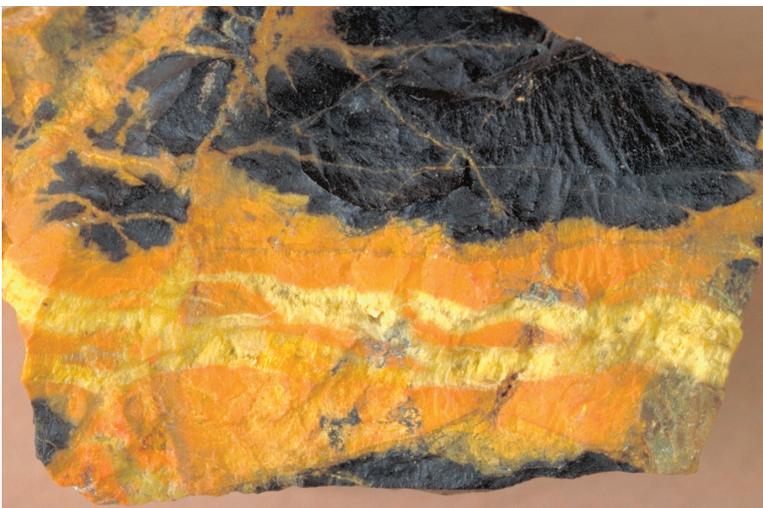


# Feuille d'information

Février 2021

## L'uranium, une ressource d'avenir

L'uranium est la matière première qui sert à l'exploitation des centrales nucléaires. Les gisements de minerai uranifère connus à l'heure actuelle sont répartis sur toute la Terre, et les océans contiennent eux aussi des quantités gigantesques de cet élément. Selon les prix et la technique de réacteur utilisée, les ressources en uranium suffiront pendant très longtemps encore, même en cas de développement de l'énergie nucléaire. Par ailleurs, le prix de l'uranium exerce un impact minime sur le prix de l'électricité, ce qui rend possible une estimation à long terme des coûts de la production d'électricité d'origine nucléaire. Les consommateurs d'électricité dans les ménages et dans l'économie bénéficient ainsi d'une grande sécurité d'approvisionnement.



Matière première pour la production d'électricité: la pechblende (uraninite), minéral noir naturel, avec des produits jaunes et oranges d'altération des roches, produits qui contiennent aussi de l'uranium.

Photo: NMBE

### L'élément uranium

L'uranium est l'élément chimique le plus lourd présent naturellement en quantités significatives sur Terre. Des traces d'uranium naturel se trouvent presque partout dans notre environnement, et même dans le corps humain. L'uranium naturel est faiblement radioactif; il se compose d'un mélange de trois noyaux atomiques différents du même élément, appelés isotopes: l'uranium 234 (en traces seulement), l'uranium 235 (environ 0,7%) et l'uranium 238 (environ 99,3%).

Les deux derniers isotopes d'uranium cités se distinguent par le fait que le noyau atomique de l'uranium 235 contient trois neutrons de moins que le noyau atomique de l'uranium 238. La caractéristique de l'uranium 235, à savoir qu'il fissionne facilement comparé à l'uranium 238, constitue la base physique de l'exploitation des centrales nucléaires actuelles.

### Contenu énergétique élevé

Le noyau de l'atome d'uranium recèle énormément d'énergie. Les centrales nucléaires n'ont donc besoin que de quantités minimales de combustible pour produire de grandes quantités d'électricité. Une centrale nucléaire de 1000 MW telle que celle de Gösgen ne nécessite chaque année que quelque 200 tonnes d'uranium naturel pour fournir de l'électricité à un million de personnes environ. Une centrale au charbon de la même taille nécessiterait à cette fin la combustion de plus de deux millions de tonnes de charbon, une centrale au fioul de 1'400'000 tonnes d'huile lourde, et une centrale à gaz moderne de 980'000 tonnes de gaz naturel.

La densité énergétique élevée de l'uranium et le volume comparativement très faible des déchets radioactifs produits expliquent en premier lieu pourquoi – avec l'hydraulique et l'éolien – l'énergie nucléaire est la technique de production d'électricité actuelle ayant le plus faible impact sur l'environnement.



