

PNGMDR 2016-2018

Valorisation des matières radioactives

GT PNGMDR plénier du 21 septembre 2018



Sommaire

- 1. Contexte réglementaire**
- 2. Matières radioactives examinées**
- 3. Inventaires et valorisation**

01

**Contexte
réglementaire**



Contexte réglementaire (1/2)

Article L542-13-2 du Code de l'Environnement

Les propriétaires de matières radioactives, à l'exclusion des matières nucléaires nécessaires à la défense, informent les ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire des procédés de valorisation qu'ils envisagent ou, s'ils ont déjà fournis ces éléments, des changements envisagés. Après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire, l'autorité administrative peut requalifier des matières radioactives en déchets radioactifs si les perspectives de valorisation de ces matières ne sont pas suffisamment établies. Elle peut également annuler cette requalification dans les mêmes formes. Un décret définit les modalités d'application du présent article. »

Article D542-80 du Décret N°2017-231 (codifié à l'article D542-80 du Code de l'Environnement)

L'information prévue à l'article L. 542-13-2 est effectuée lors de la mise à jour du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs. Elle comporte une analyse de l'adéquation entre les perspectives de valorisation et les quantités détenues et à détenir, ainsi qu'une présentation des matières sous formes de lots homogènes au regard des modalités de valorisation envisagées, à l'exclusion des matières nucléaires nécessaires à la défense.»

Contexte réglementaire (2/2)

Article 51 de l'arrêté PNGMDR du 23 février 2017

Le CEA remet au ministre chargé de l'énergie avant le 30 juin 2018 un inventaire prospectif entre 2016 et 2100 des matières et des déchets radioactifs présents dans les combustibles usés qui seraient produits par le parc de réacteurs électronucléaires français selon différents scénarios, notamment dans le prolongement de ceux étudiés avec EDF et Areva au titre du PNGMDR 2013-2015. Le CEA présente également dans cette étude, en lien avec l'ANDRA, l'estimation de l'emprise totale de ces substances radioactives en stockage en couche géologique profonde. L'ASN est saisie pour avis sur cette étude

02

**Matières radioactives
examinées**



Matières radioactives examinées

Principales matières radioactives

Uranium naturel

Uranium naturel enrichi

Uranium naturel appauvri

Combustibles avant utilisation

Combustibles usés et matières issues de leur traitement :

- Plutonium
- Rebut MOX
- Uranium de retraitement

Matières thorifères

Matières radioactives examinées

Uranium naturel ⁽¹⁾

Uranium naturel enrichi ⁽¹⁾

Uranium naturel appauvri

Combustibles avant utilisation ⁽²⁾

Combustibles usés et matières issues de leur traitement :

- Plutonium ⁽²⁾
- Rebut MOX
- Uranium de retraitement

Matières thorifères ⁽³⁾

(1) production adaptée à la demande court/moyen terme – des stocks stratégiques peuvent être constitués en fonction des conditions de marchés ou afin de permettre la transition d'un outil industriel à l'autre (GBI – GBII, CXI – CX2 par exemple)

(2) Utilisation « en ligne »

(3) Non liées au cycle du combustible

03

**Inventaires et
valorisation**



Préambule

Les perspectives de valorisation sont liées aux scénarios d'évolution:

❖ **du parc français pour la plupart des matières examinées ici, plusieurs scénarios prospectifs ayant été considérés dans le cadre :**

- De l'Inventaire National (IN) 2018 couvrant les court et moyen termes
- De l'Article 51 de l'arrêté du 23 février 2017 couvrant le long terme

❖ **du parc mondial pour certaines matières comme l'uranium appauvri**

La valorisation de certaines matières (matières thorifères ou uranium appauvri) est également envisagée hors production nucléaire

Scénarios de l'IN 2018

4 scénarios:

- ❖ Scénario de renouvellement du parc par des EPR™ puis RNR (SR1)
- ❖ Scénario de renouvellement du parc par des EPR™ puis RNR – variante (SR2)
- ❖ Scénario de renouvellement du parc par des EPR™ uniquement (SR3)
- ❖ Scénario de non renouvellement du parc (SNR)

Les perspectives de valorisation sur la période [2016-2040] pour la plupart des matières examinées ici sont établies en cohérence avec le scénario SR1 (cf. page suivante) de l'Inventaire National 2018

Les matières générées par le fonctionnement de nouveaux réacteurs venant en remplacement des réacteurs du parc électronucléaire actuel ne sont pas comptabilisés dans le cadre de l'IN

Scénario de renouvellement du parc par des EPR™ puis RNR (SR1)

Poursuite de la production d'électricité d'origine nucléaire avec le déploiement de réacteurs EPR™ puis RNR et la poursuite du retraitement des combustibles usés (maintien de la stratégie actuelle)

- ❖ durée de fonctionnement des réacteurs du parc électronucléaire actuel comprise entre 50 et 60 ans ;
- ❖ renouvellement progressif des réacteurs du parc électronucléaire actuel par des réacteurs EPR™ puis par des réacteurs RNR qui pourraient constituer à terme la totalité d'un futur parc ;
- ❖ le retraitement de la totalité des combustibles usés avec recyclage des matières séparées lors du retraitement des combustibles dans les réacteurs REP actuels et dans des réacteurs EPR™ (mono-recyclage) puis dans des réacteurs RNR permettant le multi-recyclage

Les estimations ne prennent pas en compte les matières et déchets radioactifs qui seraient générés par le fonctionnement de nouveaux réacteurs venant en remplacement des réacteurs du parc actuel car non autorisés à fin 2016.

Projections à long terme

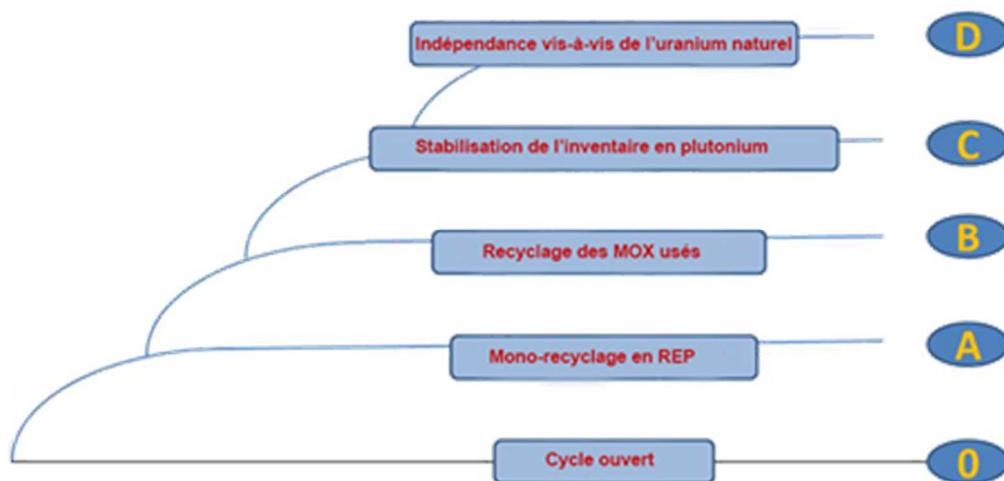
Les estimations de quantités de matières qui seraient mises en œuvre jusqu'en 2100 selon différents scénarios d'évolution du parc font l'objet de l'étude menée par le CEA en lien avec EDF, Framatome et Orano (Article 51 de l'Arrêté PNGMDR)

Il est fait référence, dans ce document à des estimations qui seront détaillées dans le rapport qui sera remis fin octobre 2018

Scénarios Article 51 (estimations 2016 – 2100)

Les évaluations sont présentées :

Par paliers



En dynamique

Déploiement des RNR

- ❖ ABCD1 (progressif 100% RNR)
- ❖ ABCD2 (progressif synergie REP/RNR)
- ❖ ABD2 (accéléré synergie REP/RNR)

