

Pénurie et fin progressive de l'uranium

Une pénurie mondiale d'uranium se produira dès 2015, la production d'uranium atteindra son maximum en 2025 avant de diminuer, entraînant la diminution de la production d'électricité nucléaire. Aucune autre technologie nucléaire ne sera disponible avant 2040. Le prix de l'uranium a été multiplié par dix en quatre ans et le coût du combustible nucléaire prend une importance croissante dans le coût de l'électricité nucléaire.

L'uranium est une ressource limitée dont le maximum de production mondiale se situe vers 2025 (hypothèse la plus probable).

Des réserves d'uranium limitées et aléatoires

L'Agence pour l'énergie nucléaire publie un état des réserves et ressources d'uranium selon différents niveaux de coût et de certitude. La confusion est cependant fréquente entre réserves (des ressources certaines) et ressources (qui sont supposées ou très éventuelles). Les réserves "prouvées" annoncées par la l'AEN peuvent cependant augmenter ou diminuer de façon considérable selon les années. L'AEN (Agence pour l'Energie Nucléaire) s'appelle aussi NEA (Nuclear Energy Agency).

Réserves et ressources d'uranium en 2006	Coût du kg d'uranium	Milliers de tonnes (kt U)	Cumul en kt U
RAR : Ressources raisonnablement assurées (Réserves)	< 40 \$ / kg U	1 947	1 947
	40 - 80 \$ / kg U	696	2 643
	80 - 130 \$ / kg U	654	3 297
IR : Ressources supposées (Inferred Resources)	< 40 \$ / kg U	799	4 096
	40 - 80 \$ / kg U	362	4 458
	80 - 130 \$ / kg U	285	4 743
A découvrir, pronostiquées (probabilité faible)	< 80 \$ / kg U	1 700	6 443
	80 - 130 \$ / kg U	819	7 262
A découvrir, spéculatives (très aléatoires)	< 130 \$ / kg U	4 557	11 819
	coût inconnu	2 979	14 798

Réserves et ressources d'uranium en 2006 selon l'Agence pour l'Energie Nucléaire

Mais les réserves "prouvées" (les ressources raisonnablement assurées), pour l'ensemble des catégories de coût (3.297 kilo tonnes d'uranium en 2006) sont très aléatoires si l'on en juge par une étude de l'OCDE sur quarante ans du "livre rouge" de l'AEN-NEA.

Ces réserves "prouvées" varient de façon considérable au fil des années, avec des valeurs très significatives par leur aspect aléatoire (réserves totales au coût le plus élevé). En milliers de tonnes d'uranium (kt U), nous avons :

- 1976 : 1 810 kt U
- 1979 : 2 580 kt U - augmentation de 42 % en trois ans
- 1980 : 2 000 kt U - diminution de 22 % en une année
- 1993 : 2 038 kt U
- 1995 : 2 951 kt U - augmentation de 45 % en deux ans
- 2001 : 2 853 kt U
- 2006 : 3 297 kt U - (+ 16 %) sans nouvelles découvertes

Tout cela n'est pas sérieux et ces experts internationaux sont peu crédibles.

Des personnes abusées par des journalistes incompetents peuvent penser que nous avons des réserves d'uranium pour 50 ans et peut-être pour 70 ans puisque la consommation mondiale est de 67 000 tonnes par an. C'est croire avec beaucoup de naïveté à une stabilité de la consommation, à une production d'uranium toujours adaptée à la demande et à la disparition brusque de l'uranium après cette cinquantième année.

La notion de maximum de production d'une énergie fossile commence à être connue du grand public dans le cas du pétrole (peak oil). Cela est valable pour le pétrole, le gaz naturel, le charbon et aussi l'uranium et d'autres minerais. Au niveau d'un gisement, d'une mine ou au niveau mondial, la production d'une ressource atteint un maximum puis se met à diminuer. L'exploitation est alors arrêtée, soit lorsque la faible rentabilité économique se conjugue aux difficultés techniques, soit lorsque l'énergie consommée pour extraire la ressource devient égale à l'énergie produite.

La France possède des réserves de charbon et d'uranium (11.700 tonnes) mais les mines ont été fermées et ces réserves ne seront jamais utilisées.