Le combustible d'uranium sous la forme utilisée dans les centrales nucléaires. Trois ou quatre de ces pastilles d'oxyde d'uranium ( $UO_2$ ) permettent de couvrir la consommation d'électricité d'un ménage de quatre personnes pendant un an.

Photo: KKG

### Extraction minière de l'uranium

En 2019, seuls 16% de l'uranium naturel étaient produits dans des mines à ciel ouvert et 20% dans des mines souterraines. Cependant, plus de 57% de l'uranium est actuellement obtenu par le biais d'un procédé appelé «in situ leach» qui consiste à injecter un liquide dans des puits de forage pour dissoudre l'uranium et l'extraire de la roche qui l'entoure. Le reste est obtenu en tant que produit secondaire de l'exploitation du cuivre et de l'or, ou à partir d'autres procédés.

Afin de réduire le plus possible les volumes transportés, on produit dans les régions minières un concentré du minerai d'uranium qui a été extrait, traditionnellement appelé «yellow cake». La technique actuelle permet d'obtenir une poudre noire à marron conte-

nant entre 70 et 90% en poids d'uranium sous forme d'oxyde d'uranium  $U_3O_8$ .

### Gestion de l'environnement

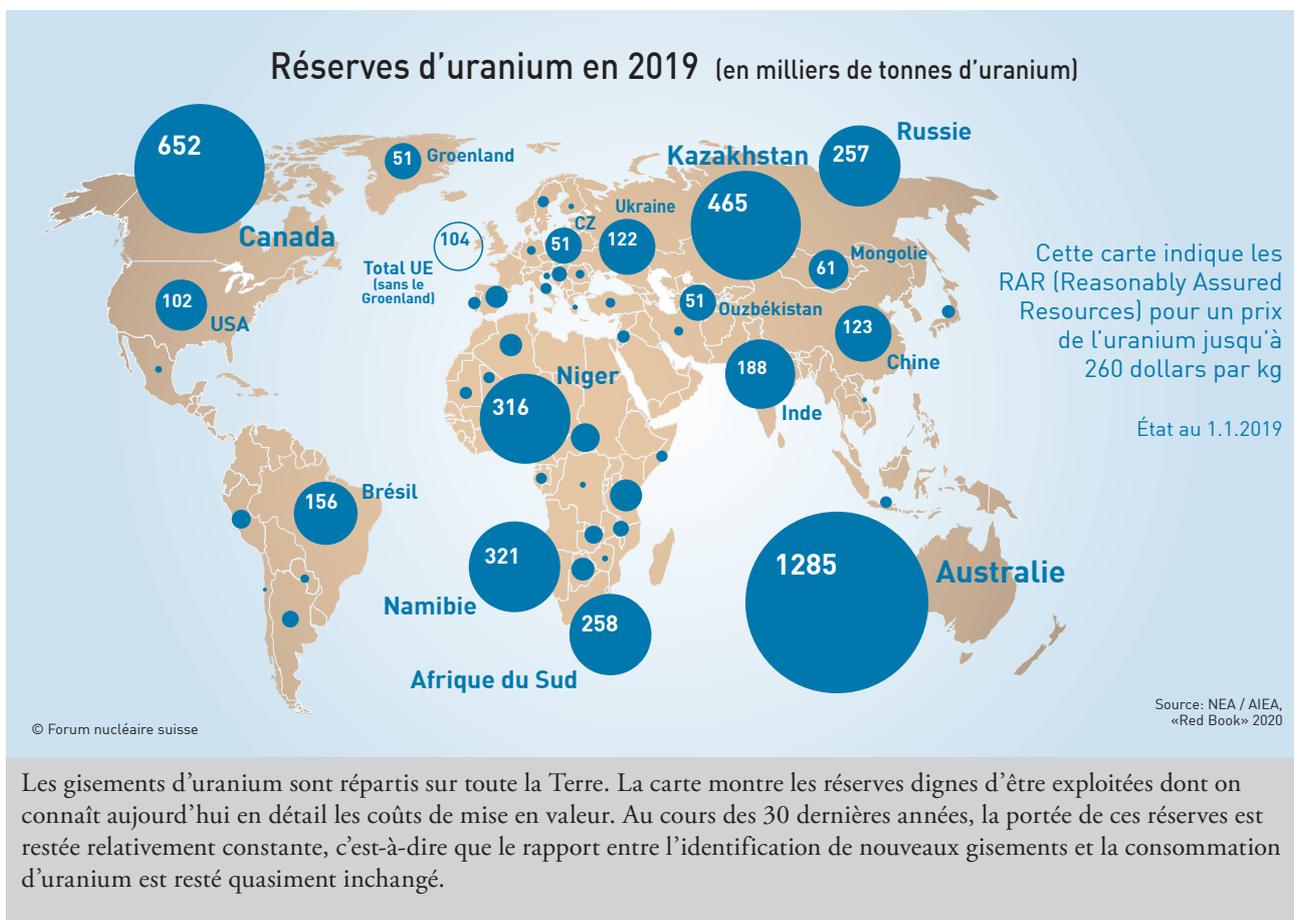
Toutes les mines d'uranium sont placées aujourd'hui sous la surveillance des autorités. Les exigences en matière de protection de l'environnement requises pour une mine d'uranium sont en principe les mêmes que pour les autres mines d'où sont extraites des matières premières métalliques – fer, cuivre ou aluminium. Les mines d'uranium impliquent cependant une intervention dans l'environnement naturel, au même titre que l'extraction de cuivre ou de fer pour la construction de parcs éoliens ou d'installations solaires. C'est la *façon* dont une mine est exploitée qui constitue ici le facteur déterminant.

