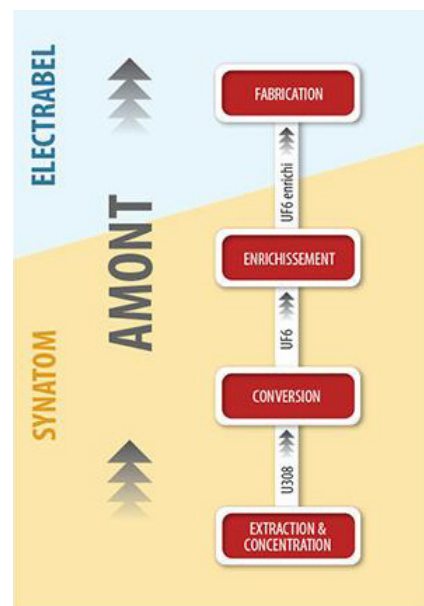


# L'AMONT DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE



L'amont du cycle du combustible nucléaires comprend toutes les opérations qui interviennent depuis l'extraction du minerai d'uranium jusqu'à la mise à disposition de l'uranium enrichi au fabricant d'assemblages de combustible nucléaire.

## De l'extraction au concentré d'uranium

L'uranium est un métal assez répandu dans l'écorce terrestre. Il est contenu dans des minerais dont les gisements se trouvent dans des mines à ciel ouvert ou dans des galeries souterraines. Une nouvelle technologie, appelée lixiviation in situ, s'est répandue au cours des dernières années. C'est un procédé qui permet de dissoudre des métaux, dont l'uranium, directement dans le gisement. Aujourd'hui, près de la moitié de la production mondiale est obtenue par lixiviation in situ.

Les principaux producteurs d'uranium sont le Kazakhstan, le Canada, l'Australie, le Niger, la Namibie, la Russie, l'Ouzbékistan, les États-Unis, la Chine et l'Ukraine.



Site de la mine de Cigar Lake au Canada  
(photo courtesy of Cameco Corporation)

L'uranium est extrait du minerai par une série de procédés qui permettent d'obtenir un uranium très concentré. C'est le yellow cake, une poudre jaune qui contient environ 75 % d'uranium, ou 750 kg d'oxyde d'uranium par tonne. Le yellow cake va ensuite être raffiné afin d'obtenir un uranium pratiquement pur sous forme d'octoxyde d'uranium ( $U_3O_8$ ).

## La conversion du yellow cake en hexafluorure d'uranium

La phase de conversion a pour but de transformer le yellow cake en hexafluorure d'uranium pur ( $UF_6$ ). Ce gaz va ensuite être comprimé et refroidi pour atteindre un état liquide. Pour le transport, il va être placé dans un conteneur spécial où il sera refroidi jusqu'à atteindre un état solide. Il pourra alors être acheminé vers l'usine d'enrichissement.

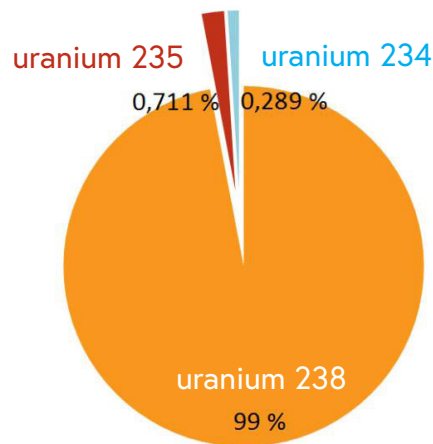
Le marché de la conversion se caractérise par un nombre restreint d'opérateurs. Le Canada, la France, les États-Unis, la Russie et la Chine disposent de ce type d'installation.

## L'enrichissement

Avant enrichissement, 1 kg d'uranium naturel est composé de 990 grammes d'uranium 238, de 7 grammes d'uranium 235 et près de 3 grammes d'uranium 234. Seul l'uranium 235 est fissile mais il n'est pas, avec ses 0,7 %, en proportion suffisante pour être utilisable dans les centrales nucléaires de type à eau pressurisée (PWR = pressurized water reactor) comme installées en Belgique.

Pour alimenter les réacteurs nucléaires à eau sous pression, il faut un combustible dont la proportion d'uranium 235 se situe entre 3 et 5 %. En effet, seul l'isotope 235 peut subir la fission nucléaire libératrice d'énergie.

Aujourd'hui, la technique d'enrichissement par centrifugation a complètement supplanté la technique par diffusion gazeuse beaucoup trop énergivore.