Déploiement du multi-recyclage Pu en REP

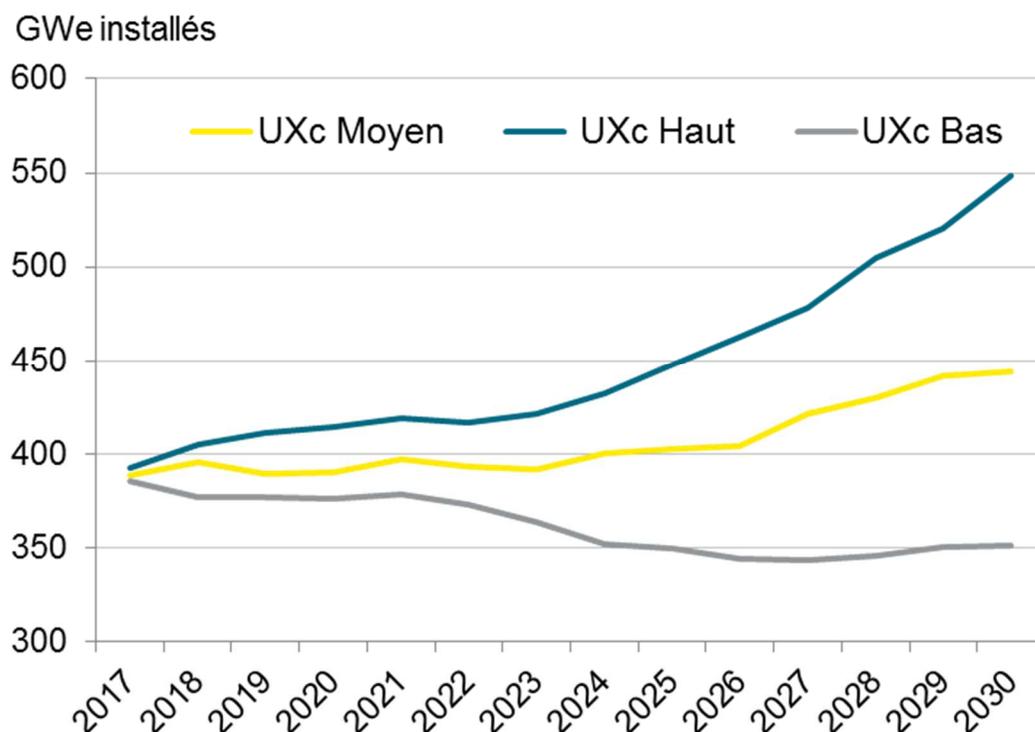
- ❖ Concept MIX
- ❖ Concept CORAIL

Arrêt du parc

Seuls quelques éléments attendus au titre de l'article 51 permettant d'aborder le très long terme sont repris dans cette présentation – les évaluations détaillées seront remises par le CEA fin octobre 2018

Scénario d'évolution du parc mondial

Perspectives de valorisation de certaines matières (U appauvri notamment) évaluées sur la base d'un scénario UxC⁽¹⁾ « moyen » d'évolution du parc nucléaire mondial



Ux Consulting Company, LLC (UxC)

Le scénario UxC moyen est :

- ❖ cohérent avec les estimations d'autres organisations (AIEA en particulier)
- ❖ considéré comme représentant le consensus des acteurs du marché de l'uranium.

Cette source est utilisée par les analystes de marché, les investisseurs, les banques et les commissaires aux comptes pour valoriser les actifs des sociétés du secteur.

Matières radioactives examinées

Uranium naturel appauvri

Combustibles usés et matières issues de leur traitement

- Plutonium
- Rebut MOX
- Uranium de retraitement

Uranium appauvri : inventaire

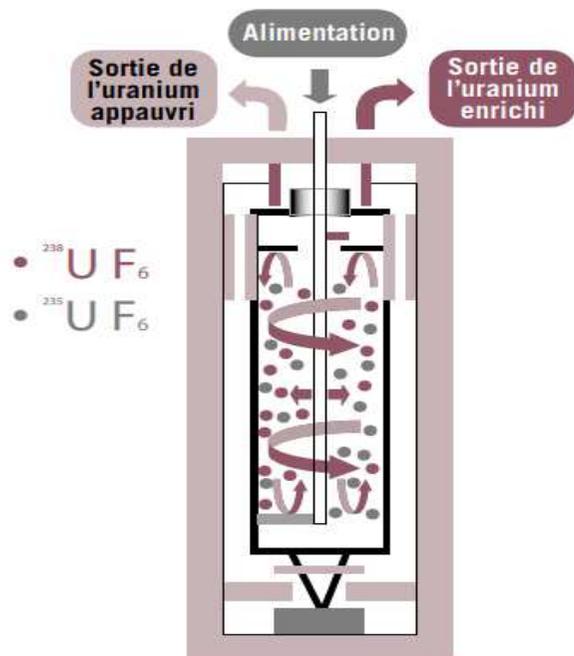
Origine du stock

Le stock détenu par Orano résulte des services d'enrichissement réalisés pour le compte de ses clients.

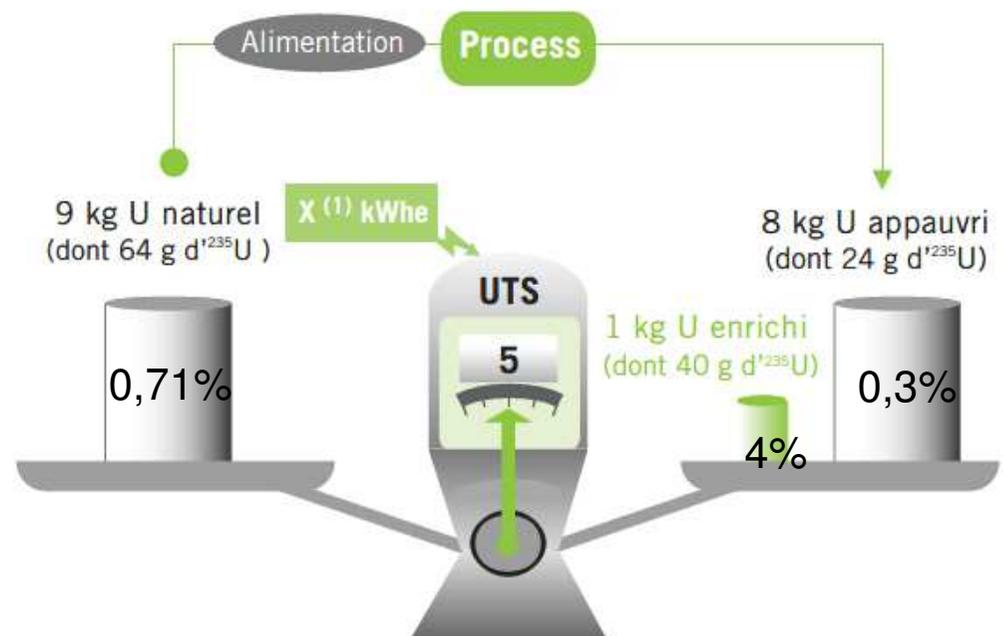
Selon la pratique internationale du marché de l'enrichissement, le client fournit l'uranium à enrichir à l'enrichisseur. Celui-ci retourne à son client l'uranium enrichi issu du processus d'enrichissement et conserve la propriété de l'uranium appauvri qui est produit conjointement.

Principes de l'enrichissement

Fournir une quantité d'uranium naturel (99,3% ^{238}U ; 0,7% ^{235}U) et un « travail » de séparation isotopique (UTS)



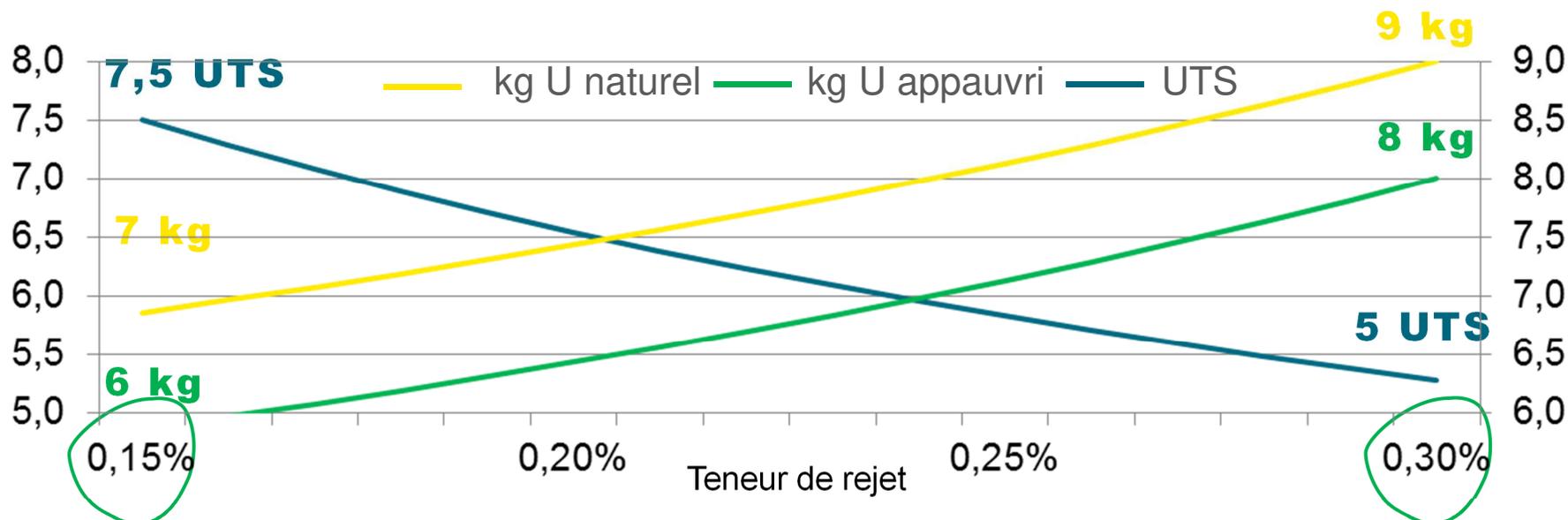
Ultra-centrifugation (GBII)



Production de 1 kg d'uranium enrichi à 4% en ^{235}U

Arbitrage technico-économique

Pour obtenir une même quantité d'uranium enrichi, on peut choisir d'utiliser:
 plus d'uranium naturel et moins de services d'enrichissement ; on génère ainsi plus d'uranium appauvri, ou
 moins d'uranium naturel et plus de services d'enrichissement ; on génère ainsi moins d'uranium appauvri.



