

Cycle de conférences « Comprendre le parcours du combustible »

Conférence #2

L'amont du parcours du combustible et la fission nucléaire



orano

Cité de la Mer à Cherbourg, le 4 mars 2026

- **Anne-Lise Lechevalier**
Directrice des affaires publiques et de la
communication du projet Aval du futur, Orano

• Une phase de pré-concertation sur le projet Aval du futur

Objectif de la pré-concertation : préparer le débat public de 2027

2025 : L'annonce du projet Aval du futur

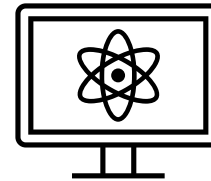
- 1 réunion publique à la Hague
- 8 rencontres de proximité (marchés, évènements du territoire)

2026 : L'approfondissement des sujets techniques

Un espace de dialogue et d'information avec le grand public sur le thème du parcours du combustible et de l'énergie nucléaire, sous un angle de pédagogie scientifique



**Un cycle de 6 conférences
grand public**



Des ressources pédagogiques
Exposition, podcasts, vidéo Youtubeur...

- **Le cycle de conférences**

Comprendre le parcours du combustible nucléaire

Cycle de conférences

Mardi 17 février 2026 à 18h30

Webinaire sur les enjeux du nucléaire : climat, souveraineté, sûreté

Mercredi 04 mars 2026 à 18h30

Conférence sur l'amont du cycle et la fission nucléaire

Cité de la mer à Cherbourg

Mardi 28 avril 2026 à 18h30

Conférence sur le procédé industriel de traitement recyclage actuel

INSPÉ Caen Normandie - Amphithéâtre EA006

Mardi 09 juin 2026 à 18h30

Conférence sur la fabrication du combustible MOX

Amphithéâtre de l'IUT de Cherbourg

Mardi 13 octobre 2026 à 18h30

Conférence sur la gestion actuelle des déchets

Pôle Agglo21 à Saint Lô

Mardi 01 décembre 2026 à 18h30

Conférence sur les perspectives pour la fin du siècle : URE et MOX2

Amphithéâtre de l'IUT de Cherbourg



Toutes les informations pratiques seront publiées sur : www.avaldufutur.fr



orano

SOMMAIRE

**Présentation de l'Agence pour l'Energie Nucléaire,
du CNAM, d'Orano Tricastin et d'EDF**

**Table-ronde « De l'uranium à l'électricité : la
fabrication du combustible nucléaire et son
utilisation dans les centrales »**

Echanges avec le public

Conclusion

Intervenants

Pr. Jacques Foos, Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM)

Dr. Franco Michel-Sendis, Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE)

Mehdi Arab, Directeur Recherche & Développement de la business unit Conversion-Enrichissement - Site Orano du Tricastin

Bertrand Lamy, Chef adjoint du Pôle Assemblages Combustible, EDF

- **Pr. Jacques Foos**
Conservatoire National des Arts et Métiers
(CNAM)

- **Dr. Franco Michel-Sendis**
Agence pour l'énergie nucléaire (AEN)
de l'Organisation de Coopération et de
Développement Economique (OCDE)

- **Mehdi Arab**

Directeur Recherche & Développement de
la business unit Chimie-Enrichissement

Site Orano du Tricastin

- **Bertrand Lamy**
Chef adjoint du Pôle Assemblages Combustible
EDF

- **Table-ronde**

**De l'uranium à l'électricité :
la fabrication du combustible
nucléaire et son utilisation dans
les centrales**

- **Pr. Jacques Foos**
Conservatoire National des Arts et Métiers
(CNAM)

L'énergie nucléaire

Fission et **fusion** sont deux réactions nucléaires dégageant beaucoup d'énergie.

La fission est un processus de désintégration naturel
qui ne touche que les très gros noyaux,
Découvert sur l'uranium,
le plus lourd de tous les éléments naturels

La fusion concerne les plus petits des noyaux : l'hydrogène
et l'hélium, les deux éléments les plus légers de la Nature.

C'est également une réaction nucléaire naturelle puisque
c'est grâce à elle que l'on existe, grâce l'énergie qu'elle émet.

La puissance thermique du Soleil équivaut à celle d'un milliard de milliards de réacteurs EPR.

À chaque seconde, notre étoile consomme, pour émettre cette énergie, 460 millions de tonnes d'hydrogène qu'elle transforme en hélium !



Qu'est-ce-que l'énergie nucléaire ?

Si l'Homme ne maîtrise toujours pas (et sûrement pas avant la fin de ce siècle) l'énergie de fusion, en revanche, depuis 1942, il maîtrise l'énergie de fission (pile de Fermi, 2 décembre 1942).

Cette énergie se libère lorsque de gros noyaux (d'**uranium** par exemple), choqués par un **neutron**, se scindent en 2 noyaux plus petits, appelés, avec leurs descendants, "**produits de fission**".

Il y a également émission de **quelques neutrons** (grâce auxquels la réaction va être entretenue) et **une grande quantité énergie**.

C'est cette **énergie** qui est utilisée dans les réacteurs nucléaires producteurs d'électricité.

La fission (1938)

**Découverte en 1938 à partir d'un travail de recherche impliquant
des Français (Irène et Frédéric Joliot-Curie),
des Italiens (Enrico Fermi et collaborateurs)
et des Allemands (Otto Hahn, Lise Meitner et Friedrich Strasseman)**

**Le phénomène a été découvert par hasard par E. Fermi en
bombardant de l'uranium avec des neutrons puis il a été étudié par
les deux autres équipes, françaises et allemandes.**

La fission (1938)

On s'est très vite rendu compte que ce dégagement d'énergie
était dû essentiellement à la fission
d'un noyau d'uranium particulier : l'uranium-235.

Malheureusement, cet uranium-235 est très peu abondant

Une tonne d'uranium pur contient :

992,742 kg d'uranium-238

7,202 kg d'uranium-235



Et l'uranium-238 ??

L'uranium-235 est susceptible de subir une fission par absorption d'un neutron incident lent :
on dit qu'il est **fissile**

L'uranium-238, lui, en capturant un neutron se désintègre pour aboutir à un noyau artificiel : le plutonium-239
Or, ce plutonium-239 est lui-même **fissile** !

- **Dr. Franco Michel-Sendis**
Agence pour l'énergie nucléaire (AEN)
de l'Organisation de Coopération et de
Développement Economique (OCDE)

Ressources mondiales en uranium, production et demande

Perspectives sur les défis de l'amont du
cycle du combustible à l'horizon 2050
et au-delà