Bon nombre de mines d'uranium et d'autres mines qui exploitent l'uranium en tant que sous-produit sont aujourd'hui certifiées selon les normes environnementales. Les législations locales de nombreuses régions obligent les sociétés minières à mettre l'homme et l'environnement à l'abri des nuisances et à remettre le paysage naturel en état après la fermeture des mines. Plusieurs exploitants se sont d'ailleurs engagés spontanément à le faire.

Par ailleurs, on assiste actuellement à la mise en place d'une certification de la responsabilité sociale des compagnies minières selon des normes internationales. Les gisements de minerai constituent dans de nombreux pays une base d'existence très importante pour la population des régions minières concernées.

### Production actuelle d'uranium

En raison des prix bas du marché, seules 54'224 tonnes d'uranium naturel ont été extraites en 2018 dans 16 pays, ce qui représente une baisse de 14% par rapport à 2016. Le plus gros producteur a été le Kazakhstan (41%), suivi du Canada (13%) et de l'Australie (12%). En 2018, l'extraction d'uranium a couvert à peine 90% du besoin, estimé à 59'200 tonnes. Dans la pratique, une partie de l'uranium utilisé dans les centrales nucléaires provient des stocks en réserve, du retraitement du combustible usé ou du ré-enrichissement d'uranium 235 issu des résidus de l'enrichissement.



### Réserves actuelles d'uranium

Les chiffres relatifs aux réserves globales d'uranium se réfèrent toujours aux gisements connus et aux gisements supposés qui valent la peine d'être exploités à un certain niveau de prix de l'uranium. La carte ci-dessus montre les ressources

- qui sont actuellement connues en détail et ont été annoncées par les pays respectifs, et
- qui sont exploitables à un prix marchand inférieur à 260 dollars par kg d'uranium naturel (le prix de l'uranium à long terme est actuellement sensiblement inférieur).

Selon les estimations de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, ces réserves d'uranium suffiront, avec les gisements connus mais qui n'ont pas encore été étudiés en détail, durant plus de 135 années dans le cas d'une consommation égale à celle d'aujourd'hui. Une augmentation de la capacité nucléaire mondiale de près de 60% d'ici à 2040 serait également possible (scénario optimiste de l'agence).

### Réserves futures d'uranium

Les réserves potentielles d'uranium proviennent de diverses sources:

- **Gisements de minerai:** les sociétés minières n'explorent et ne mettent en valeur de nouveaux gisements qu'en fonction du volume qui sera probablement demandé dans les deux à trois prochaines décennies. Face au prix de l'uranium très bas en raison d'une offre excédentaire, les investissements dans l'exploration de nouveaux gisements d'uranium ont diminué dans le monde ces dernières années. Les spécialistes s'attendent à ce que des gisements à haute concentration d'uranium continuent d'être découverts. Par ailleurs, l'expérience pratique découlant de l'exploitation minière moderne laisse à penser que des minerais d'uranium à teneur bien plus faible qu'aujourd'hui pourront être mis en valeur sans qu'il en résulte une forte hausse des dépenses énergétiques.