Quantités d' U naturel, d'U appauvri et d'UTS mises en œuvre pour produire 1 kg d'U enrichi à 4% en fonction de la teneur de rejet

L'arbitrage résulte d'une optimisation économique permanente entre le coût de l'uranium naturel et le coût de l'UTS.

Stock d'uranium appauvri détenu : quantité

Quantités d'Uranium appauvri détenues par Orano à fin 2016 :
environ 310 000 tonnes d'Uranium appauvri détenues essentiellement sur 2 sites

Tricastin : 173 300 tU

Bessines : 135 600 tU

Nature des matières : U_3O_8

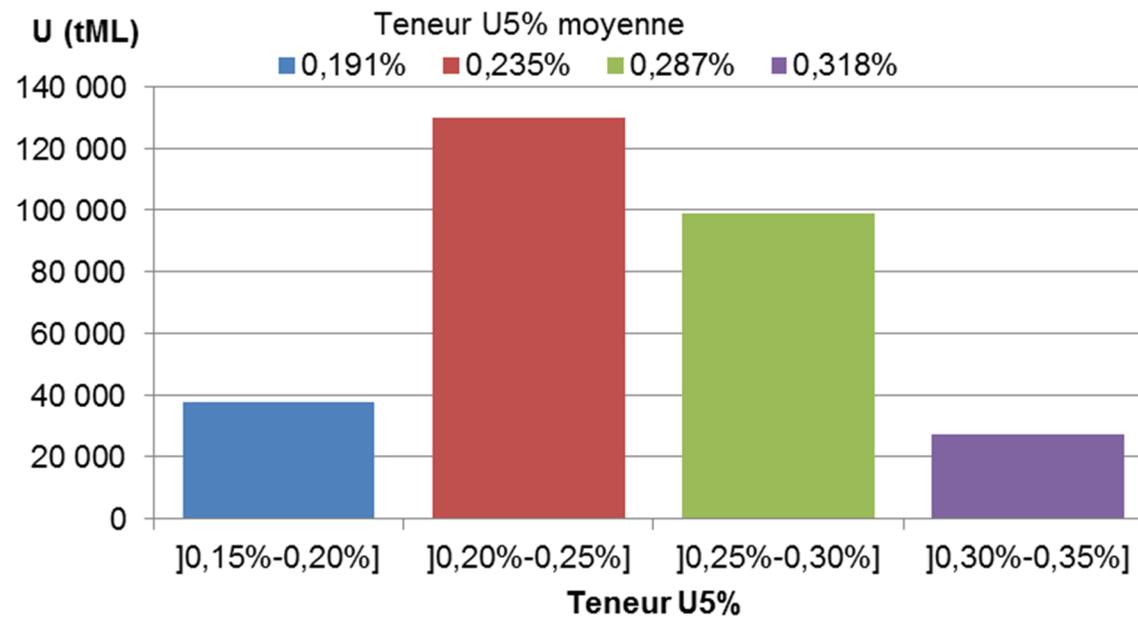
L'essentiel de cet uranium appauvri est détenu sous sa forme la plus stable : l' U_3O_8 (matière solide, chimiquement stable, incombustible, insoluble et non corrosive)

Conditionnement des matières

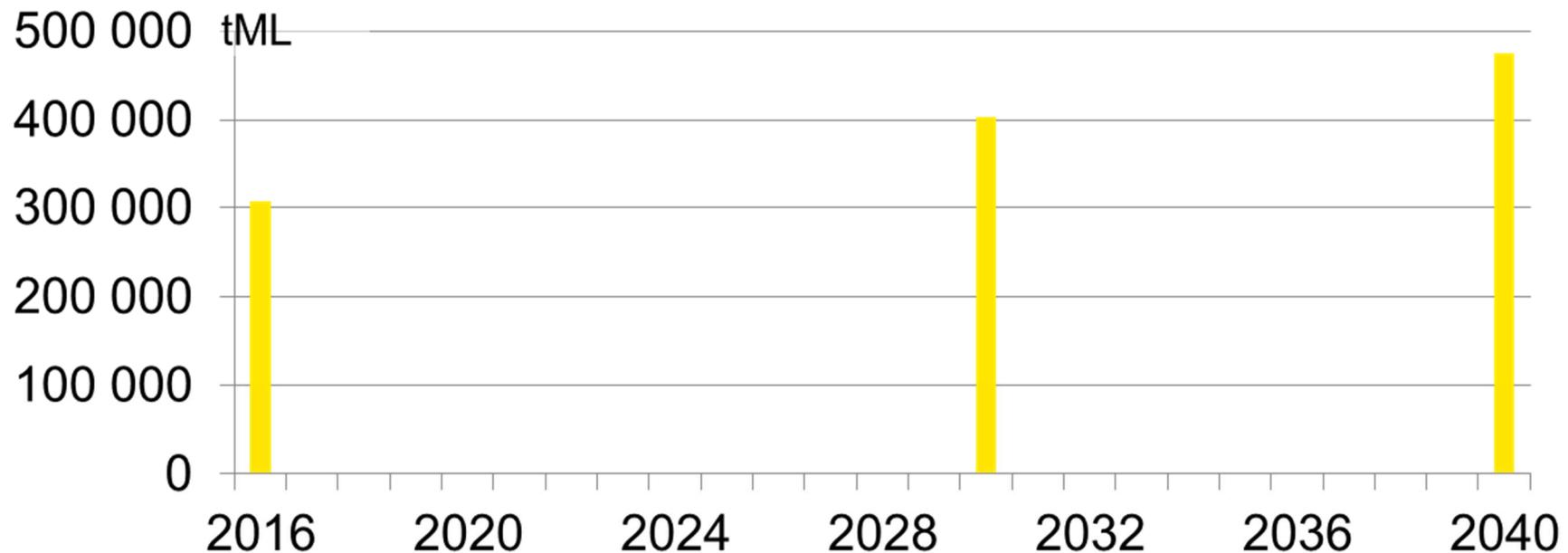
En conteneur métallique cubique de type DV70 (volume utile de 3 m³ - contenance moyenne 7 t)



Stock d'uranium appauvri détenu : isotopie



Evolution des quantités d'uranium appauvri produites sur 2016 – 2040 (IN 2018)



Production estimée sur la base de la capacité nominale de GBII (7,5 MUTS)

- ❖ Moyenne d'environ 7000 tU/an sur la période
- ❖ Quantité générée peut varier sensiblement en fonction de la teneur résiduelle en ^{235}U

Ces valeurs ne préjugent pas des perspectives de valorisation décrites ci-après

Valorisation de l'uranium appauvri



Combustible MOX

Ré-enrichissement (offres uranium naturel – combustible UNE)

Utilisations autres que la production électronucléaire

Valorisation sous forme de combustible MOX

Production MELOX ≈ 140 t/an

L'uranium appauvri entre à plus de 90% dans la composition du MOX, le complément étant principalement du plutonium

Parc constitué à 100% de RNR jusqu'à ≈ 400 t/an *

Les RNR offriront, si déployés, la possibilité de valoriser plus complètement l'uranium appauvri grâce à l'utilisation de neutrons rapides, en transformant l' ^{238}U représentant typiquement plus de 99,7 % de cette matière, en ^{239}Pu fissile. Ces systèmes sont donc particulièrement intéressants pour la valorisation d'uranium appauvri issu d'un second cycle d'enrichissement.

* *palier D1 (à l'équilibre) étudié dans le cadre de l'Article 51 de l'Arrêté PNGMDR*

Valorisation de l'uranium appauvri

Combustible MOX

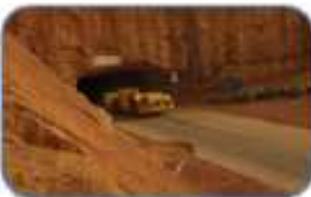
Ré-enrichissement (offres uranium naturel – combustible UNE)

Utilisations autres que la production électronucléaire

Portefeuille minier d'Orano



Somair, Imouraren



Cominak



Mc Arthur, Cigar Lake



Katco



Bessines – CXII – GBII



« Gisement » domestique équivalent à $\approx 60\ 000$ tonnes d'uranium naturel « exploitable » par conversion – ré-enrichissement. Ce volume correspond à 7 à 8 ans de consommation annuelle d'uranium pour le parc français actuel.

