NOTE DE SYNTHÈSE

Lorsque le premier Livre rouge fut publié en 1965, il y avait dans le monde 29 réacteurs en exploitation cumulant une puissance installée de 4 500 MWe. En 2003, ce chiffre était passé à 435 réacteurs pour une puissance installée totale de 359 400 MWe. De 1965 à 2004, 20 éditions du Livre rouge ont été publiées, qui sont autant de témoins du développement de l'électronucléaire et de sources d'informations officielles exhaustives sur les ressources, la prospection et la production d'uranium pour le public. Le Livre rouge de 1965 présentait des informations sur les ressources en uranium de 16 pays détenant au total 993 000 t d'U de ressources raisonnablement assurées (RRA). En 2003, 43 pays ont déclaré détenir 3 169 000 t d'U de RRA. Si l'historique du Livre rouge suit le développement de l'énergie nucléaire, elle a été également marquée par les événements mondiaux. Le principal fut la guerre froide au cours de laquelle le marché de l'uranium était fortement dépendant des besoins en uranium militaire. Vient ensuite la crise du pétrole de 1973 qui a révélé au public le potentiel de l'énergie nucléaire. Ensuite, les accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl ont donné un coup de frein à la croissance de l'électronucléaire, et la fin de la guerre froide en 1989 a mis sur le marché mondial d'importantes sources secondaires d'uranium et ouvert l'accès aux informations sur les industries de l'uranium des pays d'Europe centrale et orientale à compter de 1991 et des pays de l'ex-Union soviétique à partir de 1993.

Cette rétrospective sur le Livre rouge a été entreprise pour recueillir, compiler, analyser et publier toutes les informations réunies en 40 ans d'existence du Livre rouge. Il s'agissait donc non seulement de réunir l'information contenue dans les Livres rouges publiés de 1965 à 2004, mais également de combler les lacunes de façon à parvenir à une description aussi complète que possible de l'évolution de l'offre et de la demande au cours de l'histoire. Avec ces informations supplémentaires, ce rapport devrait représenter la somme la plus complète sur l'industrie de l'uranium qui ait été publiée depuis la naissance de l'énergie nucléaire civile jusqu'à l'aube du 21ème siècle. Les pages qui suivent seront consacrées aux principaux enseignements de cette rétrospective qui seront analysés plus en détail dans les 12 chapitres de la publication. Les annexes contiennent des données brutes à l'usage de toute personne qui souhaiterait approfondir ce travail.

Puissance nucléaire installée et besoins en uranium des centrales nucléaires (demande)

Le premier réacteur nucléaire civil mis en service en 1957 avait une puissance de 50 MWe. Au début de l'année 2003, 31 pays exploitaient 435 réacteurs représentant une puissance installée d'environ 359 400 MWe. Le tableau ES.1 contient la liste des pays possédant la puissance nucléaire installée la plus importante en 2003.

De 1956 à 2003, on estime que les 33 pays qui exploitaient des réacteurs nucléaires civils ont consommé 1 513 327 t d'U. Le tableau ES.2 liste les cinq principaux consommateurs d'uranium.

Prix de marché

Le prix de l'uranium a atteint son record historique dans les années 70 sous l'effet de la demande d'uranium pour les besoins militaires et du développement de l'électronucléaire civil. Après une première chute en pente raide, il a amorcé un lent tassement au cours des vingt années qui s'explique par le développement du nucléaire plus lent que prévu, par les accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl et par une offre supérieure à la capacité qui a entraîné l'accumulation de stocks importants. Ce prix est tombé à son niveau le plus bas en 2000 (et n'a cessé de remonter jusqu'en 2005 à mesure que le marché prenait conscience de la réalité d'une pénurie potentielle de l'offre à court ou à moyen terme).

