tranche. Elle fera l'objet d'une enquête publique.
 - A partir de 2028, une recharge complète (24 assemblages) sera introduite sur une tranche après sa 4^{ème} visite décennale.
 - Enfin, EDF sollicitera l'autorisation de généraliser le produit MOX sur d'autres tranches, selon le besoin et en intégrant le retour d'expérience
- Depuis 2019, EDF, Orano et Framatome collaborent dans un projet commun pour mener cette démarche.



2. DES MODIFICATIONS POUR LE MOX 1300 LIMITEES

- Le combustible MOX 1300 est conçu à partir de 30 ans de retour d'expérience sur le 900 MWe. Ce sont les mêmes pastilles que celles du combustible MOX chargé sur les réacteurs de 900 MWe actuellement. Seule la géométrie de l'assemblage varie.
- Les étapes techniques pour l'introduction d'assemblages MOX sur le 1300 MWe sont :
 - Réaliser les adaptations limitées de l'usine MELOX (Orano) pour la fabrication des assemblages de 1300 MWe : modification des postes « Crayons » et « Assemblages » dont une partie a été réalisée dès 2021
 - Adapter l'emballage de transport MX6® pour les assemblages MOX neufs utilisé actuellement pour le transport du MOX vers les Pays Bas aux assemblages EDF et avoir obtenu son extension d'agrément
 - Réaliser les adaptations de la tranche 4 de Paluel :
 - adapter les moyens de manutention
 - de l'emballage de transport MX6® des assemblages combustibles MOX neufs
 - des assemblages combustibles précurseurs MOX au niveau du bâtiment combustible
 - pour la première recharge, ajouter 4 grappes de commande. Cette opération sera réalisée lors de la 4^{ème} visite décennale. (NB: pour les précurseurs, aucune évolution n'est nécessaire dans le bâtiment réacteur)



3. LA VARIABILITE DES RECHARGES A 16 ASSEMBLAGES MOX POUR RESORBER LE STOCK DE PU

- Dans le cas des réacteurs CPY recyclant des assemblages MOX, la gestion standard dénommée « Parité MOX », correspond à des recharges neuves comprenant 28 assemblages de combustible de dioxyde d'uranium (UO₂) + 12 assemblages d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium (MOX)
- **EDF étudie une variabilité sur la composition de ces recharges : 24 UO₂ + 16 AC MOX au lieu de 28 UO₂ + 12 MOX dans le format standard.** Ces études consistent à étendre la justification de sûreté de la gestion standard pour cette nouvelle composition de recharges d'assemblages neufs. Aucune modification matérielle n'est nécessaire.
- Cet accroissement de la consommation de Pu est équivalente au traitement de 80 tonnes de métal lourd irradié
- Un préalable à la mise en œuvre du levier de variabilité à 16 MOX est une capacité de production suffisante à MELOX. Un déploiement de ces recharges peut être envisagé à partir de 2026

ANNEXES

DIFFERENCES ENTRE L'URANIUM NATUREL ET L'URT

Uranium Naturel

- Contient
 - de l'uranium 235 (^{235}U) à 0,711%
 - majoritairement de l'uranium 238 (aussi noté ^{238}U)

- des traces d'uranium 234 (^{234}U)

Uranium de ReTraitement

- Contient
 - de l' ^{235}U autour de 0,8%
 - majoritairement de l' ^{238}U
 - de l' ^{232}U avec une concentration inférieure à 30 ppb après enrichissement (descendants très radioactifs, émetteurs gamma intenses) -> contraintes en terme de radioprotection
 - de l' ^{234}U et ^{236}U à plusieurs centaines de ppb (neutrophages, réduisent le rendement de la réaction) -> enrichissement plus élevé en ^{235}U

Uranium Naturel

- **Extraction de l'uranium naturel**
- **Conversion**

- **Enrichissement**

- **Fabrication assemblages**

- **Réacteurs EDF**

- **Gestion, lavage des cylindres**

Uranium de ReTraitement

- **Disponible sur le site Orano Cycle de Pierrelatte.**
- **Conversion** dans une installation traitant de l'uranium naturel (opérations similaires) mais avec une protection accrue des travailleurs et une gestion des déchets spécifique.
- **Enrichissement** dans une installation traitant de l'uranium naturel, mais lignes dédiées (protections biologiques).
- **Fabrication assemblages** dans une installation traitant de l'uranium naturel, mais lignes dédiées (protections biologiques).
- **Réacteurs EDF:** Les assemblages URE ont un comportement en réacteur proche de celui des assemblages UNE.
- **Gestion, lavage des cylindres** dans une installation possédant des protections biologiques suffisantes.

LES CONCLUSIONS DES AUDITS TECHNIQUES REALISES PAR EDF EN 2021

- EDF a réalisé en 2021 des audits techniques chez les fournisseurs de services de conversion et d'enrichissement avant d'envoyer les premiers lots de matière U_3O_8 .
- Concernant les installations de conversion et d'enrichissement de Seversk (Russie), l'audit technique (du 4 au 6 octobre) des équipes d'EDF a permis de faire un point d'étape sur le respect des engagements contractuels de TENEX :
 - **Obligation de recycler 99,5% de l'uranium contenu dans les effluents** : le site de Seversk est en capacité de suivre les flux des matières EDF pour assurer une information transparente sur leur devenir.
 - **Mise en place d'une usine de vitrification des effluents avant les premiers envois de matière URT en Russie** : le site de Seversk a mis en service son installation permettant de vitrifier les effluents et les résidus de procédé aux meilleurs standards internationaux (procédés de vitrification éprouvés, verres borosilicatés).
 - **Engagement ultime de défluorer l'uranium appauvri si non réutilisation** : La défluoration sera réalisée à Zelenogorsk sur une installation qui fonctionne déjà. Les fûts d'U3O8 obtenus seront stockés sur le site de Seversk.
 - **Droit d'audit des installations de Seversk sur place par les équipes EDF pendant la période de livraison** : EDF a exercé ce droit en 2018, 2019 et 2021 avec des audits physiques sur le site de Seversk.
 - **Obligations contractuelles de respecter la réglementation internationale et d'être certifié ISO 14001 (ou équivalent)** : Le site de Seversk est certifié ISO 9001-2015 (qualité), ISO 14001-2015 (environnement), OHSAS 18001 (santé et sécurité), ISO 50001-2018 (management de l'énergie), ISO 45001-2018 (santé et sécurité au travail). L'ensemble de ces certifications a été renouvelé en 2021.
 - **En conclusion, l'audit technique réalisé du 4 au 6 octobre 2021 a confirmé la capacité de Seversk à réaliser les services de conversion, d'enrichissement, de lavage des cylindres et de vitrification des résidus de procédé.**
- Concernant les installations d'enrichissement d'Almelo (Pays-Bas), l'audit technique (du 9 au 10 décembre) des équipes EDF a permis de s'assurer que les modifications des installations (ajout de filtres et de protections biologiques) étaient opérationnelles. Il a confirmé la capacité d'Almelo à réaliser les services d'enrichissement.