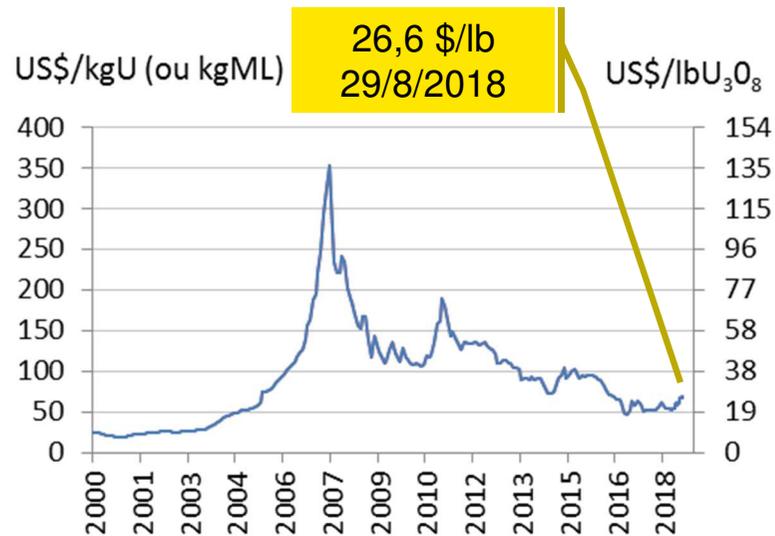
Fonctionnement souple, mise en œuvre de quelques mois seulement à comparer aux 10 ans de développement pour une mine classique

Réserve stratégique contribuant à la *sécurité d'approvisionnement*

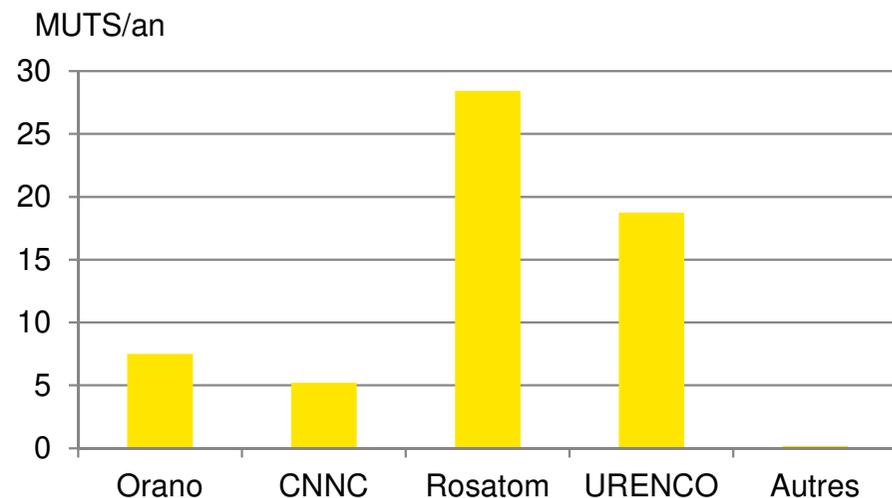
Ré-enrichissement de l'uranium appauvri

Pertinence économique

- ❖ Orano a pratiqué le ré-enrichissement d'une partie de son stock d'uranium appauvri directement dans ses installations ou en ayant recours aux capacités russes
- ❖ Cette pratique a augmenté au milieu des années 2000 avec la flambée des cours de l'uranium (≈ 60 000 tonnes d'uranium appauvri entre 2000 et 2010).
- ❖ Orano n'exclut pas la possibilité d'un recours aux capacités d'enrichissement à l'étranger conjoncturellement surcapacitaires pour le ré-enrichissement de son uranium appauvri



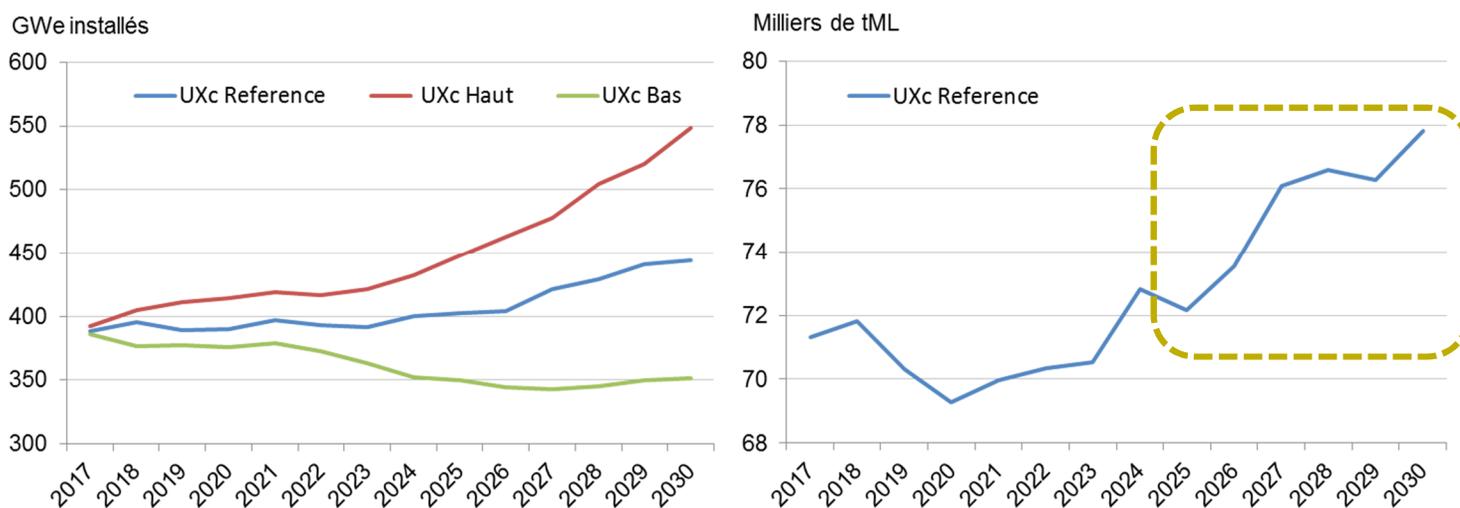
Evolution de l'indicateur représentatif du marché court terme de l'uranium naturel (SPOT)



Capacité mondiale d'enrichissement selon WNA 2017
≈ 60 MUTS à fin 2016

Projections des besoin en uranium naturel

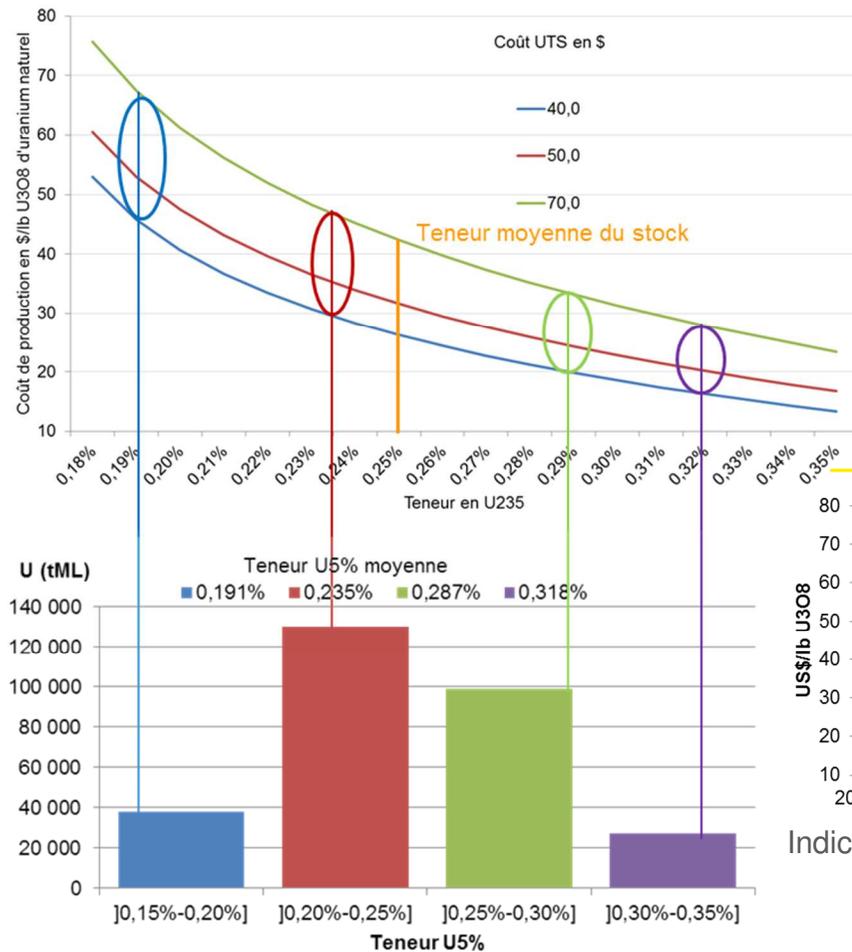
Parc mondial : l'évolution de la capacité installée selon un scénario UxC « moyen » de croissance nécessiterait la mise en exploitation de nouvelles mines à partir de 2025



