Ressources et approvisionnement en uranium

par James Cameron et Maurice V. Hansen*

Pendant les prochaines décennies l'approvisionnement en uranium jouera un rôle capital dans l'exécution des programmes mondiaux de production d'énergie nucléaire et pour cette même période, les prévisions concernant la création de centrales nucléaires, qui ont très peu changé ces deux dernières années, laissent entrevoir une augmentation spectaculaire. La demande d'uranium correspondante augmentera proportionnellement et l'industrie de l'uranium se trouve placée devant des problèmes considérables pour découvrir et exploiter des ressources suffisantes permettant de satisfaire à la demande à long terme et de parvenir à brève échéance à une capacité de production suffisante.

Conjointement avec l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, l'AIEA étudie depuis plusieurs années déjà les problèmes de l'offre et de la demande d'uranium et publie, tous les deux ans environ, une série de rapports sur ces questions pour fournir aux gouvernements des Etats Membres et à l'industrie de l'uranium et de l'énergie nucléaire les meilleurs renseignements disponibles en la matière.

Le dernier rapport de cette série, rédigé par le Groupe de travail commun AEN/AIEA et intitulé "Uranium: ressources, production et demande", a été publié par l'AEN (OCDE) en décembre 1975.

Les principales conclusions de ce rapport sont résumées dans les paragraphes suivants:

Au cours des deux dernières années on s'est à nouveau inquiété de savoir si les ressources mondiales en uranium étaient suffisantes pour satisfaire à la demande. L'augmentation du prix des combustibles fossiles a conduit à rechercher de nouvelles formes d'énergie et a confirmé qu'à l'exception du charbon, l'uranium était probablement la seules source d'énergie disponible en quantité suffisante pour répondre, dans l'immédiat, à l'augmentation de la demande énergétique.

Or, s'il semble que les ressources en uranium connues soient suffisantes pour assurer les besoins des programmes de réacteurs nucléaires, prévus pour les dix à quinze années à venir, de graves problèmes d'approvisionnement risquent de surgir à plus longue échéance. Il est donc nécessaire de suivre en permanence l'évolution des prévisions touchant le développement de l'énergie nucléaire et de les rapporter aux ressources connues d'uranium et à la production qu'elles permettront d'assurer. Comme ses prédécesseurs, le présent rapport s'efforce de présenter un tableau global de la situation la plus récente. Rédigé pour la majeure partie par une équipe de travail d'experts des ressources en uranium il met l'accent, comme les rapports précédents, sur les ressources en uranium.

Toutefois, il porte aussi, bienque de façon moins détaillée, sur le reste du cycle du combustible nucléaire et sur la demande future d'uranium.

---

* Membres de la Division de l'énergie d'origine nucléaire et des réacteurs.

La mine d'uranium d'Oklo au Gabon. Photo: CEA

TABLEAU 1
ESTIMATIONS DES RESSOURCES MONDIALES EN URANIUM
Données disponibles au 1er janvier 1975

Tranche de coûts	Ressources raisonnablement assurées (en milliers de tonnes d'U)		Ressources supplémentaires estimées (en milliers de tonnes d'U)	
	inférieure à 15 dollars la livre d'U_3O_8 (réserves)	de 15 à 30 dollars la livre d'U_3O_8	inférieure à 15 dollars la livre d'U_3O_8	de 15 à 30 dollars la livre d'U_3O_8
Afrique du Sud	186	90	6	68
Algérie	28	–	–	–
Allemagne (Rép.féd.d')	0,5	0,5	1	3
Argentine	9,3	11,3	15	24
Australie	243	–[a]	80	–[a]
Brésil	9,7	(0,7)	8,8	–
Canada[b]	144	22[c]	324	95[c]
Corée	–	2,4	–	–
Danemark (Groënland)	–	6	–	10
Espagne[e]	10	93,5	8,8	98
Etats-Unis[d]	320	134	500	312
Finlande	–	1,9	–	–
France	37	18	25	15
Gabon	(20)	(–)	(5)	(5)
Inde	3,4	25,8	0,8	22,5
Italie	–	1,2	–	1
Japon	1,1	6,6	–	–
Mexique	5	1	–	–
Niger	40	10	20	10
Portugal	6,9	–	–	–
République Centrafricaine	(8)	(–)	8	–
Royaume-Uni	–	1,8	–	4
Suède	–	300	–	–
Turquie	2,6	0,5	0,4	–
Yougoslavie	4,2	2,3	–	15,2
Zaïre	(1,8)	(–)	(1,7)	(–)
Total (arrondi)	1080	730	1000	680