Entre 1956 et 2002, 75.000 tonnes d'uranium ont été produites en France, avec un maximum de 3.400 tonnes en 1989. En 1985 les réserves annoncées (au coût maximum) étaient de 112.000 tonnes. Seize ans plus tard, 25.000 tonnes ont été produites et les réserves étaient de 11.700 tonnes, avec une disparition de 75.000 tonnes dans la nature. Curieux et instructif sur la fiabilité des réserves annoncées par les différents pays.

Une pénurie d'uranium en 2015

La consommation mondiale d'uranium est de 67.000 tonnes par an, la production est de 42.000 tonnes. La différence de 25.000 tonne provient des stocks civils et militaires qui seront épuisés en 2015.

Dans les années 1980, la production d'uranium a été très supérieure aux besoins civils des centrales électrique. Une grande partie a été utilisée pour des besoins militaires et pour des réserves stratégiques. A la suite de traités internationaux, une grande partie de l'uranium militaire (enrichi à 92%) est diluée dans l'uranium naturel pour obtenir un uranium enrichi à 3,5% mis sur le marché de l'uranium civil.

Depuis 1989, la consommation d'uranium est supérieure à la production. Tandis que la consommation continuait d'augmenter, la production a diminué avant de commencer à augmenter vers l'an 2000. Des stocks d'uranium civil et militaire (estimés à 200.000 tonnes en 2006) permettent de compléter la production pour satisfaire aux besoins des réacteurs nucléaires. Cependant , ces stocks seront épuisés en 2015.

D'un autre côté la production (42.000 tonnes) n'augmente pas assez pour atteindre le niveau de la consommation (67.000 tonnes). L'utilisation de combustible MOX (mélange d'uranium et de plutonium) dans certains réacteurs a une faible influence.

De nombreux gisements importants sont connus, parfois depuis vingt ans, mais la mise en exploitation de nouvelles mines prend beaucoup de retard. Par exemple, la mine de Cigar Lake au Canada, qui devait produire sept millions de tonnes d'uranium chaque année (10% de la production mondiale) n'a pu être mise en exploitation en 2007 à la suite d'inondations et de difficiles problèmes techniques. Dans le meilleur des cas, elle produira seulement en 2010 si les problèmes liés à un terrain gorgé d'eau ne remettent pas en cause les possibilités d'exploitation et après avoir doublé les investissements.

Autre difficulté, la mine de Ranger en Australie (10,2% de la production mondiale) a été inondée en mars 2007 et la production sera réduite de moitié pendant deux ans.

La prospection, chaque année plus intense depuis 2003, ne donne guère de résultats. La mise en exploitation d'une mine d'uranium prend de nombreuses années en études et préparatifs, souvent plus de dix ans. La capacité de production des nouvelles mines sera insuffisante pour augmenter la production de 25.000 tonnes d'ici 2015, sans compter la perte due aux mines en fin de vie et devant fermer au cours des prochaines années.

L'augmentation rapide du prix de l'uranium, dont le prix a été multiplié par dix en quatre ans et continue d'augmenter montre bien l'existence d'un sérieux problème d'adaptation des ressources minières aux besoins des centrales électriques nucléaires. Entre janvier 2003 et avril 2007, le prix du kilogramme d'oxyde d'uranium (U3O8 yellow cake) est passé de 22 dollars à 249 dollars.

Ce niveau de prix aura une incidence importante sur le coût de l'électricité nucléaire avec le renouvellement des contrats en cours. Si le prix de l'uranium comptait pour environ 5% du coût de l'électricité nucléaire avec de l'oxyde d'uranium à 20 ou 22 \$/kg, il comptera pour plus de 35% avec les prochains contrats.

La pénurie et les coûts de l'uranium seront encore plus importants si de nouveaux réacteurs viennent s'ajouter aux 440 réacteurs actuels. Malgré l'arrêt de nombreux réacteurs au cours des dix prochaines années, ceux en construction ou en projet devraient augmenter la capacité totale installée et donc les besoins de combustible nucléaire.

Mais la pénurie d'uranium peut conduire à un arrêt plus rapide des anciens réacteurs et à une suspension des projets en cours.

D'autant plus que les coûts de production de l'électricité par les énergies renouvelables deviennent de plus en plus compétitifs et seront inférieurs aux coûts du nucléaire dès 2040 en plusieurs endroits d'Europe.