- **Uranium appauvri:** à partir d'un certain prix du marché, il peut être intéressant de remettre dans le processus d'enrichissement l'uranium résiduel issu de l'enrichissement, appelé uranium appauvri, pour pouvoir exploiter les derniers restes d'uranium fissile.
- **Phosphates et charbon:** En cas de hausse des prix, l'uranium peut aussi être extrait comme sous-produit de l'exploitation des phosphates. Les cendres contenues dans les filtres des centrales à charbon brûlant de la houille fortement uranifère constituent une autre ressource.

Si ces sources d'uranium potentielles et alternatives étaient utilisées, les réserves suffiraient encore pour longtemps même en cas d'augmentation de la consommation. Compte tenu de ce qui précède, l'Agence internationale de l'énergie de l'OCDE estime qu'il serait possible d'au moins tripler les capacités du parc nucléaire mondial d'ici à 2050, afin de répondre à la voracité énergétique de l'humanité et d'induire une baisse sensible des émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production d'électricité.

Il ne faut pas non plus oublier que l'uranium est présent en grandes quantités dans le monde. Les océans à eux seuls contiennent plusieurs milliards de tonnes d'uranium dilué. Des essais pratiques effectués au Japon et aux États-Unis ont montré qu'à condition de recourir à des processus d'extraction adéquats, cet uranium marin peut lui aussi représenter une option pour les générations à venir.

### Énorme potentiel de développement

L'énergie nucléaire dispose d'un énorme potentiel: si d'autres technologies de réacteurs telles que les surgénérateurs deviennent accessibles à l'échelle commerciale dans les décennies à venir, il sera alors possible, à vues humaines, d'utiliser l'énergie nucléaire pour un temps pratiquement illimité. Ceci sera encore plus vrai si l'on dispose un jour de la fusion nucléaire comme source d'énergie, ou si le thorium – plus abondant sur Terre que l'uranium – est utilisé comme combustible.

### Prix de l'uranium et prix de l'électricité

Les fluctuations du prix de l'uranium n'exercent qu'une influence minimale sur le coût de la production d'électricité dans des centrales nucléaires. Ceci s'explique d'abord par le fait que la majeure partie de l'uranium est négociée dans le cadre de contrats de livraison à long terme avec des prix stables, et qu'un cinquième seulement des assemblages combustibles de la centrale sont remplacés lors de la révision annuelle.

Par ailleurs, le prix de l'uranium naturel est aujourd'hui sensiblement inférieur à 10% des coûts de production d'une centrale nucléaire suisse, soit moins d'un demi-centime par kilowattheure d'électricité.

### Estimation possible à long terme

Ainsi, même en cas de forte hausse du prix de l'uranium naturel, l'électricité au départ de la centrale ne subirait qu'un renchérissement minimal. La production d'électricité d'origine des centrales nucléaires suisses serait toujours la plus avantageuse en Suisse. Cela est un gage de sécurité pour l'avenir car les consommateurs peuvent estimer, même à long terme, le coût de l'électricité d'origine nucléaire.

### Sécurité d'approvisionnement élevée

Les réserves d'uranium connues à l'heure actuelle sont réparties partout dans le monde. Le nombre important de pays fournisseurs potentiels induit une sécurité de livraison élevée. De plus, l'uranium peut se stocker sans problème. Les centrales nucléaires suisses ont besoin de quelque 600 tonnes d'uranium naturel par an, soit 1% de la consommation mondiale. Les exploitants stockent en général sur place les quantités de combustible neuf dont ils auront besoin pour l'année suivante.

Si, pour une raison quelconque, il n'était soudain plus possible d'importer du combustible en Suisse, nos centrales nucléaires seraient en mesure de produire encore de l'électricité pendant deux à trois ans à puissance réduite. Le niveau de sécurité d'approvisionnement ainsi garanti ne sera jamais égalé par le pétrole ou le gaz naturel.