Dr. Franco Michel-Sendis

Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE



L'uranium : matière première de l'énergie nucléaire de fission

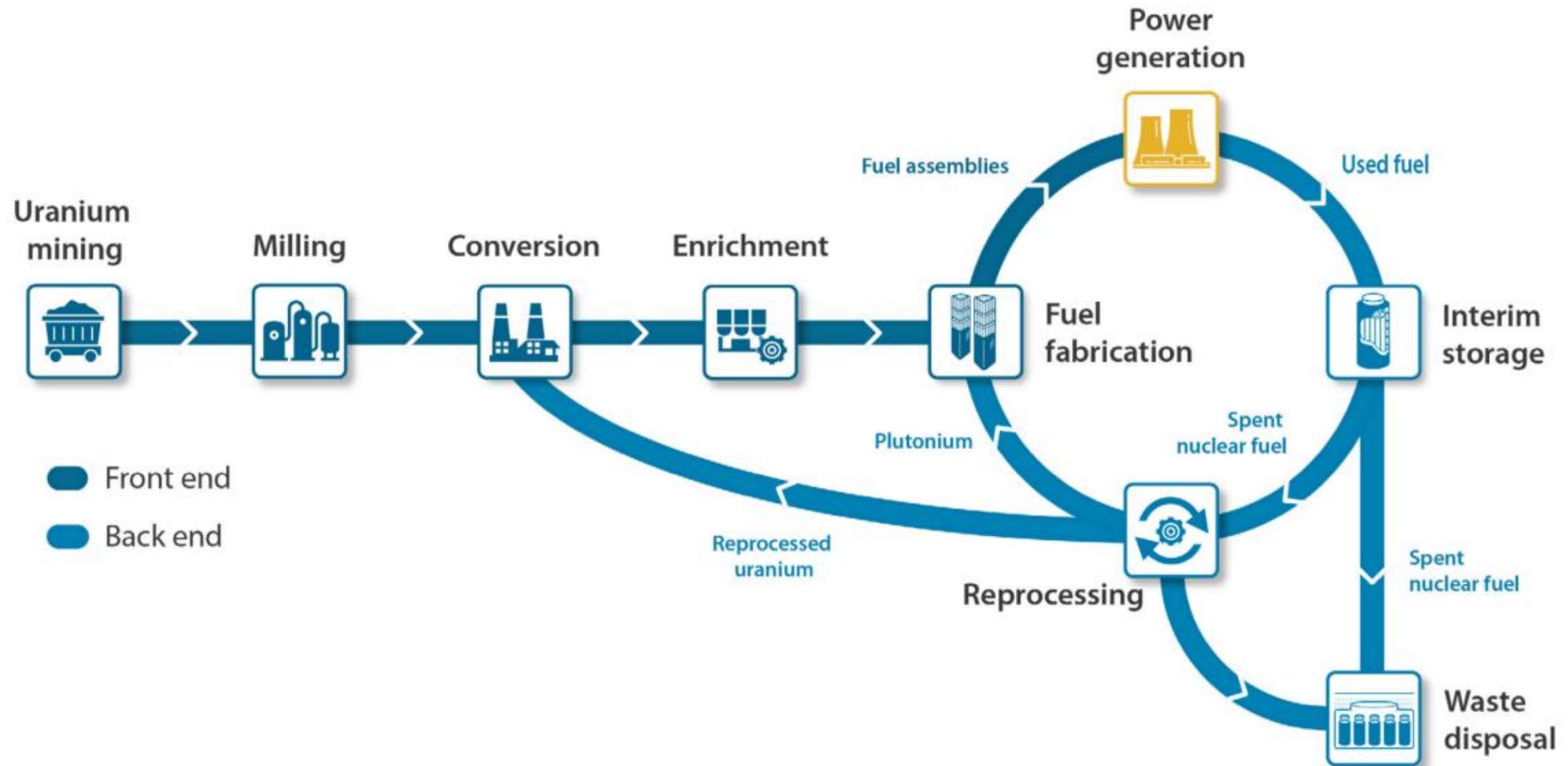


***Uraninite from Shinkolobwe mine
(Congo)***

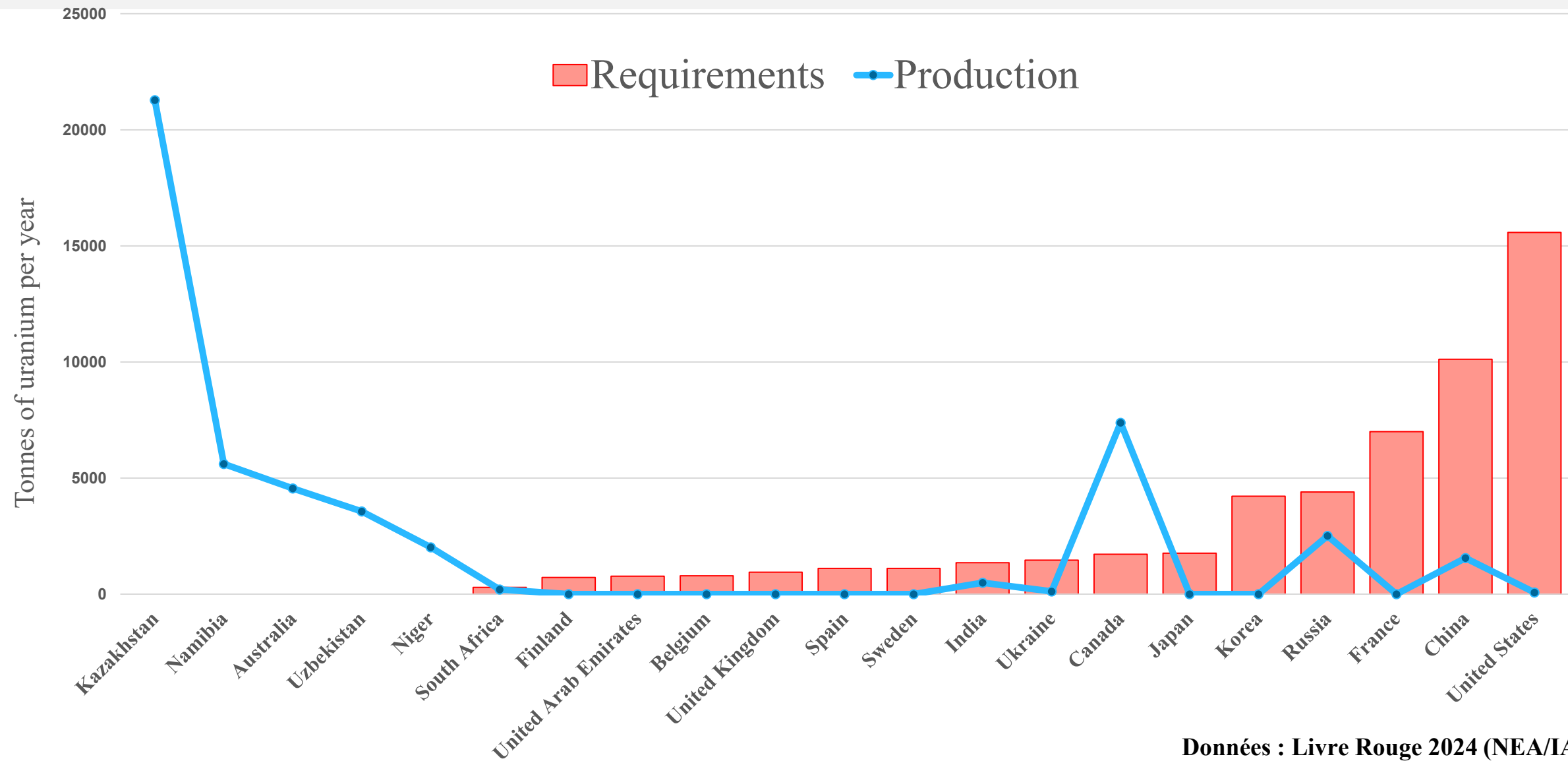


***GAIA PROtect Enhanced Accident Tolerant Fuel
(EATF) PWR fuel assembly (Framatome)***

L'amont du cycle du combustible : une succession d'étapes créatrices de valeur



Pays producteurs et consommateurs d'uranium

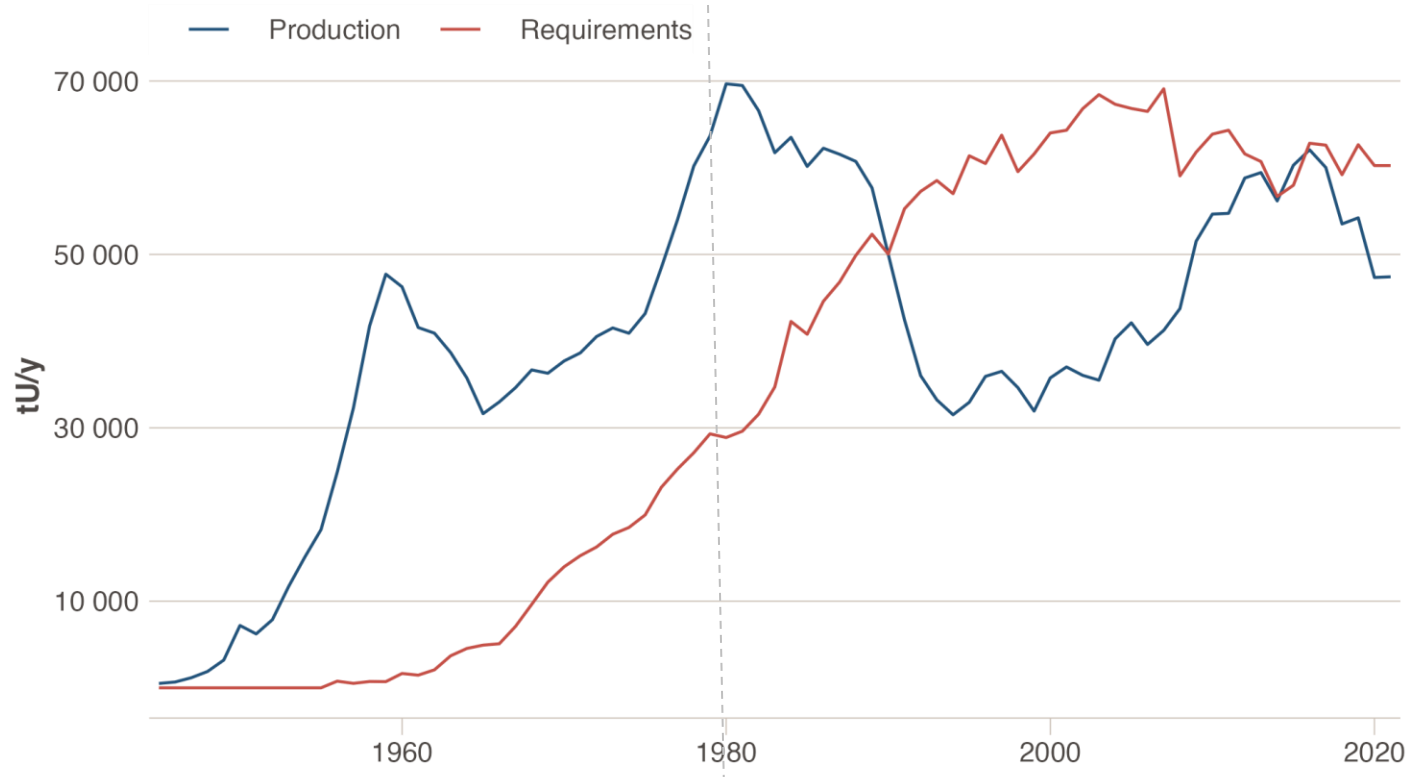


Données : Livre Rouge 2024 (NEA/IAEA)