Manutention d'un conteneur d'hexafluorure d'uranium sur le site d'Orano à Tricastin  
(Droits.copyright : Orano, LARRAYADIEU ERIC)

### Comment ça marche ? Pour faire simple...

Il est possible de différencier l'uranium 235 de l'uranium 238 grâce à leur légère différence de masse. Cette différence se traduit aussi par une différence de mobilité.

Le procédé consiste à faire tourner à très grande vitesse dans une centrifugeuse, l'hexafluorure d'uranium revenu à l'état gazeux par chauffage (56°C).

Les molécules les plus lourdes, sous l'effet de la force centrifuge sont envoyées à la périphérie du tube tandis qu'elles plus légères (U235) migrent vers le centre et le sommet du cylindre.

L'opération doit être répétée un très grand nombre de fois pour atteindre l'enrichissement souhaité.

### Le saviez-vous ?

L'UTS pour unité de travail de séparation (Separative work units - SWU en anglais) est l'unité de mesure des services d'enrichissement. C'est l'unité de référence pour les contrats. Elle est utilisée pour évaluer le coût de la séparation d'un kilogramme d'uranium en deux lots de teneur isotopique différente, dans le cadre du processus d'enrichissement de l'uranium. Elle sert aussi à évaluer la capacité de production d'une usine.

## La mission de SYNATOM

La mission de SYNATOM consiste à garantir l'approvisionnement en matières fissiles enrichies vers l'usine de fabrication des assemblages de combustible que l'exploitant ELECTRABEL aura désignée. Le rythme des livraisons s'inscrit selon un planning lié aux arrêts programmés des réacteurs. L'exploitant assure le suivi de la fabrication des assemblages spécifiquement conçus en fonction des caractéristiques techniques de chaque réacteur.

### La stratégie Amont de SYNATOM

La stratégie d'approvisionnement de SYNATOM privilégie les contrats sur base d'un portefeuille diversifié aussi bien en termes de fournisseurs que d'origines géographiques.

En outre, les approvisionnements en uranium doivent provenir de pays politiquement stables et dont les producteurs respectent scrupuleusement les recommandations éthiques et environnementales de la World Nuclear Association.

Les activités de SYNATOM sur l'amont du cycle du combustible nucléaire font l'objet d'une réglementation très stricte.

### Contrôles internationaux

Toutes les étapes du marché de l'uranium sont drastiquement régulées sur la base du traité de l'EURATOM et plus particulièrement par les recommandations et les contrôles de l'Agence d'Approvisionnement de l'EURATOM (Commission européenne).

### Responsabilité sociale

Au fil des années, les prises de conscience sociétales se traduisent concrètement dans des clauses liées à l'éthique et au respect de l'environnement reprises dans nos contrats.

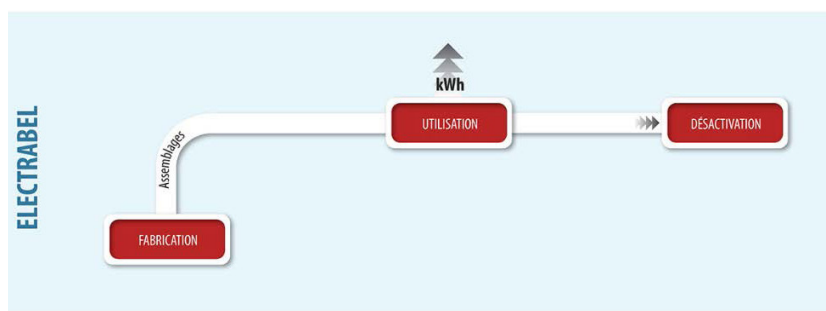
Des associations internationales telles que l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), l'Agence pour l'Énergie Nucléaire de l'OCDE (AEN), la World Nuclear Association ont édicté des règles précises pour les exploitants des mines d'uranium. Les électriciens veillent à leur mise en œuvre au travers d'audits externes.

### 2023, année de l'accord entre le Groupe ENGIE et le Gouvernement belge sur la prolongation de 2 réacteurs (« accord Phoenix »)

Le 13 décembre 2023, un accord final est intervenu entre le Groupe ENGIE et le Gouvernement belge sur les conditions de prolongation de la durée de vie des réacteurs nucléaires de Doel 4 et de Tihange 3 pour une durée de 10 ans. Cet accord intègre un redémarrage, au plus tôt, à partir de fin 2025.

Dans le cadre de cet accord, SYNATOM a conclu des contrats à même de fournir, dans les délais impartis, les matières fissiles enrichies nécessaires à la poursuite du fonctionnement des deux réacteurs au-delà de 2025 pendant toute la durée de 10 ans.