( ) Chiffres repris du Rapport sur l'uranium de 1973, aucune nouvelle donnée n'étant disponible.

a) Aucune estimation de ressources n'a été faite dans cette tranche. Jusqu'à présent la prospection s'est orientée vers les ressources à forte teneur.

b) Catégories établies en fonction du prix.

c) Dans cette tranche de prix, les estimations n'ont qu'un caractère provisoire et se limitent aux gisements principaux; elles sont dont très prudentes.

d) Non compris 54 000 tonnes d'U comme sous-produit du phosphate et 15 000 tonnes d'U comme sous-produit du cuivre qui pourraient être extraites pendant la période allant jusqu'à l'an 2000.

e) Y compris environ 80 800 tonnes de ressources en uranium raisonnablement assurées et 63 800 tonnes de ressources en uranium supplémentaires estimées, sous forme de lignites, entrant dans la tranche de coûts de 15 à 30 dollars la livre d'U_3O_8 et dont on n'est pas certain de pouvoir disposer.

RESSOURCES EN URANIUM: SITUATION ACTUELLE

La situation concernant les ressources mondiales d'uranium au 1er janvier 1975 est exposée au **tableau 1.** Si on le compare aux rapports précédents, on constate que le changement le plus important a trait aux catégories des coûts de production. Le choix des nouvelles tranches de coûts tient compte de trois facteurs: effet de l'inflation, augmentation générale des prix de l'énergie en valeur absolue et effet conjugué de la compétitivité accrue de l'énergie nucléaire et de sa sensibilité moindre à l'augmentation du coût des combustibles. Les nouvelles tranches de coûts ont été choisies afin d'établir une base de comparaison valable pour une période assez longue.

Le groupe de travail a décidé de substituer à la notion de "tranches de prix" celle de "tranches de coûts" afin de maintenir une certaine stabilité dans les catégories de ressources employées et de ne plus être tributaire de fluctuations importantes des prix qui risqueraient de se produire à l'avenir.

La nouvelle catégorie de ressources à bon marché qui coûtent jusqu'à 15 dollars la livre correspond pour l'essentiel à l'ancienne tranche de prix inférieure à 10 dollars le livre, c'est-à-dire aux **réserves d'uranium** au sens minier du terme. Ainsi, en procédant avec prudence, il est donc encore possible de faire des comparaisons entre les nouveaux chiffres et les données correspondantes qui figurent dans le rapport précédent. Les nouvelles réserves s'élèvent à quelque 1 080 000 tonnes d'uranium, contre 865 000 tonnes en 1973, soit une augmentation nette de 215 000 tonnes d'uranium. Les changements les plus importants en ce domaine ont eu lieu en Australie, aux Etats-Unis et en Algérie.

RESERVES D'URANIUM DISPONIBLES

Pour évaluer les réserves d'uranium, il importe de déterminer si toutes les ressources peuvent être mises sur le marché à un rythme correspondant à l'augmentation de la demande. Or, pour plusieurs raisons, tel n'est pas nécessairement le cas. La nature physique d'un gisement de minerai peut être un facteur limitatif. C'est ainsi que le minerai des gisements très importants d'Elliot Lake, auxquels il n'est guère facile d'accéder, ne pourra être extrait qu'à un certain rythme, en sorte que le XXIème siècle sera bien entamé quand il arrivera à épuisement. Dans d'autres cas, l'uranium n'est qu'un sous-produit (par exemple de l'extraction de l'or en Afrique du Sud) et son rythme de production est alors lié à celui du produit principal.