Production et demande d'uranium

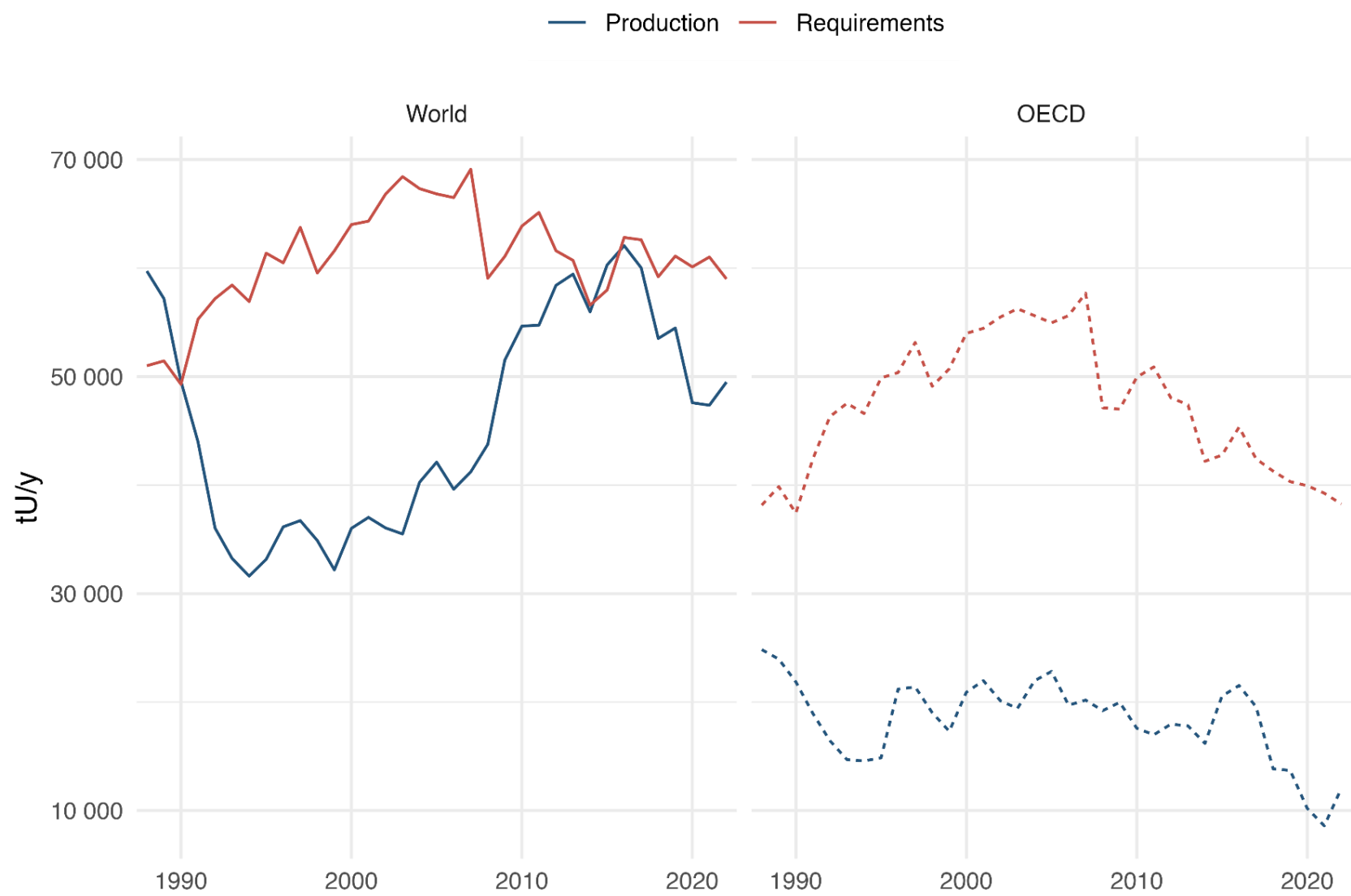
- ❑ Depuis des décennies, la production primaire est inférieure à la demande.
- ❑ Des stocks « secondaires » sont utilisés lorsque les besoins dépassent la production.
- ❑ Le potentiel d'approvisionnement secondaire diminue inévitablement avec le temps si les besoins continuent de dépasser la production.

History of world uranium production and requirements
tonnes of uranium per year



Données : Livre Rouge 2024 (NEA/IAEA)

Production et demande d'uranium



❑ Les besoins en uranium naturel des pays de l'OCDE dépendent en grande partie de leur production située en dehors de l'OCDE.

Données : Livre Rouge 2024 (NEA/IAEA)

Ressources mondiales en uranium

Total : environ 8 millions de tonnes (ressources identifiées récupérables)

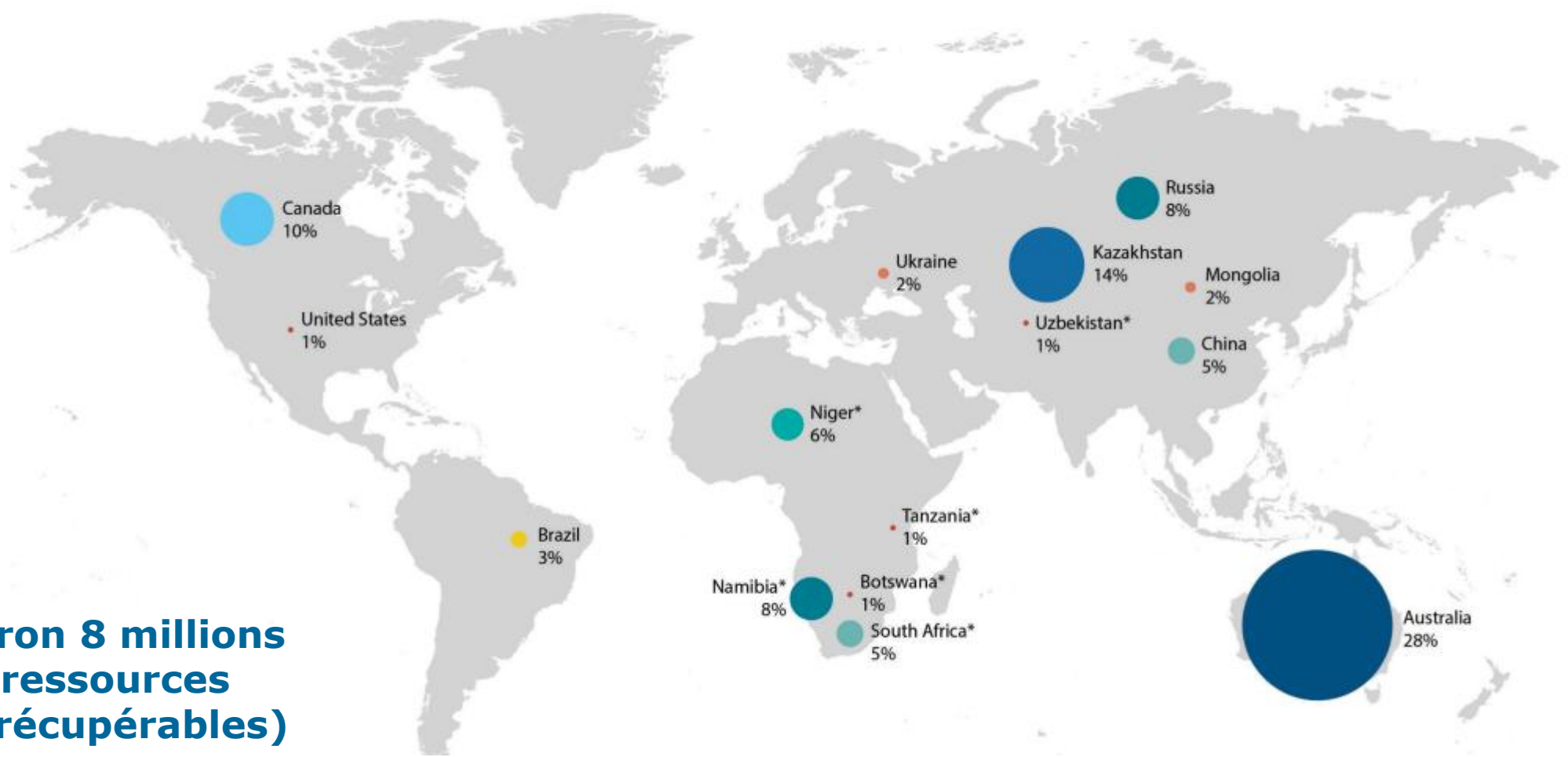
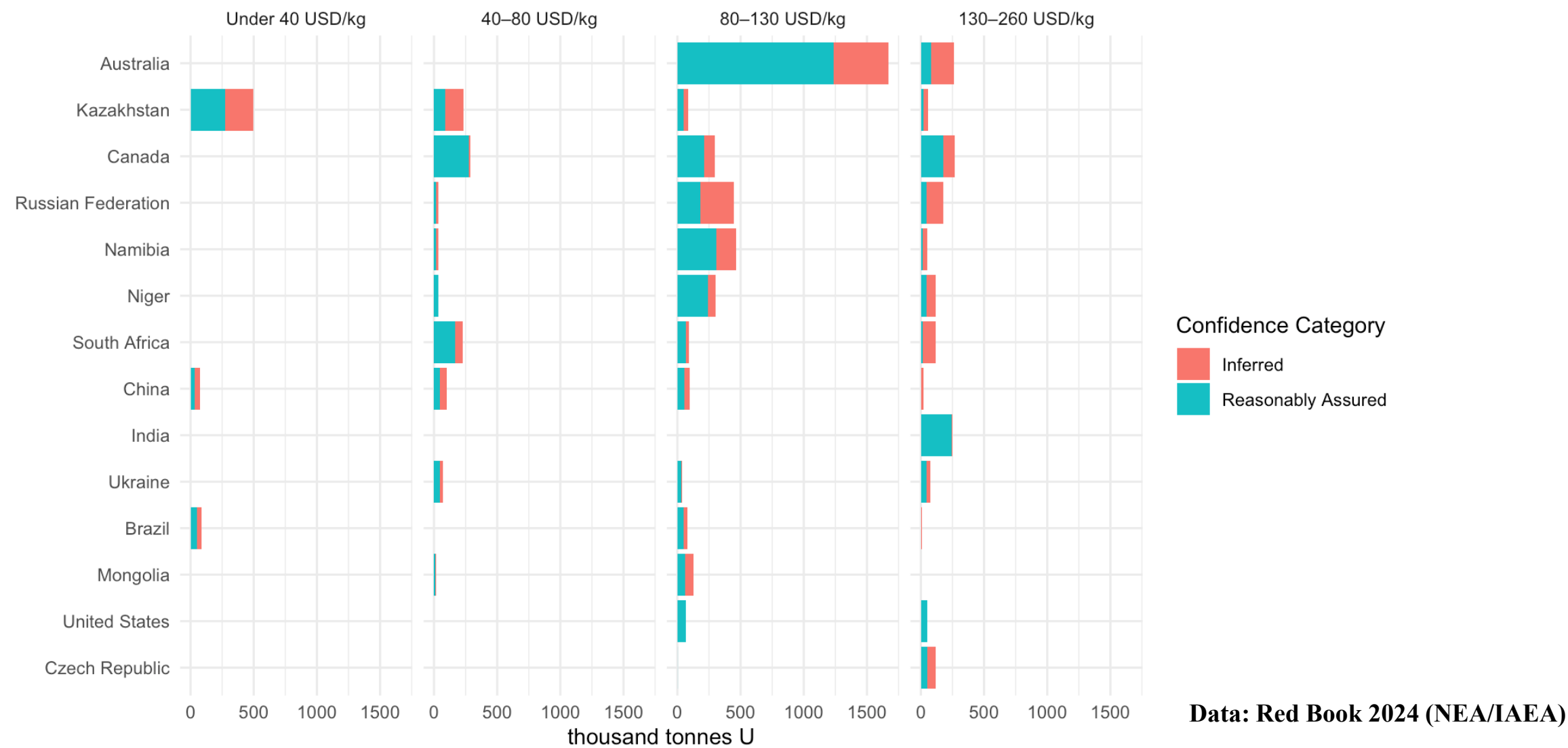