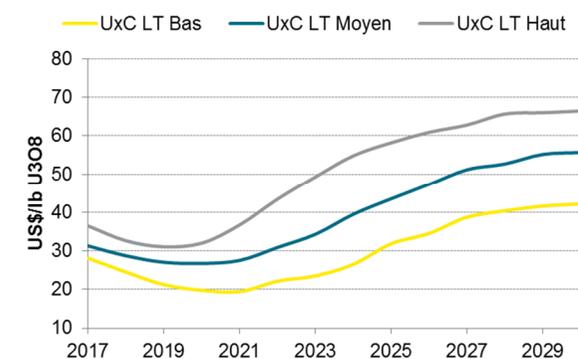
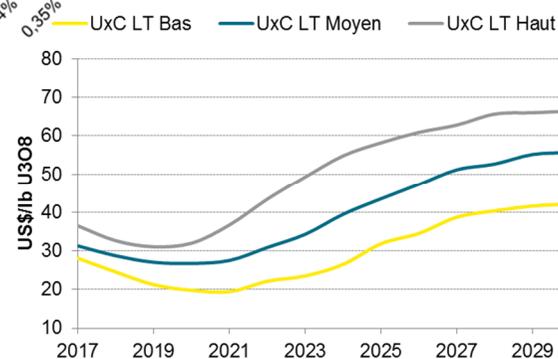
Source UxC- Uranium Market Outlook – Q3 2017

Parc français : besoin estimé (cf. rapport article 51) à environ 300 000 tU sur les 40 prochaines années quels que soient les scénarios étudiés (hors scénario d'arrêt du parc)

Pertinence économique de l'« exploitation » du stock Orano



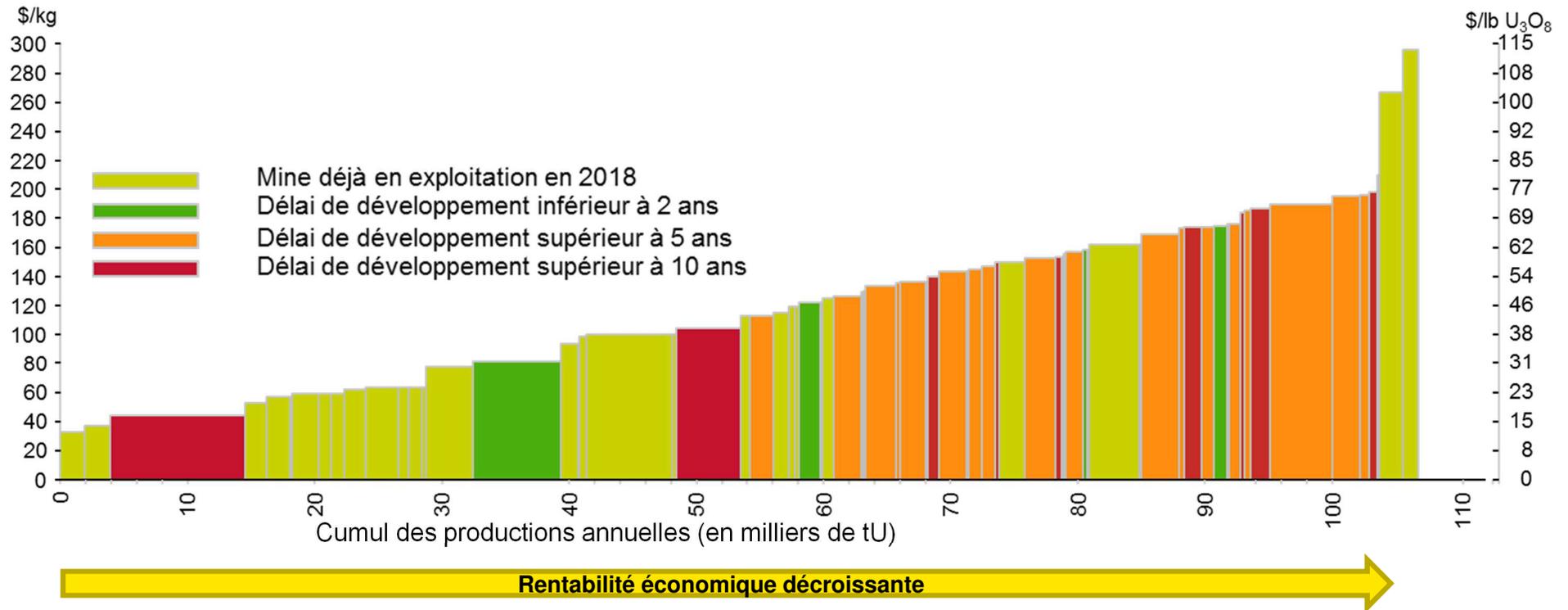
❖ Sur une base de 300 000 t d'Uranium appauvri à une teneur moyenne de 0,25%, il est possible de produire près de 60 000 tU d'uranium naturel (soit environ 150 millions lb U₃O₈) à un coût de production **entre \$30 et \$45/lbU₃O₈**, en fonction du coût des services d'enrichissement, voire moins si l'on considère les lots les plus riches en ²³⁵U.



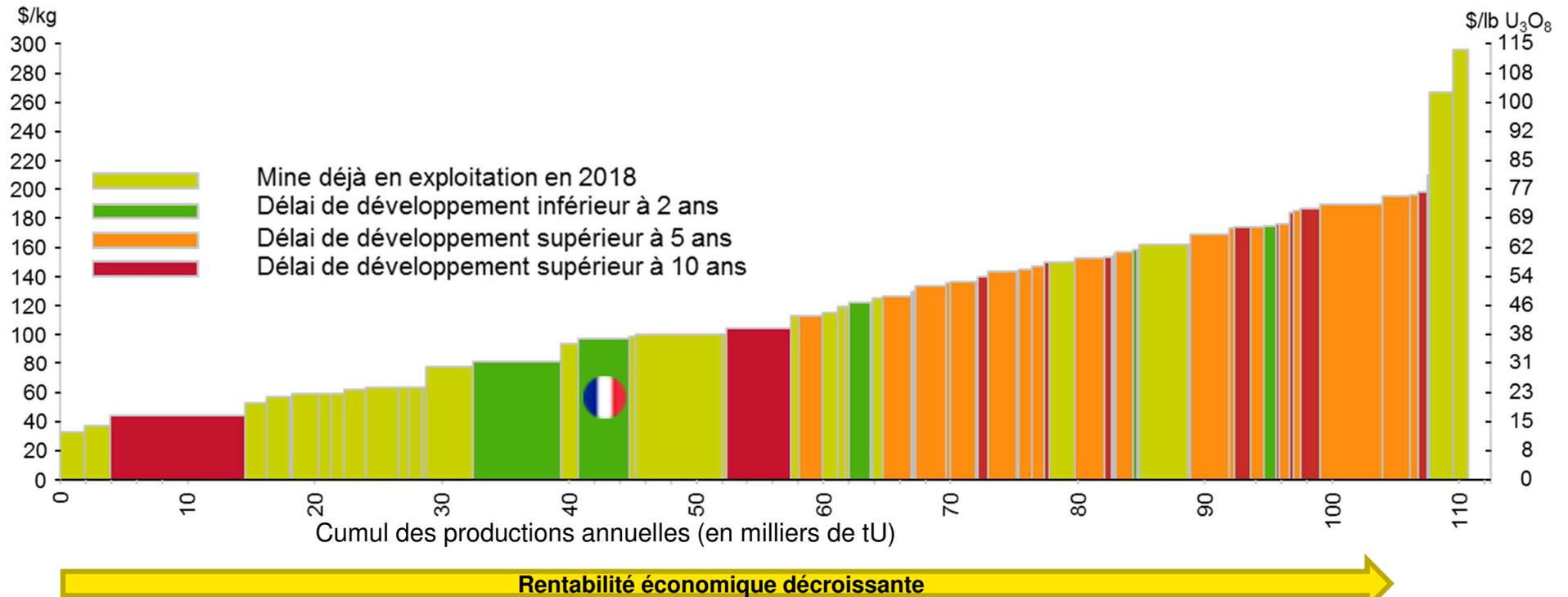
Indicateurs Spot et Long Terme (LT) – source UxC, Uranium Market Outlook Q3 2017

Projets miniers potentiellement disponibles en 2030 pour alimenter le marché de l'uranium

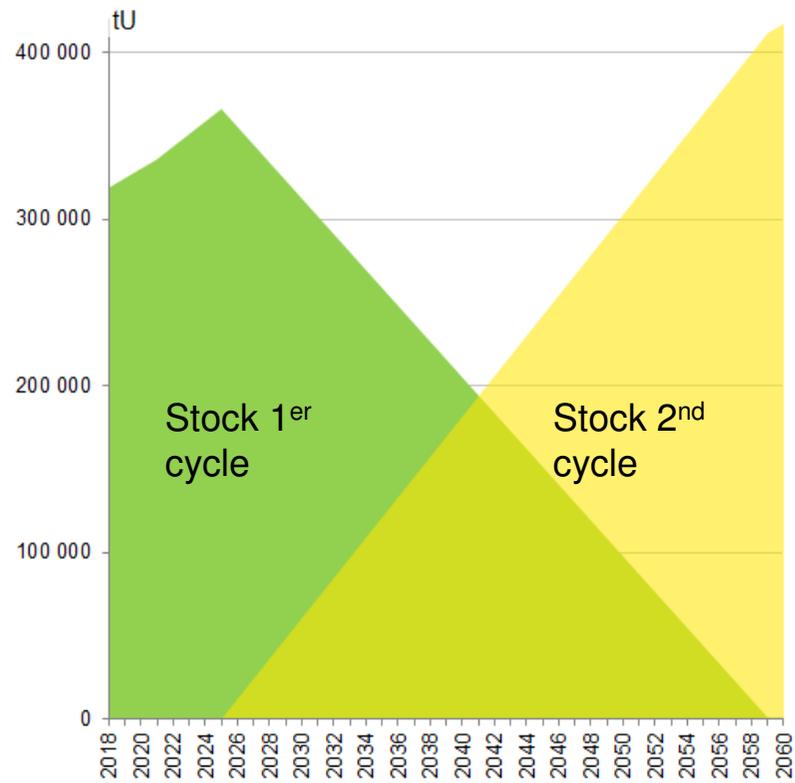
En dépit de leur qualité économique potentielle, certains gisements actuellement identifiés ne devraient pas être exploités car les conditions techniques, de financement, réglementaires ou environnementales ne seront probablement pas toutes réunies