# LES RESPONSABILITÉS DE L'EXPLOITANT



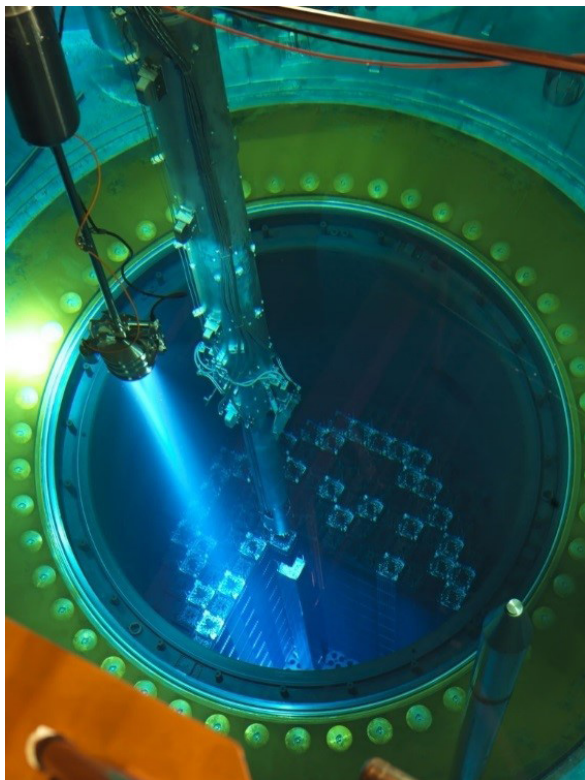
ELECTRABEL est l'exploitant des centrales nucléaires belges de Doel et de Tihange. À ce titre, il est responsable de trois étapes importantes du cycle du combustible nucléaire :

## 1. La fabrication des assemblages de combustible

À l'issue du processus d'enrichissement, l'uranium gazeux enrichi est converti en poudre d'oxyde d'uranium (UOX), une forme particulièrement stable. Cette poudre est comprimée en pastilles de 7 grammes, empilées dans des tubes métalliques en alliage de zirconium. Le tout forme des « crayons de combustible ». D'une hauteur de 4 mètres, ces crayons sont ensuite réunis en faisceaux pour constituer des « assemblages de combustible » qui sont ensuite acheminés vers les sites nucléaires.



Arrivage d'assemblages de combustible neuf  
(Photothèque Electrabel)



*Cuve de réacteur :  
rechargement en combustible  
(Photothèque Electrabel)*

## 2. L'utilisation dans le cœur du réacteur

Les assemblages de combustible vont générer pendant trois cycles de 12 à 18 mois d'importantes quantités de chaleur.

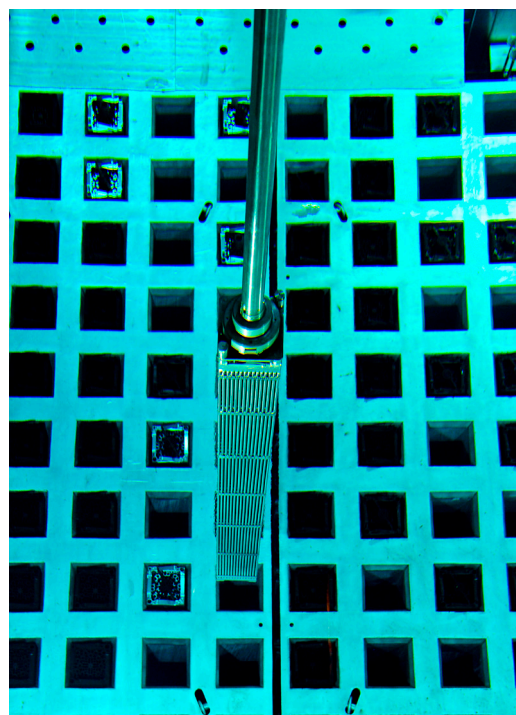
## 3. Le passage en piscine de désactivation

Après avoir terminé sa phase de production, l'assemblage de combustible nucléaire va séjourner plusieurs années (3-5 ans) dans une piscine de désactivation.

Ces trois étapes se font dans le respect de règles de sûreté très strictes, contrôlées en permanence par des organismes indépendants, tant au niveau national qu'international.

ELECTRABEL assure sur les sites de Tihange et Doel pour compte de SYNATOM la gestion journalière et sur le long terme de l'entreposage intermédiaire des assemblages de combustible usé.

Une fois l'exploitation des réacteurs terminée, l'exploitant a en charge le démantèlement des centrales nucléaires.



*Manutention d'un assemblage en piscine de  
désactivation  
(Photothèque d'Electrabel)*