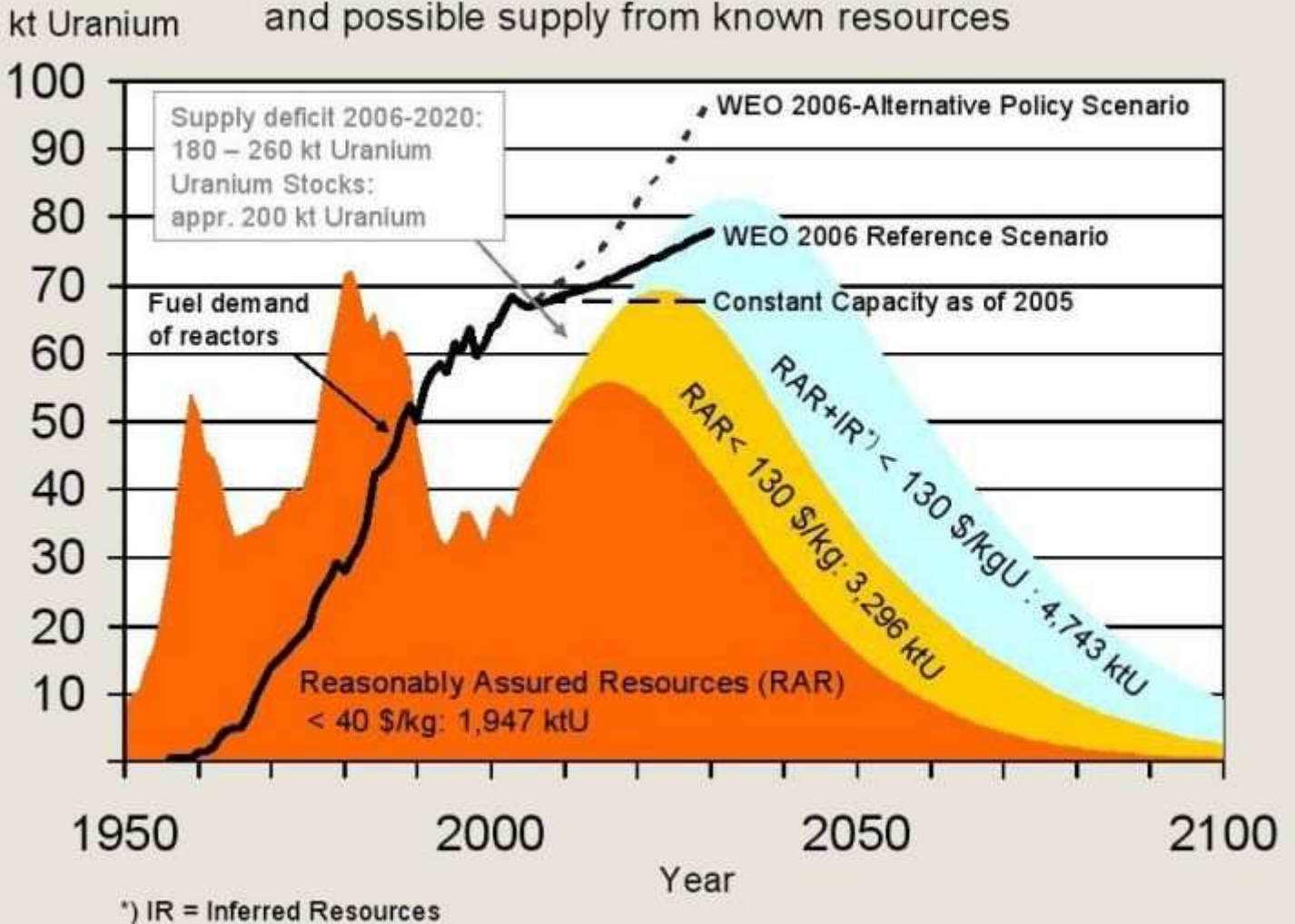
Une production maximale d'uranium vers 2025

Une étude fondée sur les documents de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE ou IEA International Energy Agency) montre les limites de la production d'uranium pour le siècle en cours. La production d'uranium va passer par un maximum :

- en 2015 avec 55.000 tonnes/an pour les réserves prouvées, dont la possibilité d'extraction est à peu près sûre,
- en 2025 avec 68.000 tonnes/an pour les réserves probables, qu'il sera peut-être possible d'extraire,
- en 2035 avec 82.000 tonnes/an pour les réserves possibles, très hypothétiques (5 à 10% de probabilité).