Figure 1.1. Global distribution of identified recoverable conventional uranium resources

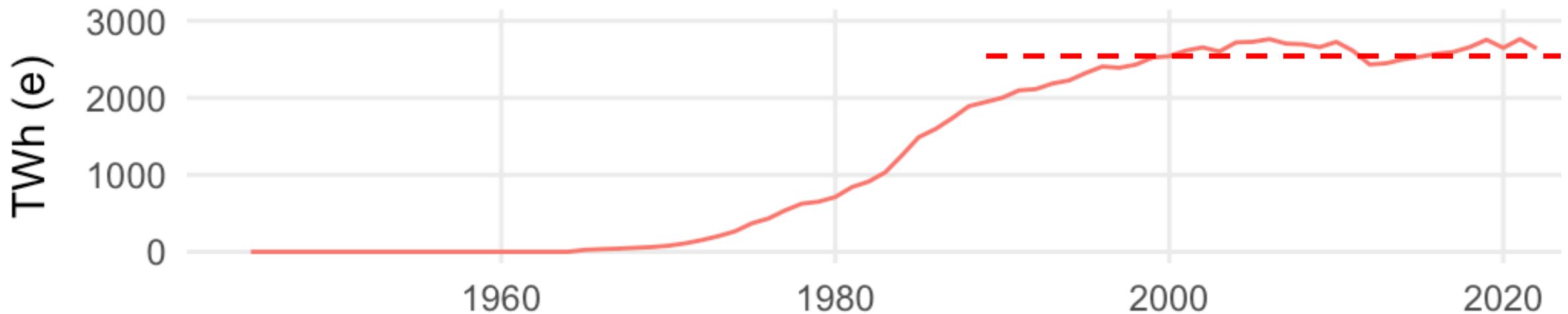
Données : Livre Rouge 2024 (NEA/IAEA)

Ressources mondiales identifiées en uranium

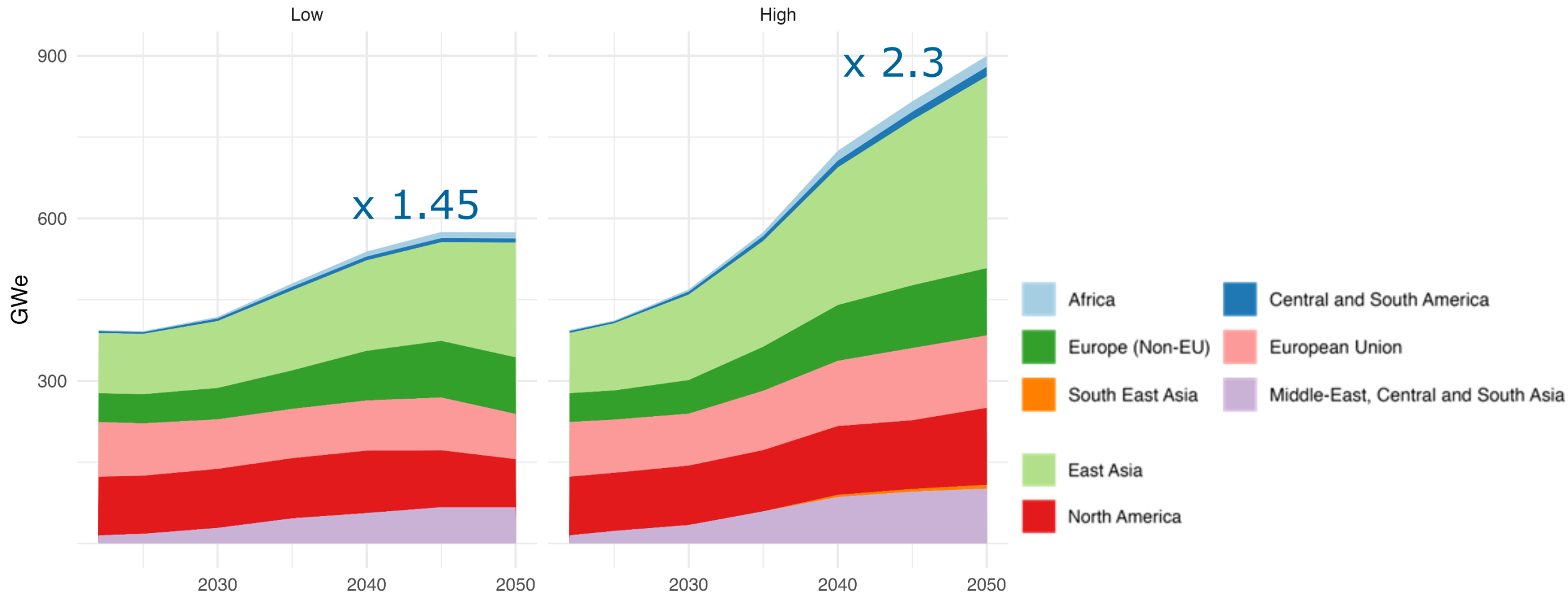


Perspectives : une vision d'ensemble

Production mondiale d'électricité d'origine nucléaire, des années 1940 à aujourd'hui

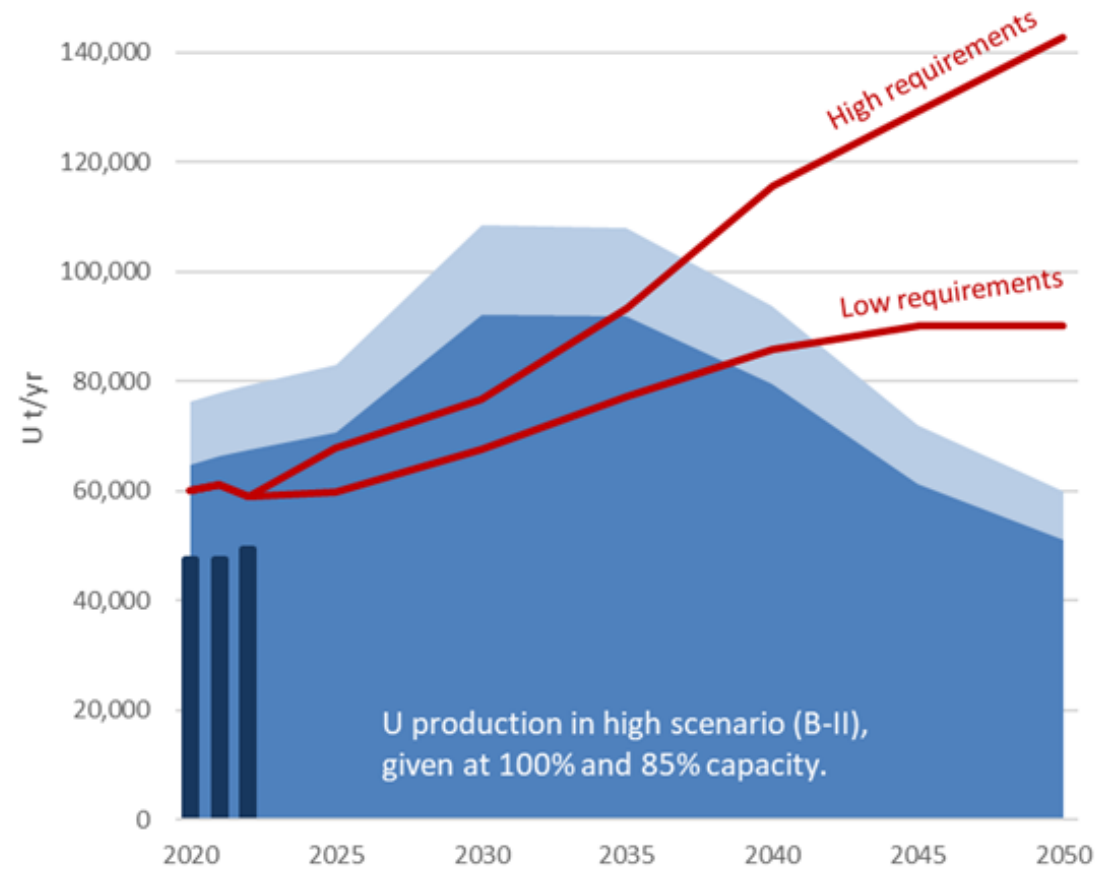
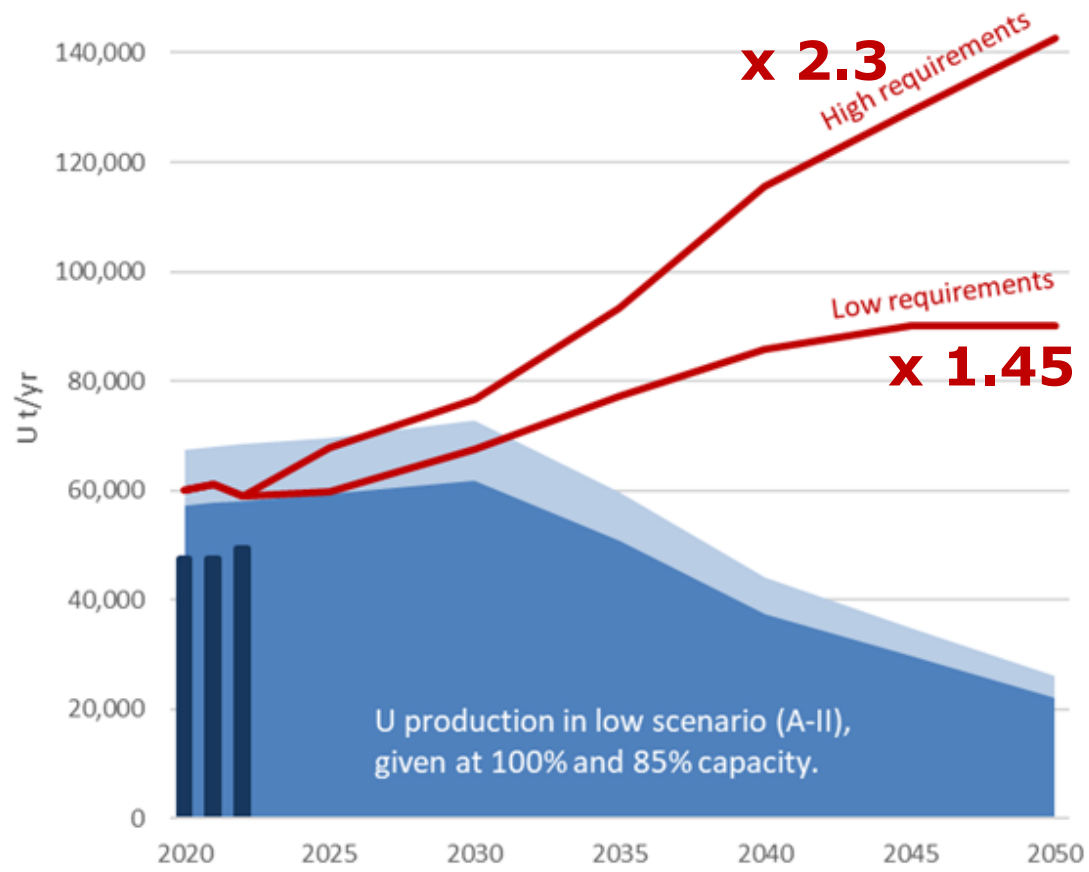


