

L'Uranium, métal critique ou non ?

Les ressources planétaires en uranium sont-elles, comme certains l'affirment, très insuffisantes pour développer l'électricité d'origine nucléaire, dont la France est le premier des douze pays producteurs européens ? Cet article décrit la situation actuelle, qui pourrait évoluer fortement dans les prochaines années en conséquence du conflit en Ukraine et du récent réveil de l'intérêt pour le nucléaire, au moins en Europe.

Nature : l'uranium est un métal blanc-argenté ; c'est l'élément chimique naturel le plus lourd sur la Terre, avec 92 protons, numéro atomique sur le tableau de Mendeleïev ; densité 18g/cm³, beaucoup plus que le plomb, 12g/cm³, mais un peu moins que le tungstène, 19,4 ; température de fusion : 1132°C. La teneur de l'écorce terrestre est de 3 ou 4 pour mille, aussi abondant que l'étain ou le zinc, 50 fois plus que le mercure et 1000 fois plus que l'or. L'eau de mer en renferme 3 millig/l, soit au total 4,5 milliards de t ; le Rhône en transfère 100 tonnes par an dans la Méditerranée, l'extraction est techniquement possible mais moins économique par rapport aux gisements terrestres ; ceux-ci se trouvent sur tous les continents et dans tous les types de terrain. Les grands producteurs sont des pays de grande superficie, par exemple l'Australie, le Canada, le Kazakhstan, la Namibie, l'Ouzbékistan. La « période » d'un élément est la durée de désintégration de 50% ; l'uranium 238 a une période de désintégration naturelle de 4,468 milliards d'années, le 235, 708 millions ; cette désintégration naturelle produit du thorium 234. Sous l'action artificielle de neutrons « lents », un noyau en fissionne d'autres en produisant de l'énergie « nucléaire » (Ndl r : c'est ce qui se passe dans la combustion des fossiles ou le bois ; une allumette suffit !). *Source Elementarium*

Transition naturelle : l'uranium 235 est le seul isotope de fissile naturelle, mais sa teneur n'est que de 0,7% de l'uranium, contre 99,3% pour l'isotope 238, l'isotope 234 presque 0% ; pour l'utiliser industriellement pour la production électrique, il faut augmenter le taux de l'uranium 235, et atteindre un taux entre 3% et 5%. Les isotopes naturels ont des périodes très longues, il faut atteindre 10 périodes-faire le calcul !-, pour aboutir à un isotope de plomb ; il en a 38. Un autre descendant de l'uranium est le radon, gaz naturel radioactif, à l'origine de la radioactivité naturelle pour l'essentiel ; gaz très lourd, le deuxième plus lourd des gaz, no 86, et potentiellement nocif sur les zones plus ou moins riches en sous-sol.

Exploitation des minerais, la pechblende : Trois méthodes d'exploitations existent actuellement : 29% d'exploitation souterraines ; la radioactivité nécessite la réduction des concentrations de poussière ou de radon par arrosages et ventilations et opérations de broyage sous terre. 66% utilisent une lixiviation in situ, avec une solution alcaline ou acide sulfurique selon la nature des terres, lorsque les gisements sont confinés dans un sol perméable entre deux couches imperméable d'argile ; ce système est deux à trois fois plus économique. 5% proviennent d'une coproduction. Concassage, broyage, dissolution, concentrent l'uranium sous forme d'oxyde d'uranium-U₃O₈- en galettes appelées « yellow cake » ; avec une teneur de 70% d'uranium. *Source Elementarium*. Un passage au four à 800°C les transforme en poudre grise contenant 85% d'uranium, mise en fûts pour aller vers les usines de conversion. *Orano*. La prospection des nouveaux gisements n'a pas été constante depuis longtemps. Aujourd'hui, on assiste à l'essor des activités d'exploration et de développement des mines, suite à la diminution des sources « secondaires »-utilisation de l'uranium enrichi- du développement des programmes nationaux, dont la Chine, provoqués par l'augmentation prévue importante de l'électricité décarbonée. *Sfen*. Les ressources d'uranium classique s'élevaient à 8.070.000 tonnes d'uranium métal en 2019, à l'existence certaine et à économie supportable. La production d'uranium en 2019 a été 54.221 tonnes, soit 150 ans de ressources à ce rythme, selon le livre rouge de l'AIEA-Agence