Projets miniers potentiellement disponibles en 2030 pour alimenter le marché de l'uranium



Consommation du stock de 1^{er} cycle et production d'un stock de 2nd cycle – scénario prospectif



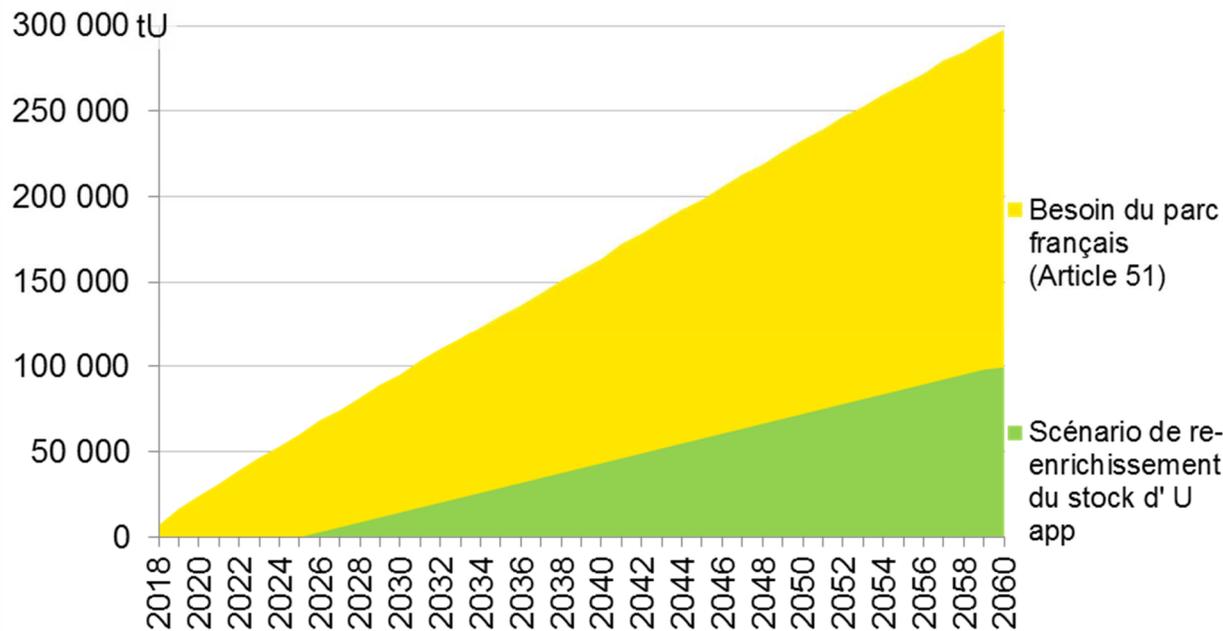
Ce scénario prospectif repose sur une production de l'ordre de 3 000 tU d'uranium naturel par an après 2025*.

- ❖ Ré-enrichissement d'environ 15 000 tU appauvri/an
- ❖ Besoin d'environ 4 MUTS/an < 7% de la capacité d'enrichissement mondiale annuelle actuelle

* Comme évoqué précédemment, la mise en œuvre du ré-enrichissement dépend des conditions économiques (des prix de marché de l'U₃O₈ et de l'UTS en particulier) – si cette mise en œuvre est confirmée, il se peut qu'en pratique la production ne soit pas la même chaque année ; elle pourra être adaptée en fonction de l'évolution des marchés et des volumes contractés.

Besoin du parc français en Uranium naturel

Scénario prospectif de production par ré-enrichissement d'Uapp

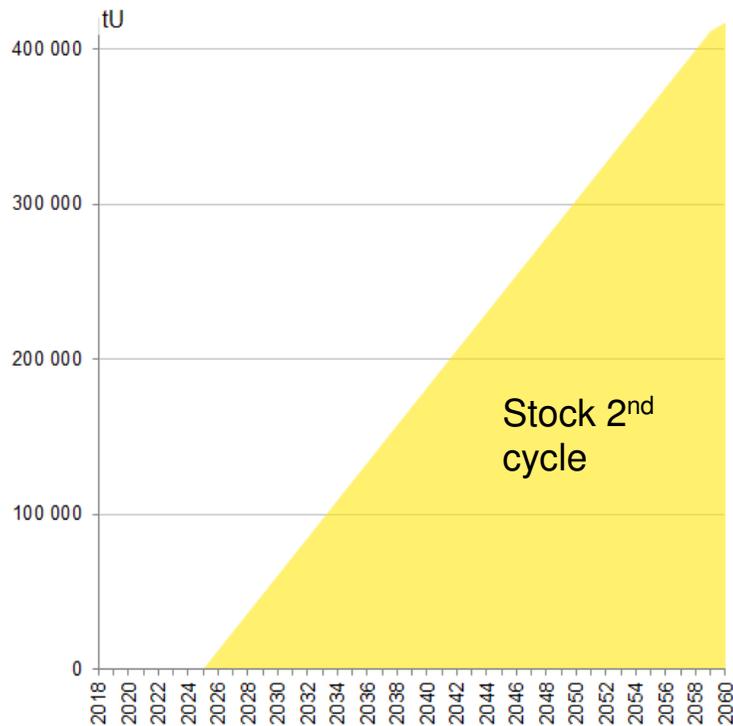


Le besoin en uranium naturel du parc électronucléaire français est estimé à environ 300 000 tU sur les quarante prochaines années (cf. résultats étude article 51)

Le ré-enrichissement du stock d'uranium appauvri selon le scénario prospectif permettrait de produire plus \approx 100 000 tU sur cette même période

Une partie de la production pourrait être affectée à la couverture du besoin français.

Valorisation du stock de 2nd cycle



Ce stock de « 2nd cycle » (estimé sur la base du scénario prospectif), restera la propriété d'Orano dans le cas du ré-enrichissement dans GBII

Une partie de ce stock pourrait devenir la propriété d'enrichisseurs étrangers en cas de recours aux capacités étrangères conjonctuellement sur-capacitaires

Le ré-enrichissement du stock de 2nd cycle n'est pas pertinent économiquement compte tenu de sa teneur résiduelle en ²³⁵U très basse, dans les conditions technico-économiques actuelles

Une partie de ce stock pourra être valorisé sous forme de MOX-RNR (cf. planche 24)

Les perspectives de valorisation de ce stock hors production électronucléaire sont décrites ci-après

Valorisation de l'uranium appauvri

Combustible MOX

Ré-enrichissement (offres uranium naturel – combustible UNE)

Utilisations autres que la production électronucléaire



Orano a engagé des programmes de R&D sur six pistes de valorisation de l'uranium appauvri hors réacteur nucléaire

Projet	Principe	Marché estimé*	Potentiel d'utilisation**
Blindage radiologique	Utilisation d'uranium comme barrière de protection radiologique (par exemple pour des conteneurs de substances radioactives)	+	++
Stockage de chaleur	Utilisation des propriétés de solvatation-désolvatation de composés d'uranium pour réaliser des dispositifs de stockage de chaleur (par exemple pour les réseaux de chauffage urbains)	++	+++
Catalyseurs	Utilisation d'uranium comme catalyseur de certaines réactions chimiques utilisées par diverses industries (par exemple pour la fabrication de bio-carburants)	+++	++
Convertisseur thermoélectrique	Utilisation de composés semi-conducteurs d'uranium, ayant une bonne tenue à haute température, dans la constitution de convertisseurs thermoélectriques	++	+
Panneaux photovoltaïques	Utilisation de composés semi-conducteurs d'uranium dans la constitution de panneaux solaires photovoltaïques	++	+++
Batteries	Utilisation de composés d'uranium pour la réalisation de batteries à forte capacité de stockage, pour les services au réseau électrique (stockage de grandes quantités d'électricité)	+++	+++

Orano investit
≈ 1 M€
d'ici 2020 sur la valorisation
de l'uranium appauvri

- L'exploration de ces pistes vise à développer des activités soutenables, technologiquement et économiquement

* *Marché estimé : estimation préliminaire de la valorisation potentielle de l'uranium appauvri*

** *Potentiel d'utilisation : estimation préliminaire en tonnes d'uranium appauvri en jeu :*

+	> 1 000 tonnes
++	> 10 000 tonnes
+++	> 100 000 tonnes

Valorisation de l'uranium appauvri - conclusions

Le stock d'uranium appauvri présent sur le territoire national représente un gisement stratégique qui peut être « exploité » afin d'élargir l'offre Orano de fourniture d'uranium naturel à ses clients mondiaux.