Les fluctuations des prix de l'uranium sur le marché ont eu, au fil du temps, des effets sur divers aspects de l'industrie de l'uranium, et notamment sur les dépenses de prospection et les objectifs de cette prospection (par exemple, recherche de gisements à teneur plus élevée dans les années 80 et 90 lorsque le prix de marché était bas), sur les estimations des ressources en uranium et la capacité de production ainsi que sur la priorité accordée aux méthodes de production (par exemple, la mise au point des techniques de lixiviation in situ et d'exploitation à distance dans le cas des gisements à très haute teneur). Bien que les prix sur le marché reflètent généralement aujourd'hui l'équilibre perçu entre l'offre et la demande, la demande militaire d'uranium antérieure en a faussé le comportement. Depuis la fin de la guerre froide, cependant, on voit progressivement l'uranium se comporter comme un produit normal et son prix réagir en fonction de la perception de l'équilibre entre l'offre et la demande.

Prospection

Quatre-vingt-un pays ont indiqué combien ils avaient dépensé pour la prospection de l'uranium entre 1945 et 2003, et le total avoisine 13 400 000 USD. C'est au début des années 40 qu'a commencé l'histoire moderne de la prospection de l'uranium, avec l'apparition des besoins militaires principalement. La prospection de l'uranium pour les réacteurs de puissance civils a pris son essor dans les années 50. On peut voir sur le tableau ES.3 la liste de pays ayant dépensé le plus pour prospecter au cours de cette période.

L'évolution des dépenses de prospection dans le monde a suivi de près celle des prix sur le marché, et d'ailleurs les dépenses ont culminé un an seulement après le record atteint par le prix de marché en 1978. Comme on pouvait s'y attendre, cette évolution parallèle des prix du le marché et des dépenses de prospection était très marquée dans les économies de marché, presque inexistante dans les économies à planification centralisée.

On a utilisé les données sur la prospection fournies par 13 pays pour mesurer l'efficacité de cette activité. Le coût de la découverte de ressources en uranium est estimé à environ 1,82 USD/kg d'U d'après ces données historiques.

Tableau ES.1. Puissance nucléaire installée dans le monde (au 1er janvier 2004)

Pays	Puissance installée (MWe nets)	Nombre de réacteurs en service
États-Unis	98 357	104
France	63 180	58
Japon	43 197	52
Allemagne	21 283	19
Russie, Fédération de	20 793	30
Autres pays (total)	112 623	172
Total monde	359 433	435

Tableau ES.2. Besoins en uranium de quelques pays sélectionnés (1956-2003)

Pays	Besoins des réacteurs	Pourcentage du total mondial
États-Unis	364 180	24,1
France	173 837	11,5
Japon	163 520	10,8
Russie, Fédération de	94 925	6,3
Allemagne	73 842	4,9
Autres pays (total)	643 023	42,4
Total monde	1 513 327	100,0

Ressources

Les ressources en uranium sont classées dans des catégories en fonction de leur fiabilité et de leurs coûts de production. Le mode de comptabilisation des ressources a évolué au gré des changements sur le marché et de la complexité des calculs des ressources. Dans le Livre rouge de 1965, les ressources étaient données pour 16 pays représentant au total 3,21 millions t d'U. En 2003, 56 pays ont communiqué des données sur les ressources totales appartenant à toutes les catégories de fiabilité et de coût qui représentaient 14,38 millions t d'U. Plusieurs facteurs ont contribué à cette augmentation des ressources dont :

- la découverte de ressources supplémentaires lors de campagnes de prospection ;
- la multiplication des pays participant à cette comptabilité et notamment la participation de pays appartenant à l'ex-Union soviétique ;
- le fait que plusieurs pays, dont la Chine, l'Inde et l'Iran aient commencé à communiquer leurs données sur les ressources en utilisant les critères de classification du Livre rouge ;
- le fait que de nouvelles catégories de ressources aient été ajoutées au fil du temps ainsi que les modifications intervenues dans les tranches de coûts de production.

On trouvera sur le tableau ES.4 la liste des pays qui détiennent les ressources en uranium les plus importantes.

Les prix sur le marché se répercutent indirectement sur les ressources car ils déterminent les dépenses de prospection ainsi que les teneurs de coupure dans les économies de marché, de même que d'autres paramètres utilisés dans les calculs des ressources. Toutefois, du fait du décalage entre le moment où ont lieu les campagnes de prospection et la communication des quantités de ressources existantes, cette relations n'est pas facilement perceptible.