Livre Rouge 2024 : scénarios de croissance en 2050



❑ Croissance significative dans les 2 scenarios portée par l'expansion en Asie de l'Est (Chine).

Adéquation entre l'offre et la demande à l'horizon 2050



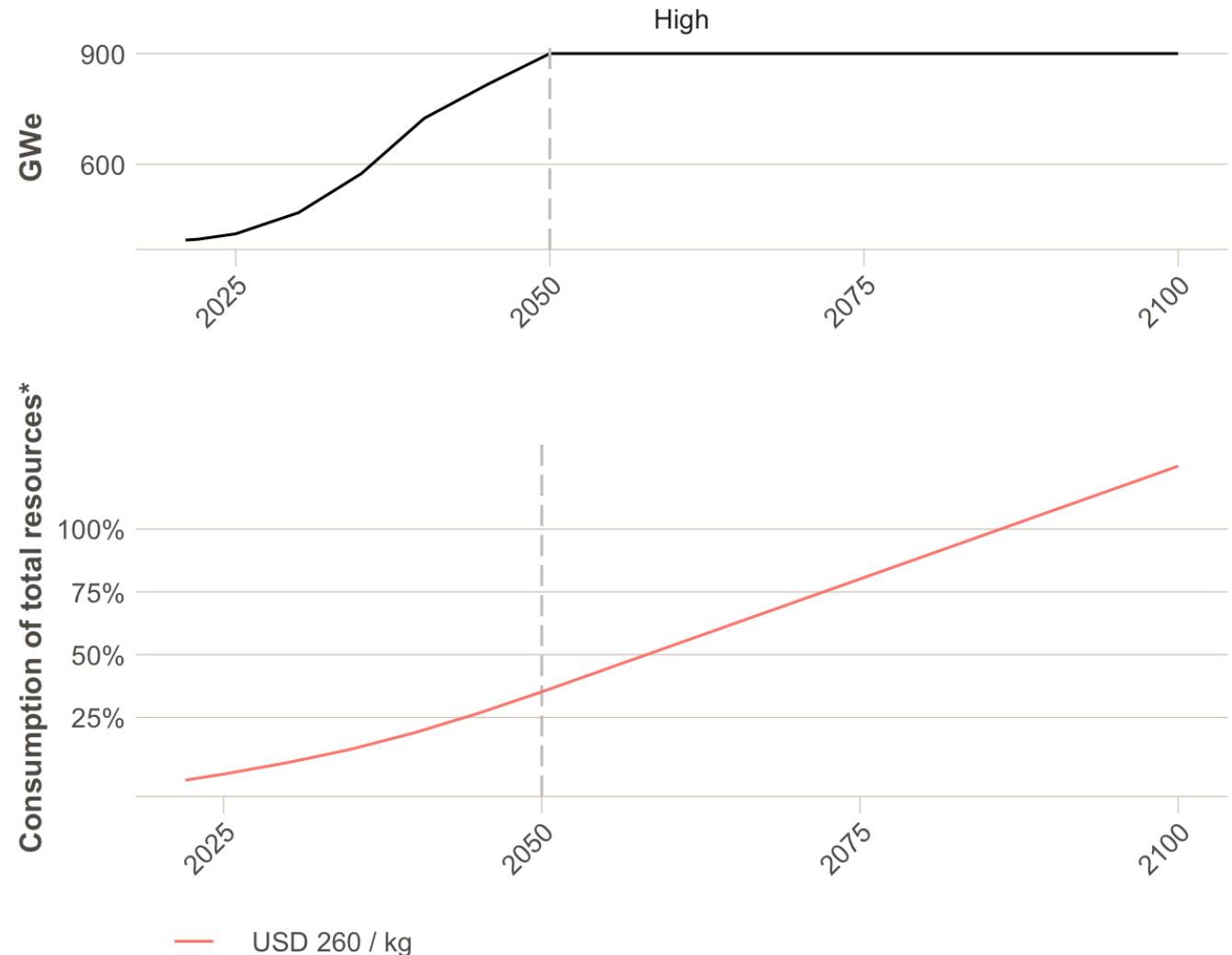
Scénario de forte demande et ressources identifiées

- Hypothèse :

Basée sur le scénario de forte demande du LR2024 (multiplication par 2,3) jusqu'en 2050, suivie d'une demande constante par la suite.

- Implication :

D'ici 2090, 100 % de l'ensemble des ressources mondiales identifiées dans la catégorie de coût la plus élevée (8 millions de tU) devraient être extraites pour répondre à la demande.



Sur l'offre et la demande d'uranium

□ Adéquation offre-demande d'uranium :

- La base actuelle de ressources en uranium est suffisante pour répondre aux projections de forte croissance jusqu'en 2050. Cependant, cela nécessitera des investissements en temps opportun pour transformer les ressources en production effective.
- Au-delà de 2050, maintenir les scénarios de croissance élevée ou modérée durant la seconde moitié du siècle — en cohérence avec la durée d'exploitation des nouveaux réacteurs — exigera des investissements dans l'exploration et de nouveaux centres de production afin de reconstituer les réserves épuisées.

FINANCIAL TIMES [Subscribe](#) [Sign In](#)

Nuclear energy [+ Add to myFT](#)

Nuclear boom sparks urgent call for investment in new uranium mines

Currently identified resources are forecast to be used up by the 2080s



Interest in nuclear energy is at its highest level since the oil crises in the 1970s © Martin Divisek/Bloomberg

[X](#) [f](#) [in](#) [Save](#)

Camilla Hodgson in London

Published APR 8 2025

18 

Points clés

- **Après plus de deux décennies de stagnation, l'énergie nucléaire connaît un fort regain d'intérêt** : plus de 40 pays l'intègrent désormais dans leurs stratégies, et plus de 70 GWe sont actuellement en construction.
- **Les investissements se concrétisent** tant dans les grands réacteurs que dans les SMRs, **portés par les priorités de sécurité énergétique**, la demande croissante de secteurs tels que les centres de données et l'émergence de nouveaux modèles économiques.
- **La géopolitique et la hausse de la demande mondiale accentuent les vulnérabilités en amont du cycle du combustible**. Des chaînes d'approvisionnement en combustible sécurisées sont essentielles pour permettre leur déploiement

Points clés

- **L'innovation dans le nucléaire** (SMRs et réacteurs avancés) **doit être alignée avec les stratégies nationales ou régionales du cycle du combustible ainsi qu'avec les infrastructures associées.** Celles-ci constituent la colonne vertébrale industrielle de tout futur parc nucléaire et déterminent les trajectoires de déploiement réellement envisageables.
- **À mesure que le déploiement nucléaire progresse, le retraitement et le recyclage gagnent en importance stratégique.** L'uranium étant une ressource critique, une gestion responsable à long terme est essentielle. La circularité renforce la durabilité et la résilience, en maintenant ouvertes les options de long terme dans un monde incertain.



Contact :

Franco.Michel-Sendis@oecd-nea.org

- **Mehdi Arab**

Directeur Recherche & Développement de
la business unit Chimie-Enrichissement

Site Orano du Tricastin

Notre métier : fournir la matière première aux fabricants de combustibles.