Dans chaque cas, la production serait diminuée de moitié environ 20 ans après la date du maximum.

Uranium demand according to IEA scenarios and possible supply from known resources



Production possible d'uranium (milliers de tonnes par an)

Source : "Uranium Resources and Nuclear Energy" du Energy Watch Group (2006-12)

RAR : Ressources raisonnablement assurées (Reasonably Assured Resources)

IR : Ressources supposées (Inferred Resources)

Un gisement n'est jamais exploité en totalité, par manque de rentabilité économique, même à un prix élevé de l'uranium, ou du fait d'un risque financier trop élevé compte tenu des difficultés rencontrées. Cependant, la principale limitation provient de la nature du gisement et des obstacles techniques à son exploitation, quel qu'en soit le coût. Le manque d'uranium limitera ainsi l'utilisation d'une partie des centrales nucléaires entre 2015 et 2025. Puis la production d'uranium diminuera et avec elle la production d'électricité nucléaire.

Les nouvelles technologies nucléaires arriveront trop tard et ne sont pas souhaitables.

Avec une baisse constante de leur coût, **les énergies renouvelables** (éolien, photovoltaïque ...) progressent rapidement, de 30 à 60% chaque année selon les pays (moyenne sur dix ans) et **sont la seule solution réaliste** avec les économies d'énergie. Les moyens de stockage en grande quantité de l'électricité se développent aussi.

Pas de nucléaire pour l'hydrogène

Une nouvelle mode venue avec la perspective d'un épuisement prochain du pétrole est de vanter les mérites supposés de l'hydrogène pour remplacer les carburants. Mais l'utilisation de l'hydrogène comme énergie pour les transports pose de nombreux problèmes dont celui du stockage, du faible rendement d'ensemble (production, stockage, utilisation) et de sa production.

L'hydrogène est pour l'essentiel produit par reformage (transformation chimique) du gaz naturel, mais celui-ci existe en quantité limitée et cette méthode n'a donc guère d'avenir. En effet, comme pour le pétrole vers 2007 ou 2008 (lire La fin progressive du pétrole), le gaz naturel aura son maximum de production vers 2020 et le charbon vers 2030, au niveau mondial, puis la production diminuera pour des raisons techniques.

Selon le rapport 2005 sur l'uranium de l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique), l'utilisation de l'hydrogène pour remplacer le carburant des véhicules à moteur aux Etats-Unis nécessiterait 136 millions de tonnes d'hydrogène chaque année. La production de cet hydrogène par électrolyse, à raison de 52.000 kWh par tonne d'hydrogène, demanderait 7.100 TWh (tétra Watt heure, milliards de kWh) chaque année pour les transports. Cela entraînerait une consommation supplémentaire de 145.000 tonnes d'uranium par an, alors que la consommation mondiale actuelle est de 67.000 tonnes et celle des Etats-Unis de 17.600 tonnes.

Cela représente neuf fois la production d'électricité nucléaire aux Etats-Unis (787 TWh en 2006 avec une capacité installée de 99 GWe net). La construction de 900 réacteurs de 1.000 MWe serait nécessaire pour satisfaire cette demande d'hydrogène. Avec une autre technologie, non disponible avant 2030, l'AIEA (IAEA) indique 560 réacteurs spécialisés (procédé thermo-chimique à haute température) pour produire l'hydrogène.

Comme on le voit, sans même parler de l'énergie considérable nécessaire au stockage (compression ou liquéfaction) et à la distribution, cette idée de carburant hydrogène est illusoire, au niveau d'un pays comme au niveau mondial.

Sources :

- http://www.lbst.de/publications/studies_e/2006/EWG-paper_1-06_Uranium-Resources-Nuclear-Energy_03DEC2006.pdf
- Uranium 2005 : Ressources, production et demande (Agence pour l'énergie nucléaire)
- Ressources, production et demande de l'uranium : un bilan de quarante ans (AEN)