Tableau ES.3. Dépenses de prospection par pays (1945-2003)[1]

Pays	Millions d'USD	Pourcentage du total mondial
URSS[1]	3 692	27,6
États-Unis	2 507	18,7
Allemagne[2]	2 003	14,9
Canada	1 289	9,6
France	907	6,8
Autres pays (total)	3 002	22,4
Total monde	13 400	100,0

1. N'inclut pas les dépenses de prospection du Kazakhstan, de la Fédération de Russie, de l'Ouzbékistan et de l'Ukraine depuis 1991.
2. Inclut la République démocratique allemande (RDA).

Tableau ES.4. Pays possédant les plus grandes quantités de ressources classiques connues récupérables à un coût inférieur à 130 USD/kg d'U[1]

Pays	t d'U	Pourcentage du total mondial
Australie	1 058 000	23,1
Kazakhstan	847 620	18,5
Canada	438 544	9,6
Afrique du Sud	395 670	8,6
États-Unis[2]	345 000	7,5
Autres pays (total)	1 503 166	32,7
Total monde	4 588 000	100,0

1. Se compose des ressources raisonnablement assurées (RRA) et des ressources supplémentaires estimées (RSE-I) récupérables à un coût inférieur à 130 USD/Kg d'U.
2. Les États-Unis ne communiquent pas de données sur les ressources appartenant à la catégorie des RSE-I.

L'épuisement des ressources dû à la production ne risque pas encore de provoquer une insuffisance de l'offre. Bien que la production cumulée en 2003 ait dépassé 2,2 millions de t d'U, les quantités globales de ressources sont restées constantes dans le temps, quand elles n'ont pas augmenté, car les nouveaux apports ont suivi le rythme de la production. Le ratio des ressources classiques connues aux besoins des centrales nucléaires était en 2003 de 52 contre une moyenne de 47 depuis 1985.

Production

En 1945, la production avait été estimée à 507 t d'U. En 1965, lorsque le premier Livre rouge a été publié, elle totalisait 31 564 t d'U. Elle a culminé en 1981 avec 69 692 t d'U dans 22 pays. En 2003, 19 pays ont indiqué une production totale de 35 492 t d'U. Le montant cumulé de la production d'uranium dans le monde entier entre 1945 et 2003 représente 2 204 700 t d'U sachant que, depuis 1945, c'est la production de 35 pays différents qui a été communiquée ou estimée. En termes de production cumulée d'uranium entre 1945 et 2003, les pays se classent dans l'ordre représenté sur le tableau ES.5.

La production primaire a dépassé les besoins en uranium des centrales nucléaires jusqu'en 1991, date à laquelle la relations s'est inversée. Depuis 1991, le déficit entre la production primaire et les besoins en uranium a été comblé grâce aux ressources secondaires (par exemple : quantités d'uranium enrichi à des fins militaires déclarées dépasser les besoins de la défense nationale par les États-Unis et la Fédération de Russie ; uranium et plutonium de retraitement) sachant que, en 2003, les besoins en uranium ont été satisfaits pour ainsi dire à parts égales par les sources primaires et les sources secondaires.

Au cours de l'histoire, la production d'uranium a représenté en moyenne 76 % de la capacité de production, ce ratio ayant varié de 57 à 88 %. Le décalage permanent entre la production et la capacité de production s'explique en grande partie par le fait que l'industrie de l'uranium a dû produire moins pour rester au niveau de la demande primaire. Le développement plus lent que prévu de l'électronucléaire et la concurrence avec les sources secondaires d'uranium ont contribué à réduire de manière substantielle la demande d'uranium primaire.

Avec les années, le temps nécessaire pour mettre en production un gisement après sa découverte n'a cessé d'augmenter et, d'une période de quelques années au début des années 50, est passé à 20 à 30 ans à la fin du 20ème siècle.