MINES

URANIUM NATUREL
CONCENTRÉ MINIER D'URANIUM

0,7% Uranium 235



99,3% U 238



YELLOW CAKE

Poudre sous forme stable
(oxyde U_3O_8)



0,7% U235



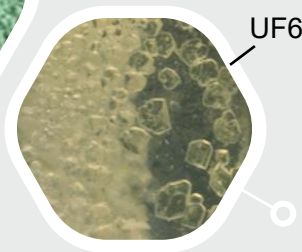
CONVERSION

Après purification, nous
ajoutons 6 atomes de fluor à
l'uranium

0,7% Uranium 235



UF4



UF6



ENRICHISSEMENT

= CONCENTRATION DE L'URANIUM 235

0,2%
Uranium 235

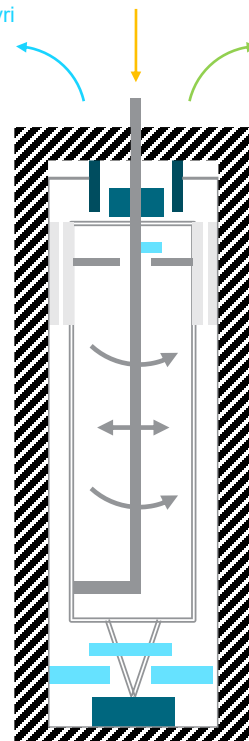


3 à 5%
Uranium 235

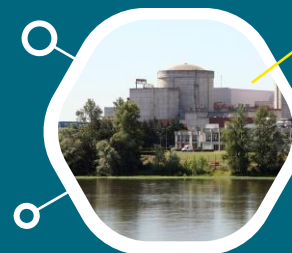
Récupération
d'uranium appauvri

Alimentation

Récupération
d'uranium enrichi



PRODUCTION D'ELECTRICITE

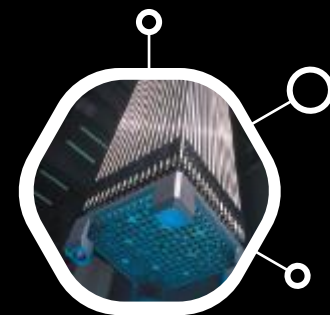


RÉACTEUR
NUCLÉAIRE

Uranium 235
enrichi entre 3 et 5%



FABRICATION DE COMBUSTIBLES



- **Bertrand Lamy**
Chef adjoint du Pôle Assemblages Combustible
EDF



Conférence amont du cycle et fission nucléaire

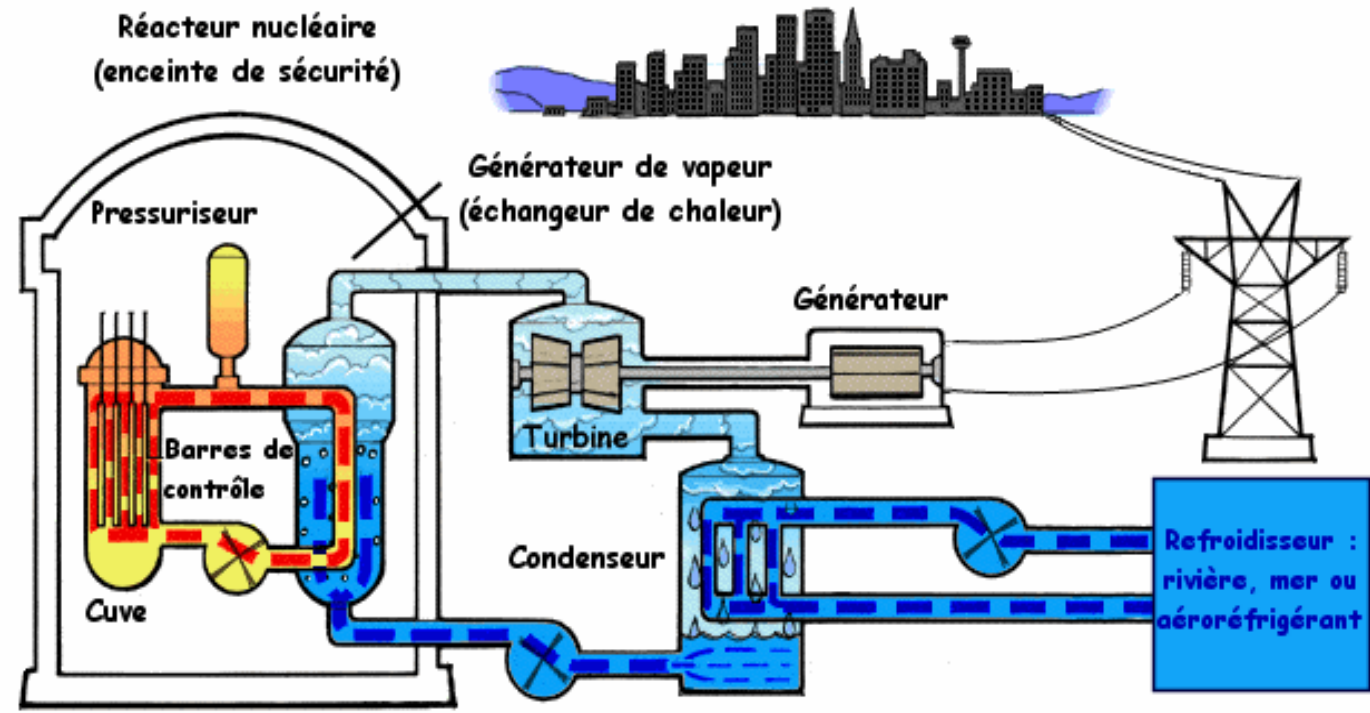
*Process industriel –
Fonctionnement des
centrales*

Cherbourg le 4/03/2026



Principes de fonctionnement d'un REP

Présentation des 3 principaux circuits



CIRCUIT PRIMAIRE

- Cuve intégrant le combustible et les grappes de contrôle, associés aux pompes primaires et un pressuriseur.
- Véhicule, **en circuit fermé**, de l'eau sous pression qui extrait les calories du combustible pour les transférer aux GV

CIRCUIT SECONDAIRE

- Depuis les GV où l'eau du circuit primaire **cède les calories** à l'eau du circuit secondaire
- Transformation en vapeur, qui fait tourner turbine + alternateur >>> Courant alternatif !

CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT

- Sortie turbine, la vapeur du circuit secondaire est transformée en eau grâce à un condenseur (**Source Froide**)
- Condenseur : Circulation d'eau froide (mer ou fleuve, avec ou sans aéro-réfrigérant)

Pour garantir la protection du public et de l'environnement contre les conséquences d'un relâchement de produits radioactifs **le principe des 3 barrières s'applique**

Il s'agit de maintenir l'intégrité :

- De la gaine combustible
- Du circuit primaire
- De l'enceinte de confinement

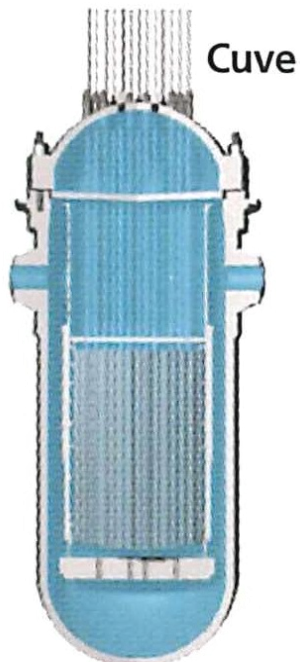


Sûreté – 3 fonctions fondamentales de la sûreté

1

Contrôler la réaction en chaîne

- Position des grappes de commande
- Concentration du bore dans l'eau

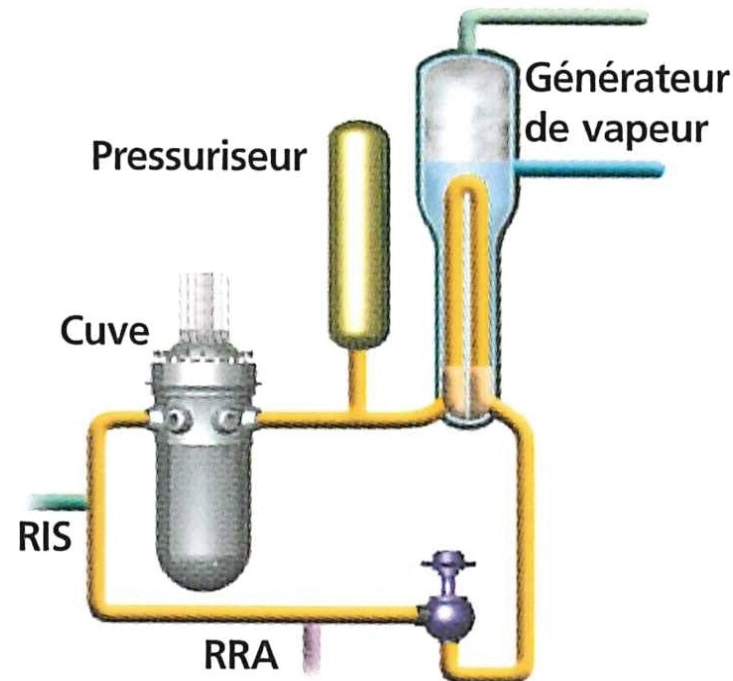


2

Refroidir le combustible

Evacuation de la chaleur

- par les générateurs de vapeur en fonctionnement normal,
- par le circuit de réfrigération à l'arrêt du réacteur (RRA)
- par les systèmes d'injection de sécurité (RIS)