Au demeurant, toutes les mines se caractérisent par un rythme de production qui est fonction de la rentabilité et dépend de l'importance et de la nature du gisement. Outre ces servitudes d'ordre physique, le souci d'assurer l'autonomie énergétique du pays et la politique d'exportation nationale en général peut influer sur les quantités d'uranium disponibles en dehors du pays dont le minerai est originaire. La nouvelle politique canadienne en matière d'exportation d'uranium vise à maintenir des réserves et une capacité de production suffisantes pour la consommation intérieure. On peut également citer l'exemple du Gouvernement australien qui procède actuellement à une révision de sa politique d'exploitation des ressources en uranium qui déterminera le rythme de la production future.

Toutes ces considérations, qui s'ajoutent à la situation du marché, doivent être prises en ligne de compte si l'on veut estimer les quantités d'uranium disponibles par rapport à l'ensemble de la demande mondiale.

TENDANCES DES PRIX OBSERVEES RECEMMENT SUR LE MARCHE DE L'URANIUM

Pendant les premiers temps de la prospection de l'uranium, le rythme des recherches s'est trouvé stimulé par des prix particulièrement favorables. De fait, pendant les années 50,

où l'exploitation des réserves mondiales d'uranium était encore embryonnaire, les prix étaient de l'ordre de 10 à 11 dollars la livre d'U_3O_8. La demande d'uranium industriel ne s'est intensifiée que vers le milieu des années 60 et les prix se sont alors trouvés ramenés dans la tranche de 6 à 8 dollars la livre d'U_3O_8. Bien que la demande d'uranium industriel se soit précisée vers la fin des années 60, les consommateurs ont en général été lents à reconnaître la nécessité de passer les contrats pour satisfaire leurs besoins à long terme. De plus, au début des années 70, de nombreux producteurs avaient atteint une capacité de production excédentaire, et accumulé des stocks importants d'uranium invendu, en sorte que les prix sont tombés à moins de 5 dollars la livre d'U_3O_8 en 1972, ce qui n'a pas encouragé l'industrie minière à mettre en œuvre les énormes programmes de prospection qu'il aurait fallu entreprendre pour répondre à la demande des années 80. Ce n'est qu'à l'occasion de la crise du pétrole survenue au cours de l'hiver 1973–74 que beaucoup de consommateurs ont pris des dispositions pour s'assurer des réserves d'uranium à long terme. Les prix se sont rapidement fixés dans une tranche de 12 à 13 dollars la livre d'U_3O_8 et sont ensuite progressivement montés à près de 20 dollars la livre au milieu de 1975 à mesure que les stocks et les capacités excédentaires se trouvaient entièrement engagés. Cette tendance s'est poursuivie et les prix ont maintenant dépassé ce niveau. Il faut espérer que l'augmentation actuelle stimulera les grands travaux de prospection qui s'imposent mais un très grand danger d'instabilité subsiste si les prix montent trop et trop vite.

PRODUCTION ET STOCKS D'URANIUM

La production mondiale d'uranium est restée stable pendant les deux dernières années; elle a été de 20 000 tonnes en 1973 et de 19 000 tonnes en 1974. Les estimations pour 1975 font apparaître une augmentation d'environ 3 000 tonnes, dûe essentiellement à une augmentation de la production au Canada et aux Etats-Unis.