Stocks d'uranium naturel et enrichi

De 1945 à 2003, la production mondiale cumulée est estimée avoir dépassé les besoins d'environ 690 000 t d'U. Cette somme peut être considérée comme une estimation de la quantité d'uranium déjà extrait dont une partie pourrait être commercialisée à l'avenir. Elle représente plus probablement la borne

Tableau ES.5. Principaux pays producteurs d'uranium en termes de production cumulée (1945-2003)

Pays	t d'U	Pourcentage du total mondial
URSS[1]	377 613	17,1
Canada	374 548	17,0
États-Unis	356 485	16,2
Allemagne[2]	219 239	9,9
Afrique du Sud	157 618	7,1
Autres pays (total)	719 229	32,7
Total monde	2 204 732	100,0

1. Production jusqu'en 1991 seulement.
2. Inclut la production de la RDA (1946-1989) et la production de la République fédérale d'Allemagne (RFA) (1961-2003).

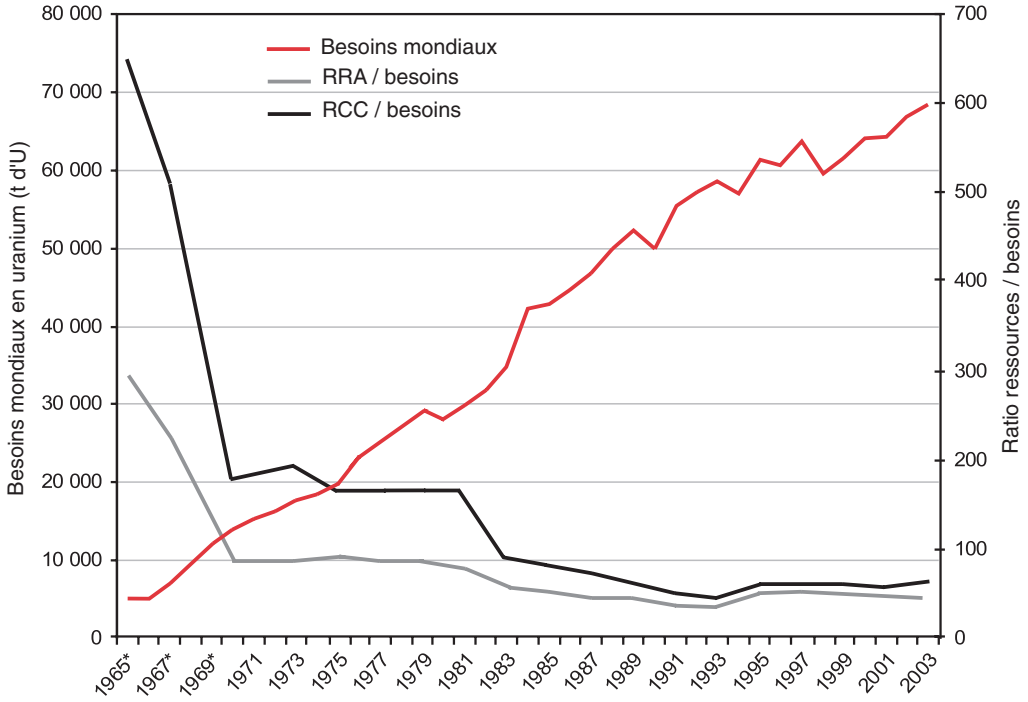
supérieure des volumes totaux d'uranium déjà extraits et non un inventaire exact des excédents d'uranium qui pourraient être employés pour des usages civils. Quoi qu'il en soit, les stocks d'uranium naturel et enrichi constituent une ressource importante qui devrait à l'avenir continuer de venir compléter les ressources primaires.

Comme l'indique le rapport entre les stocks et les besoins, passé de 5,7 en 1983 à 1,5 en 2001, les stocks d'uranium naturel et enrichi ont diminué avec le temps. Depuis 1999, ce rapport se maintient autour de 1,5 laissant penser que les stocks des entreprises d'électricité atteignent désormais leurs niveaux stratégiques, et que la disponibilité d'uranium sur le marché est bien moindre.