L'uranium appauvri est aujourd'hui valorisé sous forme de combustible MOX dans des réacteurs du parc actuel - Les RNR offriront, si déployés, la possibilité de le valoriser plus complètement sous forme de MOX-RNR.

Selon un scénario « prudent » d'évolution du parc nucléaire mondial (440 GWe à l'horizon 2030), l'évolution de la capacité installée nécessiterait la mise en exploitation de nouvelles mines à l'horizon 2025-2030.

Orano compte tirer un avantage concurrentiel de l'exploitation à coûts compétitifs, de cette mine domestique; la valorisation d'environ 15 000 tU / an dans les installations françaises et étrangères permettrait la résorption du stock de premier cycle sur une quarantaine d'année; les quantités annuelles réellement mises en œuvre seront adaptées en fonction de l'évolution des marchés sur cette période.

Un programme d'études et de recherche est actuellement mené par Orano pour évaluer les possibilités d'utilisation de l'uranium appauvri (l'uranium issu d'un second cycle d'enrichissement en particulier) à d'autres fins que la production électronucléaire : blindage radiologique, batteries, panneaux photovoltaïques, catalyseurs, convertisseurs thermoélectriques et stockage de la chaleur. Le potentiel d'utilisation est du même ordre de grandeur que le tonnage d'uranium de second cycle généré sur la base du scénario prospectif étudié. Ce potentiel sera affiné au fur et à mesure de l'avancement de ce programme.

Matières radioactives examinées

Uranium naturel appauvri

Combustibles usés et matières issues de leur traitement

- Plutonium
- Rebut MOX
- Uranium de retraitement

Matières des combustibles

Valorisation actuelle des combustibles usés d'EDF

Quantités de CU à fin 2016 entreposés en piscines BK et La Hague

~11 400 tonnes de CU d'UNE (Uranium Naturel Enrichi)

~1 800 tonnes de CU de MOX (Mixed Oxyde)

~580 tonnes de CU d'URE (Uranium de retraitement Ré-Enrichi)



Traitement des combustibles usés

Aujourd'hui :

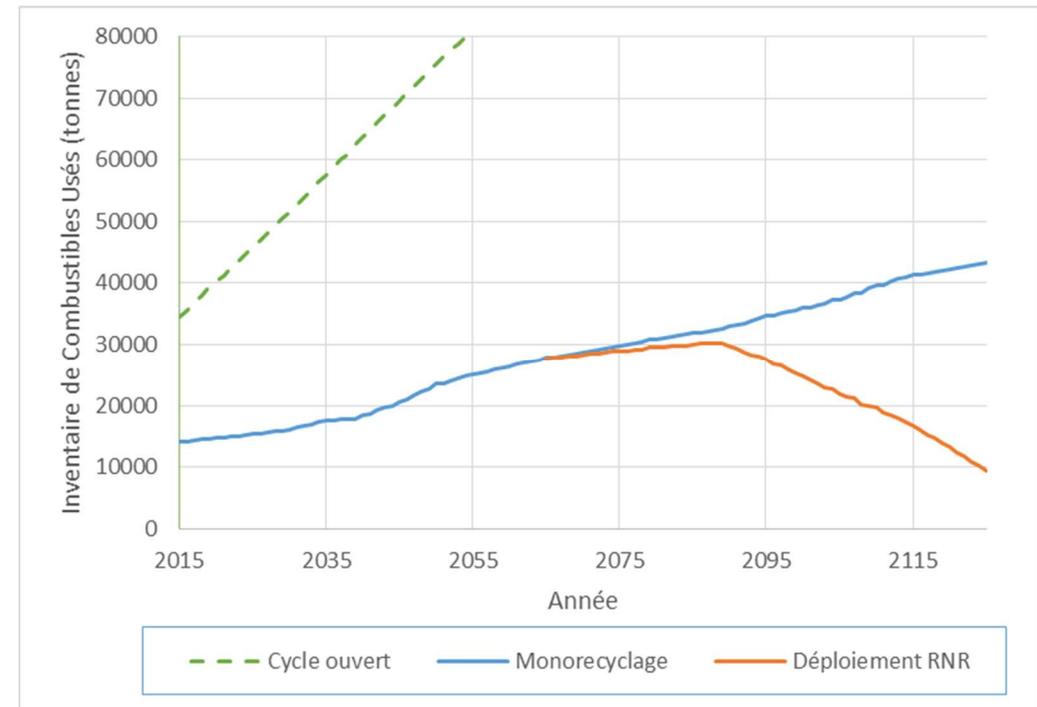
- ❑ 1100 t d'UNE traitées par an pour 1075 t générées par la production électronucléaire afin d'extraire deux matières valorisables :
 - Le plutonium
 - L'uranium de retraitement
- ❑ MOX et URE : les CU sont entreposés dans les piscines de La Hague en attendant une valorisation dans les réacteurs de « Génération IV ».

Matières des combustibles

Valorisation des combustibles usés d'EDF à long-terme

Les scénarios normatifs long-terme ont été définis pour assurer la disponibilité de la quantité de plutonium nécessaire au démarrage d'un parc RNR et atteindre un équilibre d'utilisation de cette matière.

- **Cycle ouvert** : les CU ne sont pas traités et les matières ne sont pas valorisées. Les CU sont entreposés en attente d'un stockage direct.
- **Monorecyclage** : tous les CU UNE sont traités et les matières issues de ce traitement valorisées : le Pu sous forme de MOX REP et l'URT sous forme d'URE. Les CU MOX et URE sont entreposés en attente du déploiement des RNR.
- **Déploiement RNR** :
 - ❑ 2040-2090 : les CU UNE et MOX REP sont traités et le Pu issu des MOX REP est valorisé dans 3 RNR. Les CU MOX RNR et URE sont entreposés en attente d'un parc 100% RNR.
 - ❑ > 2090 : tous les CU sont traités pour démarrer le parc 100% RNR, y compris ceux gardés en réserve lors des phases précédentes.



Matières des combustibles

Valorisation du plutonium

Quantités de plutonium séparé en France à fin 2016 :

~54 tonnes :

- ~41 tonnes à La Hague dont 15 tonnes appartenant à des clients étrangers
- ~10 tonnes en cours d'utilisation dans le processus de fabrication de combustibles MOX dont 1 tonne appartenant à des clients étrangers
- ~2 tonnes entreposées dans diverses installations du CEA



Matières des combustibles

Valorisation du plutonium

Equilibre des flux de traitement

Le plutonium fait l'objet d'un équilibrage de la production et du besoin de cette matière : n'est traitée que la quantité d'assemblages dont le plutonium extrait par leur traitement peut être recyclé à court terme. Cet équilibre tient compte des échelles de temps de fabrication (~3 ans entre traitement des UNE usés et chargement des MOX en réacteur) et des possibles aléas techniques.

Valorisation du plutonium issu du traitement des combustibles UNE usés

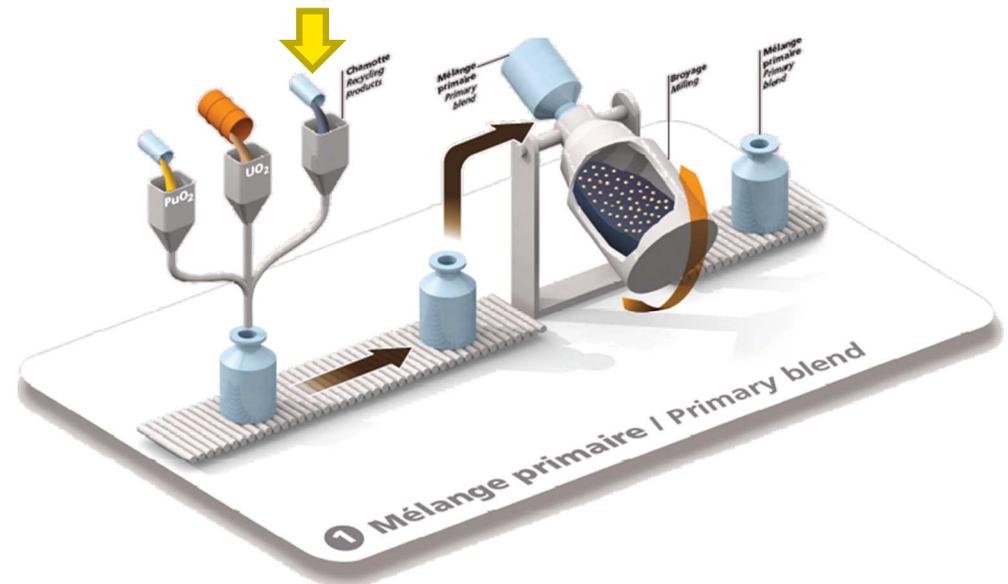
Des 1100 t d'UNE traitées aujourd'hui par an, le plutonium extrait est recyclé sous forme de combustibles MOX dans les 22 et bientôt 24 réacteurs de 900 MW autorisés par l'ASN. Le moxage de réacteurs 1300 MW est à l'étude afin de poursuivre cette valorisation à la suite de la mise à l'arrêt des réacteurs 900. Cette stratégie permet la fabrication d'environ 120 t par an de combustible MOX. Le recyclage assure ainsi environ 10% des besoins annuels en combustible des réacteurs d'EDF. Depuis le début de l'utilisation de ce combustible, environ 5200 assemblages MOX (soit 2 400 t) ont été chargés en réacteurs pour environ 18 000 t d'uranium naturel économisées (~3 ans de consommation annuelle).