Internationale de l'Énergie Nucléaire-; un scénario prévoit une production de 100.224 tonnes en 2040 dans le meilleur des cas. Ndlr : depuis, le nucléaire a repris des couleurs dans le monde

Un futur éventuel solide : La Sfen va plus loin, dans son article « le combustible nucléaire : une ressource infinie ? », 28/09 /2021 : on en a pour 100ans, même en doublant le nombre des réacteurs en service. De plus, le thorium peut venir à la rescousse, à condition de le transformer en uranium 233, fissile, avec l'aide des réacteurs à l'uranium au départ. Ces réacteurs ne contiennent pas d'actinides mineurs et ne produisent pas de plutonium. Il y en a quatre fois plus que l'uranium, et des stocks importants de thorium résultant de l'exploitation des terres rares sont disponibles. L'uranium de l'eau de mer, 4 milliards de tonnes peut être exploité, mais les technologies actuelles sont trop complexes et trop coûteuses ; les recherches en cours se focalisent sur des procédés de concentration par adsorption sur des surfaces. C'est lointain. Mais quid de l'uranium 238 ? Les réacteurs actuels à eau légère ne brûlent que l'uranium 235, donc 3% à 5% du total, et un peu de plutonium. La génération 4 à neutrons rapides brûle l'uranium 238 ; après leur démarrage grâce au couplage avec un réacteur actuel, fournisseur de plutonium, ces neutrons rapides transforment l'uranium 238 en plutonium 239, fissile, seul combustible surgénérateur, et développant plus d'énergie unitaire. D'où un facteur 100, voire plus. Et il existe des réserves gigantesques d'uranium appauvri, issus des productions antérieures, attendant tranquillement qu'on s'en serve : 250 millions de tonnes, soit l'équivalent de 25 milliards de tonnes pour les usages actuels de la génération 3. C'est pourquoi, il est important que la France, ancienne leader de la génération 4, s'y intéresse sans attendre.

Conclusion : l'uranium est le métal le moins critique, en ce qui concerne les ressources, de tous ceux qui participent à la transition énergétique.

Dépendance : l'Europe et la France : on en était au « yellow cake », l'histoire se prolonge. Orano est un mineur important ; il possède des mines en partenariat, comme exploitant sur celles où il a la majorité au Niger et au Canada, et d'autres en partenariat au Canada, au Kazakhstan et en gestation en Mongolie ; en 2021, sa production a été de 6814 tU, assez proche des besoins français ; l'Australie et l'Ouzbékistan sont aussi des fournisseurs. C'est le « yellow cake », U3O₈, qui s'interpose dans le marché mondial pour être purifié, converti en hexafluorure d'uranium UF₆ et enrichi pour servir de combustible nucléaire UO₂. Cet enrichissement vise à augmenter le taux de concentration du 235, seul isotope fissile, pour passer de 0,72% à de 3% à 5%. Cet enrichissement se fait maintenant par centrifugation, basée sur la minuscule différence de densité entre le 238 et le 235 ; c'est comme cela que l'on arrive à la bombe atomique avec une concentration supérieure à 80%, en passant par un 20% nécessaire pour la recherche et des usages médicaux. La Russie-Rosatom-, qui ne pèse pas beaucoup sur les ressources primaires, pèse beaucoup sur le combustible nucléaire à 42%, en ayant développé énormément ses capacités d'enrichissement ; elle est suivie par Urenco-Royaume-Uni, Allemagne, Pays Bas, États-Unis - pour 23%, puis Orano à 12,5% -90% État français dont 5%CEA, et 5% Mitsubishi et 5% Etat japonais, puis la Chine à 10%. Orano prévoit un projet d'augmentation de 30% d'ici 2030, accéléré pour subvenir aux risques liés à la guerre Russie-Ukraine ; les liaisons Rosatom-Urano ne sont pas soumises à une désaffectation, elles se poursuivent, mais comme les États-Unis, Urano se prépare à une désaffectation ; ces liaisons se limitent à des actions de recyclage. EDF se fournit en priorité chez Urano, exportateur, mais aussi chez Urenco. Source Urano, EDF, CEA, etc. Enfin, la France a des réserves stratégiques, équivalentes à dix ans et a mené une géopolitique en s'alliant aux ressources du Kazakhstan devenu numéro un mondial des ressources d'uranium. La dépendance existe pour les ressources primaires, c'est un danger, mais les risques sont très faibles, compte tenu de la propriété, de son développement, de la diversité des pays, et l'indépendance est totale sur les ressources finales.