On prévoit que la capacité mondiale de production d'uranium sera d'environ 30 000 tonnes en 1975 et qu'elle passera à près de 44 000 tonnes en 1978. La capacité de production mondiale annuelle pourrait passer à plus de 60 000 tonnes en 1980 et, compte tenu des réserves actuellement connues, on estime qu'elle pourrait atteindre près de 100 000 tonnes en 1985. Ce niveau pourrait peut-être se maintenir pendant quelques années, après quoi il diminuerait du fait de l'épuisement de certains gisements et de la nécessité d'extraire du minerai à plus faible teneur. Pour maintenir ou accroître cette capacité au-delà des années 80, il faudrait découvrir d'autres réserves importantes.

TRAVAUX DE PROSPECTION

Les forces du marché, c'est-à-dire la nette augmentation des prix de l'uranium au cours des deux dernières années, ont suscité un nouvel effort dans la prospection de l'uranium. Malheureusement il est à craindre que ces forces, à elles seules, ne suffisent pas à susciter l'action requise à l'échelle mondiale. Un regard au tableau 1 montre que plus de 80% des ressources à bon marché se trouvent concentrées dans quatre pays qui ont déjà entrepris de grands travaux de prospection (Etats-Unis d'Amérique, Afrique du Sud, Canada et Australie). On peut en conclure qu'un effort comparable dans d'autres régions géologiquement propices devrait donner des résultats analogues. Cependant, étant donné l'importance des moyens financiers à mettre en œuvre et vu l'expérience et les compétences techniques requises pour répérer et exploiter de nouveaux gisements, une étroite collaboration s'impose entre les pays industrialisés et les pays en voie de développement où se trouve la plus grande partie des zones inexplorées. Une intensification de la coopération internationale dans le domaine de la prospection pourrait avoir à long terme un effet très stimulant sur les découvertes d'uranium.

RESSOURCES EN URANIUM: SITUATION A LONG TERME

Les renseignements disponibles ont permis de définir les réserves et ressources en uranium actuellement connues selon deux catégories: "Ressources raisonnablement assurées" et "Ressources supplémentaires estimées" et de diviser à leur tour ces deux catégories en deux tranches de coûts, à savoir moins de 15 dollars la livre d'U_3O_8 et entre 15 et 30 dollars la livre d'U_3O_8.

Toutefois d'une manière générale seules les ressources raisonnablement assurées peuvent entrer en ligne de compte dans la planification et les prévisions précises à court et à moyen terme encore que la disponibilité d'une bonne partie de ces ressources soit limitée.
A supposer que les ressources supplémentaires actuellement estimées puissent être confirmées et exploitées, le total des deux catégories serait encore insuffisants pour répondre à long terme aux besoins en uranium qui ont été estimés à 4 millions de tonnes pour l'an 2000 et pourraient atteindre 10 millions de tonnes en 2025.

Quelques observations s'imposent donc en ce qui concerne le potential mondial d'uranium et les problèmes que posera la découverte de quantités suffisantes de ce minerai pour faire face aux besoins futurs.

Les trois principaux facteurs limitatifs sont d'ordre:

1) Physique: c'est-à-dire l'existence de gisements.
2) Economique: c'est-à-dire la possibilité de trouver des fonds suffisants pour la prospection, la mise en valeur et les investissements en biens d'équipement (y compris les fonds pour la recherche et la mise au point de méthodes et de techniques nouvelles).
3) Politique: c'est-à-dire l'existence de zones de recherche et de moyens de production et d'exportation.

On peut envisager le potentiel futur en fonction de deux catégories: une catégorie inférieure à 30 dollars la livre d'U_3O_8 et un uranium à plus faible teneur d'un coût supérieur à 30 dollars la livre d'U_3O_8. En ce qui concerne les ressources potentielles en uranium entrant dans la tranche des coûts inférieure à 30 dollars la livre d'U_3O_8, les gouvernements des pays avancés comme des pays en voie de développement devraient, lorsqu'ils définissent leur politique future en matière d'uranium, tenir particulièrement compte des facteurs suivants:

1) Les réserves actuelles d'uranium ne sont que d'un million de tonnes environ.
2) Les besoins en uranium seront de 4 millions de tonnes en l'an 2000 et de l'ordre de 10 millions de tonnes en 2025.
3) Il se peut que l'importance industrielle de l'uranium soit limitée aux 40 ou 60 années à venir et qu'ensuite les besoins en uranium diminuent nettement.
4) Le délai qui s'écoule entre la prospection initiale d'une nouvelle région (en particulier dans un pays en voie de développement) et le début de la production peut aller jusqu'à 15 ans.
5) Il est probable que les moyens de financement nécessaires à de grands programmes de prospection et d'exploitation ne puissent être assurés que par des entreprises commerciales ou des organismes nationaux des pays avancés ou par l'intermédiaire des fonds internationaux de développement.
6) La structure des prix et la rentabilité pendant les prochaines décennies seront probablement attrayants.

Quant aux minerais d'uranium à faible teneur d'un coût supérieur à 30 dollars par livre d'U_3O_8, on estime que pendant le reste de ce siècle, des ressources en uranium de type

classique et d'un coût de l'ordre de 30 dollars la livre ou moins seront peut-être découvertes en quantités suffisantes pour répondre aux besoins prévus, mais rien n'est moins certain. De plus, en raison de l'augmentation des prix du pétrole, l'uranium entrant dans une tranche de prix beaucoup plus élevés pourrait devenir concurrentiel pour la production d'énergie nucléaire et il serait donc prudent d'examiner de plus près les ressources en uranium coûteuses. Jusqu'à présent, on a fait relativement peu pour évaluer ces ressources.

Par le passé, la prospection s'est généralement orientée vers des gisements d'une teneur moyenne supérieure à 0,1% d'U_3O_8 mais, à l'autre extrême, on connaît assez bien les caractéristiques et les problèmes relatifs à l'extraction à partir de minerais très coûteux tels que les schistes, les granits, les phosphates, etc. Néanmoins, il existe, dans les connaissances sur l'uranium, un écart considérable entre ces deux extrêmes et une grande partie des travaux de prospection futurs devront être orientés vers les gisements d'uranium d'une teneur située entre 0,1 et 0,01% d'U_3O_8.

Pour pouvoir sélectionner parmi les minerais d'une teneur supérieure à 100 ppm les plus intéressants du point de vue économique et pour en produire de l'uranium, il faudra financer un grand programme de recherche et de développement en matière de prospection de techniques d'extraction et de traitement et, grâce à une amélioration des techniques et à une augmentation des prix, un minerai coûteux de ce type pourrait apporter une contribution appréciable à moyen et à long terme.

Il est peu probable que le minerai à très faible teneur, c'est-à-dire inférieur à 100 ppm d'U_3O_8, permette de satisfaire une partie appréciable des besoins actuellement envisagés. Cela est dû essentiellement aux problèmes écologiques qu'entraînerait l'exploitation de ce minerai et aussi au fait que le délai nécessaire à la mise au point des techniques nécessaires à cette exploitation est si important que les besoins en uranium auront peut-être diminué avant qu'on puisse produire ainsi des tonnages importants.

Opinions

FAIBLES RISQUES D'ACCIDENTS DE PERSONNES DUS A L'ENERGIE NUCLEAIRE

Dans une étude sur la sûreté des réacteurs et plus particulièrement sur l'évaluation des risques d'accidents dans les centrales nucléaires américaines faite en octobre 1975, la Nuclear Regulatory Commission des Etats-Unis a comparé, selon le type d'accident, les nombres de victimes, tués et blessés, auxquels on peut s'attendre parmi les 15 millions de personnes qui habitent dans un rayon de 40 km autour des sites de réacteurs existants et prévus aux Etats-Unis.

Nombre des victimes, selon le type d'accident

	Tués	Blessés
Automobile	4 200	375 000
Chutes	1 500	75 000
Incendies	560	22 000
Electrocution	90	0
Foudre	8	0
Réacteurs (100 usines)	2	20