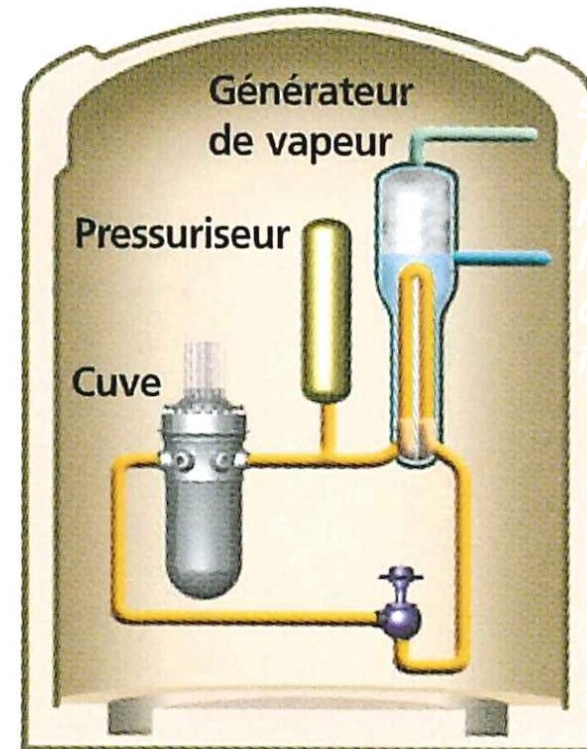


3

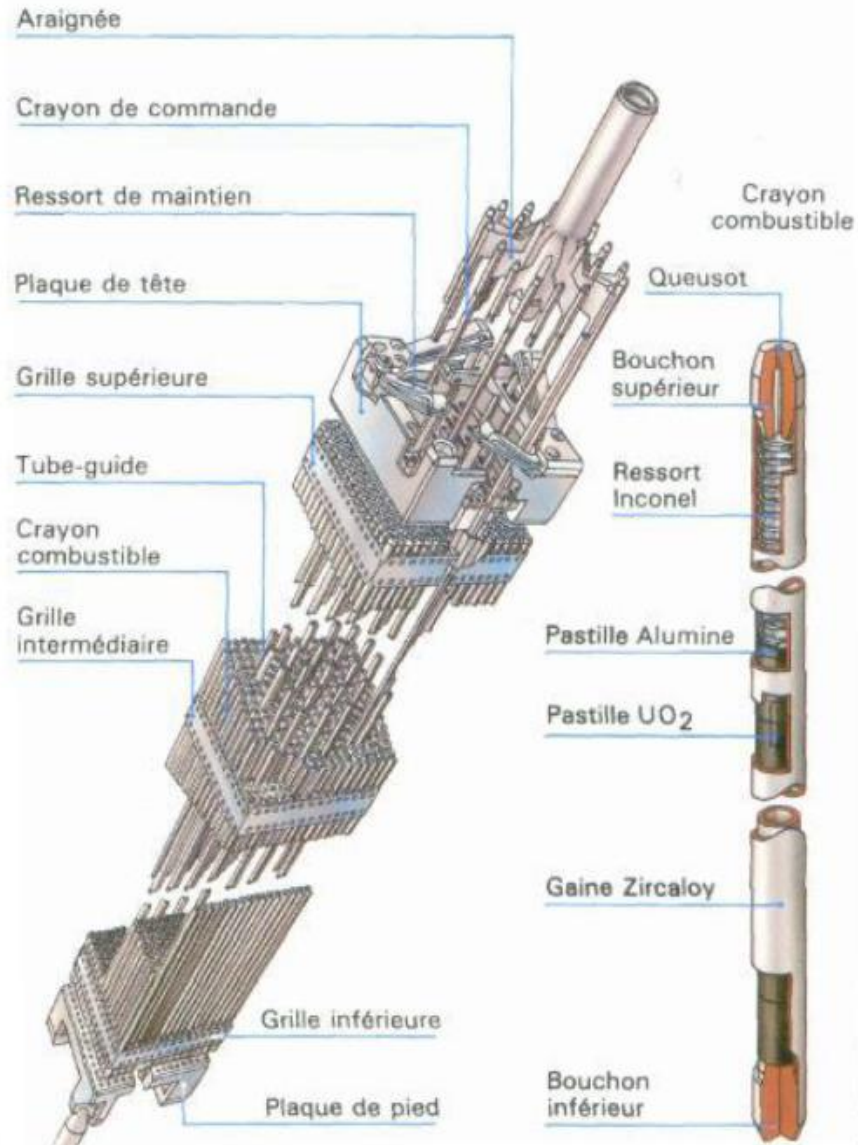
Confiner la radioactivité

Par les trois barrières :

- Gaine du combustible
- Circuit primaire fermé
- Enceinte de confinement



Assemblage combustible



**264 CRAYONS
PAR ASSEMBLAGE**

300 À 400 PASTILLES PAR CRAYON



Principales activités autour du combustible en centrale nucléaire

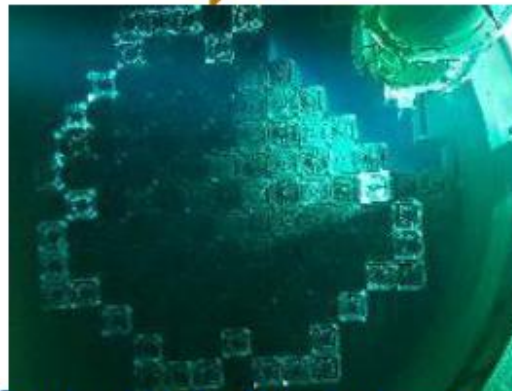
**RCN : Réception du
Combustible Neuf**



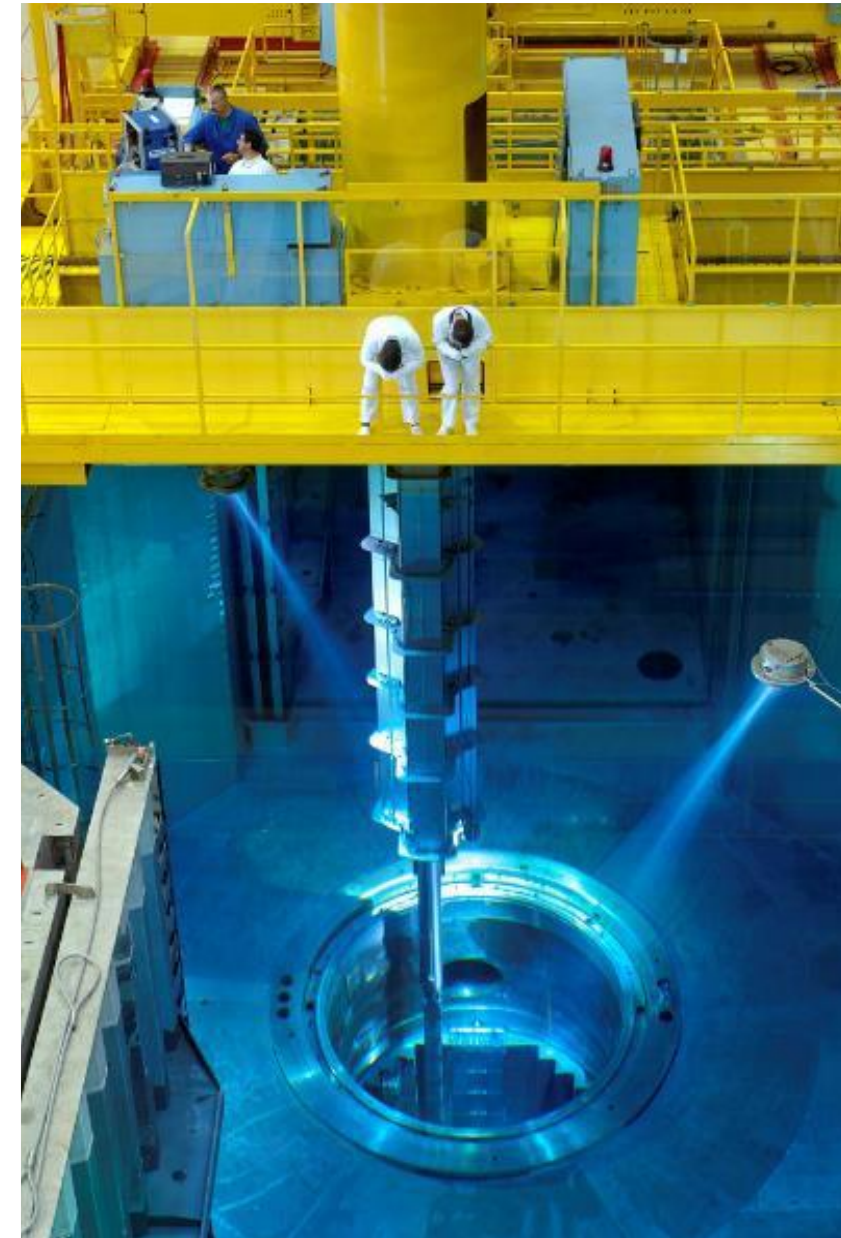
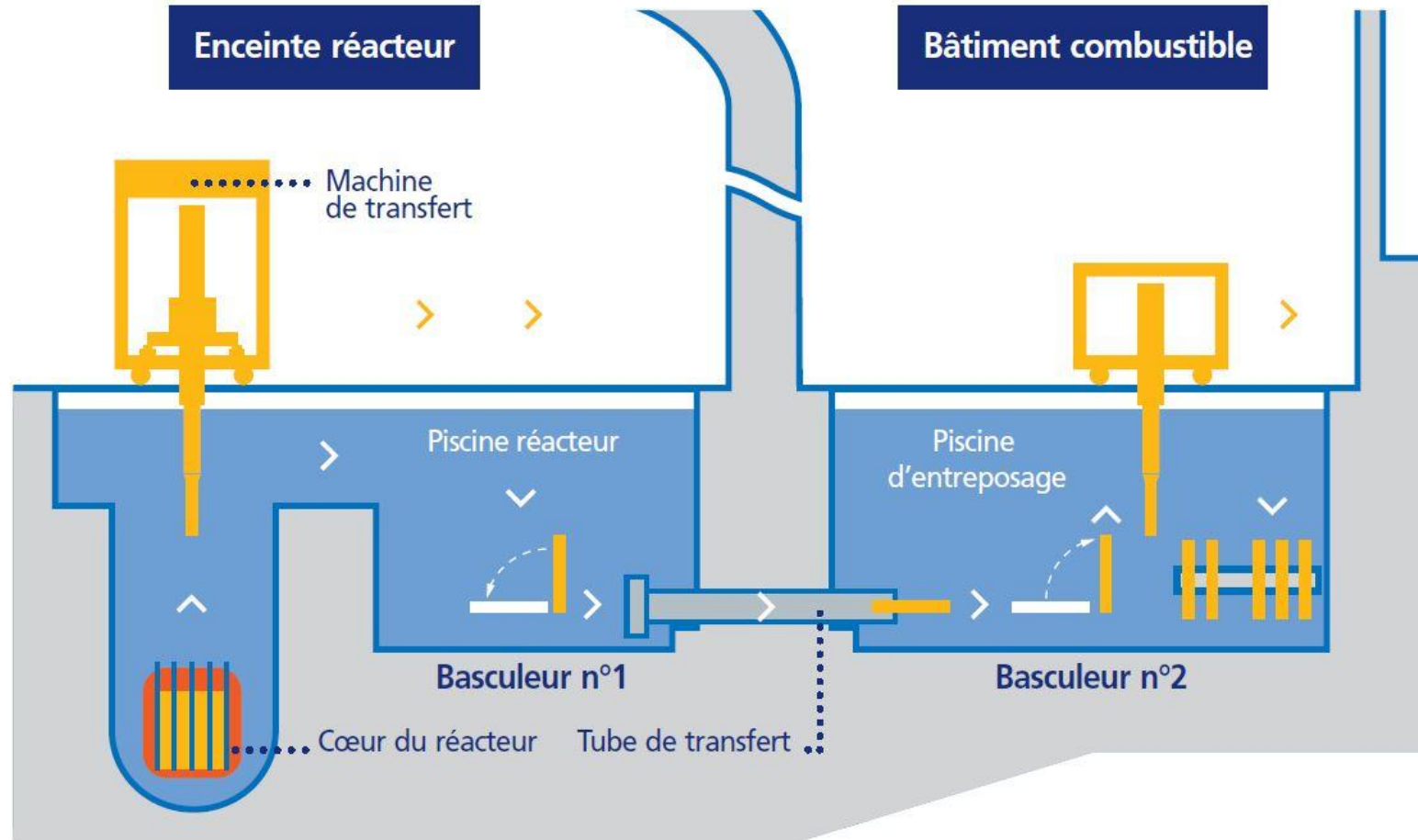
**ECU : Evacuation
Combustible Usé**