Conclusion : l'uranium ne peut pas entrer dans la grande liste des métaux rares : dangers possibles, risques très faibles

Complément : Environnement.

Zones minières désaffectées : 235 sites miniers en France et 7 à l'étranger ont été fermés ; 100% ont été réaménagés ; plus de 63% abritent une implantation industrielle, 4 centrales photovoltaïques ont été

installées et 11 projets sont en étude, 35% sont des zones écologiques ou forestières, dont 20% abritent des zones de loisirs. Source Erano. Les minerais traités sont stockés directement sur les sites de mines ; ils ont été privés de leur contenu radioactif, et ne font que ramener au dessous la radioactivité naturelle ; une couverture de stériles est suffisante pour éviter une dispersion, faire écran aux éventuelles émissions de radon, et être axée pour un retour à la nature.

Réacteurs nucléaires : il est inutile de rappeler que l'électricité nucléaire est la plus décarbonée, qu'elle consomme beaucoup moins de ciment, d'acier, et d'aluminium que les énergies intermittentes, ces trois matériaux étant coupables de 50% des émissions de CO2 de l'industrie à eux seuls ; l'électricité nucléaire consomme beaucoup moins de métaux et de terres rares, elle limite, et de beaucoup, l'artificialisation des sols par rapport aux électricités intermittentes, et elle élimine toutes gênes visuelle, bruits, ondes, dangers pour la faune. Il y a eu deux catastrophes, l'accident américain ne l'étant pas devenu, mais les dégâts humains restent très limités, contrairement à de nombreuses déclarations. Le problème des déchets existe, mais résolu. De plus, le coût complet du nucléaire est le plus faible, les réacteurs nucléaires sont pilotables, diminuant fortement la quantité de centrales au gaz qui seraient nécessaires pour assurer la sécurité d'approvisionnement.

Conclusion : Les réserves du grand public vis-à-vis du nucléaire s'expliquent par une ignorance compréhensible. A cet égard, il faut bien comprendre que ce n'est pas 6 plus 8 réacteurs EPR qu'il faut construire pour 2050, sauf allongement à 80 ans de la durée de fonctionnement des réacteurs actuels ; si elle ne l'est qu'à 50 ou 60 ans, ils seront tous arrêtés en 2050 ; nous aurions une production nucléaire divisée par 3 par rapport au potentiel actuel, soit à peine 15% en 2050, si la demande a doublé, et un peu plus si elle n'a pas doublé, loin des 50% ciblés, et encore moins pour ceux qui voudraient maintenir le taux actuel de 70%. Pour obtenir une production représentant 50% de la production 2050, les besoins ayant doublé, il faudrait de l'ordre de 25 réacteurs EPR2 en plus, et de l'ordre de 15, si ces besoins n'ont augmentés que de 60%.

Bruno Wiltz, président du comité Environnement IESF, 29/01/2023