Matières des combustibles

Valorisation des rebuts MOX

Comme dans toute activité de production industrielle, l'usine Melox de production de combustible MOX génère des rebuts ; le procédé mis en œuvre permet de recycler une partie des rebuts sous forme de « chamotte »

Les rebuts qui ne peuvent être recyclés directement sont conditionnés principalement sous forme d'assemblages puis expédiés dans des emballages dédiés vers l'usine de La Hague pour être entreposés puis traités en vue d'une utilisation future des matières séparées.



Matières des combustibles

Rebuts MOX : inventaire et taux de production

A fin 2016, le stock de rebuts MOX détenu par Orano s'élevait à 267 tML (IN 2018)

Le taux de rebuts est en particulier sensible à la qualité de la poudre d' UO_2 utilisée

- ❖ Jusqu'en 2009, l' UO_2 appauvri était produit à partir de nitrate d'uranyle, dans l'atelier TU2 du Tricastin mis depuis à l'arrêt \Rightarrow utilisation UO_2 « voie humide »
- ❖ Depuis 2011, l' UO_2 appauvri est obtenu par défluoruration directe d' UF_6 appauvri au sein de l'usine de fabrication de combustible de Framatome Lingen (Allemagne) \Rightarrow utilisation UO_2 « voie sèche »

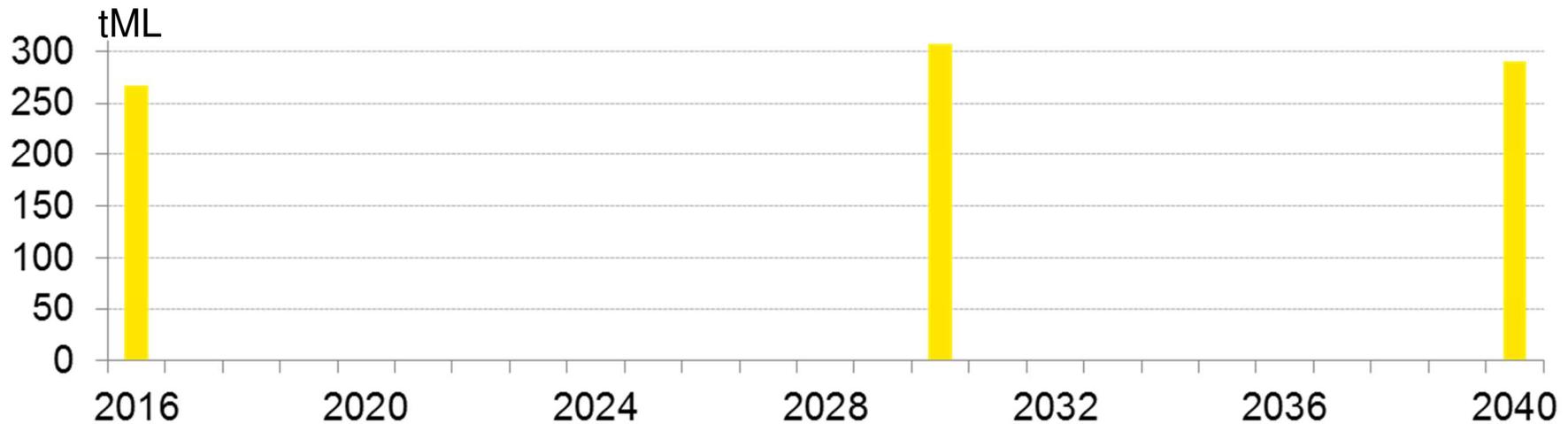
Le taux de rebuts caractéristique d'un fonctionnement de Melox en « voie humide » est de 3 à 5% de la production

Le passage de la « voie humide » à la « voie sèche » a conduit à une augmentation conjoncturelle du taux de rebuts

- ❖ Orano finalise actuellement des études de réalisation d'un atelier qui permettrait de nouveau la fabrication d' UO_2 « voie humide » (procédé analogue à celui mis en œuvre dans TU2). Si confirmée, la réalisation devrait être initiée d'ici la fin 2018 pour une mise en service en 2022, sous réserve de l'obtention des autorisations requises

Matières des combustibles

Valorisation des rebuts MOX – projections IN 2018



Projections IN 2018 - scénario basé sur :

- ❖ Un objectif de réduction du taux de rebuts à moins de 3% à l'horizon 2025
- ❖ Le début de résorption de ce stock à l'horizon 2030 sur la base d'une adaptation de l'outil industriel existant (cf. planche suivante); cette adaptation permettrait de traiter ces matières à un rythme supérieur à la production de rebuts de l'usine Melox
- ❖ Le recyclage sous forme de combustible MOX dans les réacteurs des parcs français et étrangers (quelques recharges dans la projection ci-dessus)

Matières des combustibles

Rebuts MOX : évolution des capacités de traitement

Orano poursuit des études :

- ❖ d'adaptations de l'URP (Unité de Re-dissolution du Plutonium)
 - ❖ Des campagnes de traitement de rebuts MOX ont été réalisées dans l'URP permettant de démontrer la faisabilité technique du traitement de ces matières
 - ❖ Les adaptations de l'unité actuelle permettraient de traiter de l'ordre de 3 tML/an
- ❖ de conception de l'atelier TCP (Traitement de Combustibles Particuliers)
 - ❖ Cet atelier est destiné au traitement de combustibles particuliers de nos clients
 - ❖ Il est conçu pour pouvoir également traiter plus de 10 tML/an de rebuts
 - ❖ Si confirmée, la réalisation pourrait être engagée après retour d'une commission d'enquête publique pour une mise en service à l'horizon 2028, sous réserve de l'obtention des autorisations requises

Matières des combustibles

Valorisation des rebuts MOX

La totalité de ce stock a vocation à être recyclé in fine dans les réacteurs des parcs français et étrangers;

- ❖ le traitement des rebuts pourrait être effectué à un rythme supérieur à celui pris en compte dans le cadre de l'IN 2018 sur la période 2020-2040, en ayant recours à la plateforme industrielle de la Hague adaptée telle que décrite précédemment, en fonction de l'évolution des besoins de nos clients

Matières des combustibles

Valorisation de l'URT

Quantités d'Uranium de ReTraitement (URT) appartenant à EDF à fin 2016 :

~20 000 tonnes d'URT entreposés sur le site de Pierrelatte

Nature des matières : U3O8

Comme pour l'uranium appauvri, l'URT est détenu sous sa forme la plus stable : l'U3O8

Conditionnement des matières

En fûts de type 213L pour un contenu d'un fût ~ 295 kg U3O8



Valorisation de l'URT issu du traitement des combustibles UNE usés

Recyclé sur les tranches de Cruas jusqu'en 2013, l'uranium de retraitement fait l'objet du développement d'une nouvelle filière de recyclage avec un premier chargement prévu en 2023 dans les réacteurs 900 MW de Cruas puis dans des réacteurs de 1300 MW avec annuellement des quantités recyclées supérieures aux quantités produites afin de diminuer le stock existant.

Par la suite, le parc nucléaire peut s'adapter pour stabiliser ou résorber le stock d'URT. Un EPR consomme environ 25 tonnes d'uranium enrichi UNE ou URE chaque année. 25 tonnes d'URE enrichi représente à peu près 200 tonnes d'URT.

Pour atteindre l'équilibre des flux de toutes les matières (CU et Pu), il faut ~60 % de réacteurs UNE, ~30% de réacteurs MOX et ~10% de réacteurs URE.

Pour diminuer le stock d'URT, il suffit de convertir des réacteurs UNE en réacteurs URE.

Matières des combustibles de la recherche

Combustibles usés (déclaration IN)

- ❑ ~22 tonnes de CU divers (métalliques, UOX, caramel, MOX, ...) à fin 2017
- ❑ Entreposage à sec et en piscine
- ❑ Faisabilité de la traitabilité acquise pour plus de 90% de l'inventaire (REX AT1, APM, UP1)
- ❑ Traitement qui pourrait s'effectuer au sein de l'atelier TCP de La Hague
- ❑ R&D en cours sur les 10% restants

Plutonium non irradié (déclaration IN)

- ❑ ~2 tonnes détenues et utilisées à 90% pour répondre à des besoins de R&D (maquettes critiques) et 10% se trouvant sous différentes formes (crayons MOX, solutions NPu, pastilles, poudres, ...)
- ❑ Traitabilité acquise (REX AT1, URP) pour l'essentiel de l'inventaire non utilisé pour les besoins de R&D

Valorisation des matières

- ❑ R&D sur les réacteurs de 4^{ème} génération (dont démonstrateur)