Renouvellement



Rechargement par $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{3}$ de cœur selon la gestion combustible du palier





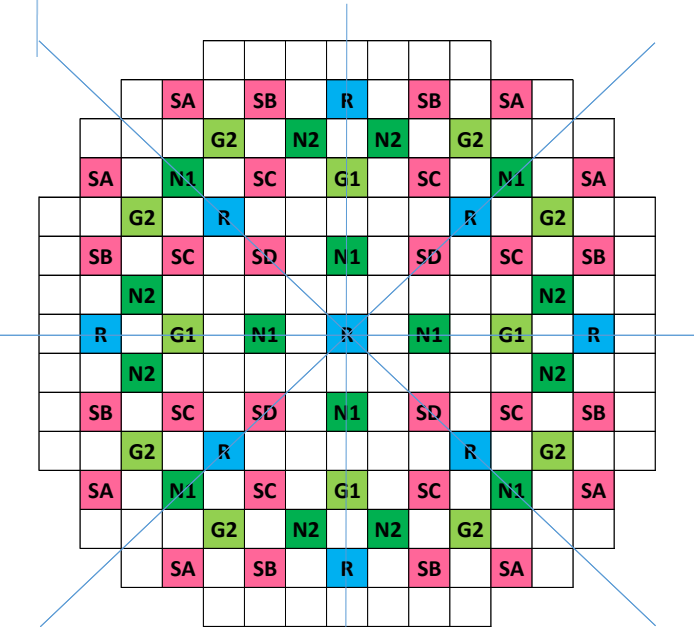
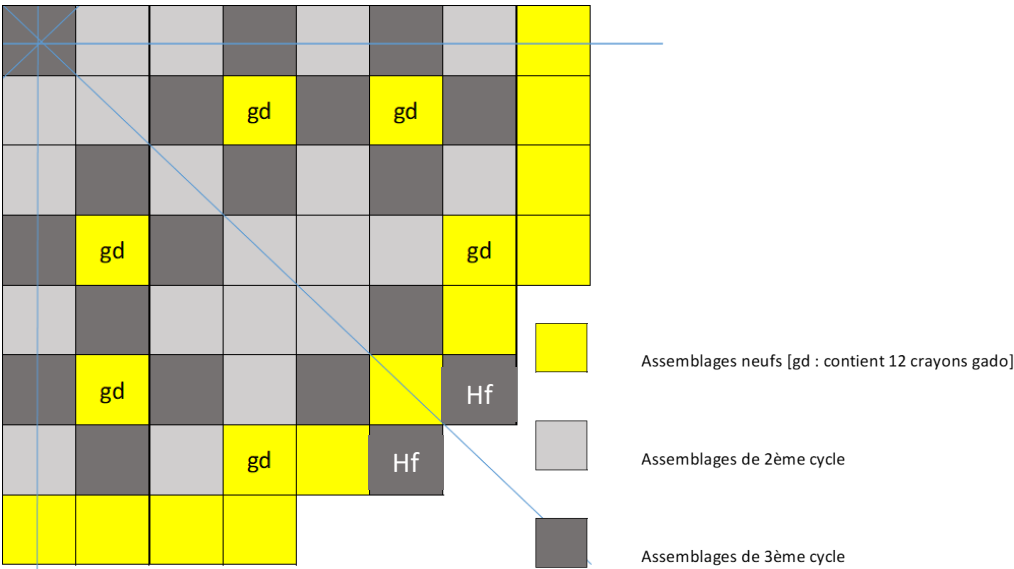
Palier 1300MW : La gestion du combustible UNE – 1/3 de cœur

Cœur de 193 Assemblages

Recharges de 64 assemblages UNE enrichis à 4%

Durée de cycle ~18 mois

Composition du cœur	cycle N	cycle N+1
Nombre d'assemblages 4,0% neufs (1er tour)	64	64
Nombre d'assemblages 4,0% ayant effectué 1 cycle (2ème tour)	64	64
Nombre d'assemblages 4,0% ayant effectué 2 cycles (3ème tour)	64+1	64+1



NB : les groupes de grappes respectent les symétries 1/4 et 1/8.



Palier 900MW : La gestion du combustible MOX – ¼ de cœur

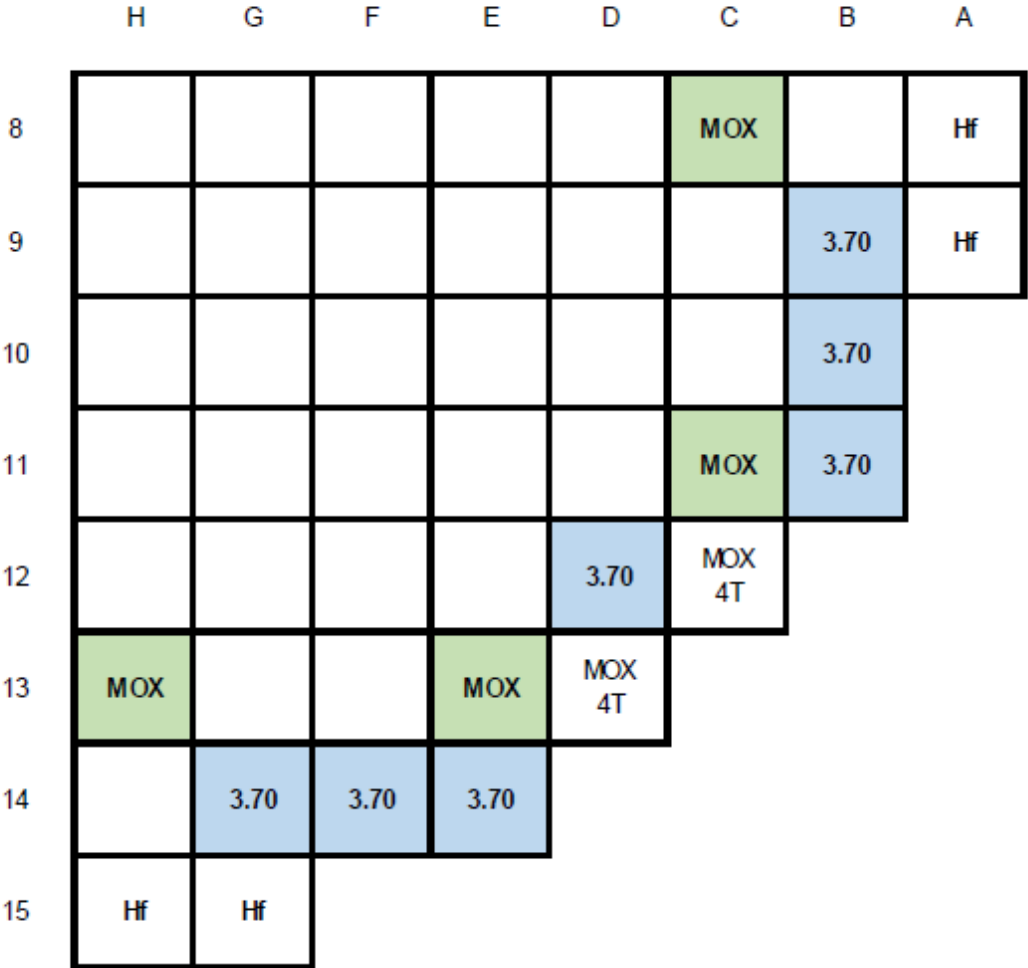
Cœur de 157 assemblages

Recharges de 40 assemblages dont 28 assemblages UNE enrichis à 3,7% et 12 assemblages MOX de teneur Pu 9,08% au maximum

Durée de cycle ~12 mois

Composition du cœur	cycle N	cycle N+1
Nombre d'assemblages UNE 3,7% neufs (1er tour)	28	28
Nombre d'assemblages MOX 9,08% neufs (1er tour)	12	12
Nombre d'assemblages UNE 3,7% ayant effectué 1 cycle (2ème tour)	28	28
Nombre d'assemblages MOX 9,08% ayant effectué 1 cycle (2ème tour)	12	12
Nombre d'assemblages 3,7% ayant effectué 2 cycles (3ème tour)	28	28
Nombre d'assemblages MOX 9,08% ayant effectué 2 cycles (3ème tour)	12	12
Nombre d'assemblages 3,7% ayant effectué 3 cycles (4ème tour)	24+1	24 + 1
Nombre d'assemblages MOX 9,08% ayant effectué 3 cycles (4ème tour)	12	12

PARITE MOX
40 assemblages neufs
Lnat 280 JEPP



MERCI

Echanges avec le public



Lever la main pour demander la parole



Attendre d'avoir le micro pour s'exprimer



Ne pas hésiter à **se présenter**

- **Anne-Lise Lechevalier**
Directrice des affaires publiques et de la
communication du projet Aval du futur, Orano

- **Prochaine conférence**

Mardi 28 avril 2026 à 18h30

**Conférence sur le procédé industriel
de traitement recyclage actuel**

INSPÉ Caen Normandie - Amphithéâtre EA006



orano

Donnons toute sa valeur au nucléaire