Enseignements importants

Malgré la profusion d'enseignements que l'on peut tirer des données factuelles présentées dans le texte et les tableaux de ce rapport, il convient de s'arrêter sur quelques messages essentiels à un moment où le monde envisage de développer l'énergie nucléaire à un rythme inégalé depuis les années 70. Tout d'abord, la prospection de l'uranium a permis de découvrir des gisements qui sont ensuite devenus des ressources récupérables. Les dépenses de prospection, atones depuis vingt ans, sont reparties à la hausse à la fin de l'année 2000. Depuis 2001, ces dépenses suivent en effet le prix de l'uranium qui remonte après avoir sombré à son niveau le plus bas. Cette nouvelle vague de prospection devrait conduire à la découverte de nouveaux gisements d'uranium et ainsi enrichir la base de ressources. Malgré des dépenses de prospection faibles et le fait que la production cumulée ait dépassé 2 200 000 t d'U depuis 1945, les ressources en uranium indiquées par les pays sont en progression constante depuis 1985 environ. L'analyse des besoins annuels des centrales nucléaires en fonction des ressources communiquées donne un ratio ressources/besoins situé en moyenne aux alentours de 45 au cours des vingt dernières années, malgré des besoins en hausse continue (figure ES.1). Dans l'ensemble, les enseignements tirés du passé laissent penser que les ressources en uranium suffiront à satisfaire la demande prévue même si les besoins augmentent dans de fortes proportions.

Figure ES.1. Ratio des ressources aux besoins en uranium



RÉFÉRENCES

CHAPITRE 1

[1-1] R.M. Willliams (1993), Joint NEA/IAEA Uranium Activities – Background to the NEA Uranium Group, paper prepared for NEA Uranium Group Meeting, 22-23 juin 1993.

CHAPITRE 7

[7-1] Euratom Supply Agency (2005), *Annual Report 2004*, CEC, Luxembourg.
[7-2] OECD Nuclear Energy Agency (2001), *Management of Depleted Uranium*, Paris, France.

CHAPITRE 8

[8-1] OECD Nuclear Energy Agency (2001), *Management of Depleted Uranium*, Paris, France.

CHAPITRE 10

[10-1] International Atomic Energy Agency (2006), *Fissile Material Management Strategies for Sustainable Nuclear Energy*, Proceedings of a Technical Meeting held in Vienna, 12-15 September 2005, Proceedings Series, IAEA, Vienna.
[10-2] F.H. Barthel et F.J. Dahlkamp (1991), « Thorium », Supplement Vol. A1b, *Gemelin Handbook of Inorganic and Organometallic Chemistry*, Springer, Heidelberg, pp. 345-432.
[10-3] F.H. Barthel et F.J. Dahlkamp (1991), « Thorium Deposits and their Availability », IAEA-TECDOC-650, IAEA, Vienna, pp. 104-115.
[10-4] V.M. Kotova et J.I. Skorovarov (1997), « Thorium Deposits in the Commonwealth of Independent States and their Prospective Characteristics », IAEA-TECDOC-961, IAEA, Vienna, pp. 213-220.
[10-5] World Nuclear Association (2003), Thorium, novembre.
[10-6] T. Chung (1996), « The Role of Thorium in Nuclear Energy », *Uranium Industry Annual*, Energy Information Administration, Washington, pp. ix-xvii.
[10-7] World Nuclear Association (2005), Advanced Nuclear Power Reactors, avril.
[10-8] US Geological Survey (2005), Thorium, Mineral Commodity Summaries, 172-173.
[10-9] US Geological Survey (2003), Thorium, Minerals Yearbook, 76.1-76.3.
[10-10] US Geological Survey (2005), Rare Earth, Mineral Commodity Summaries, 132-133.
[10-11] US Geological Survey (2003), Rare Earth, Minerals Yearbook, 60.1-60.9.

CHAPITRE 12

[12-1] International Atomic Energy Agency (1982), *Management of Wastes from Uranium Mining and Milling*, Proceedings of a Symposium, Albuquerque, 10-14 mai 1982, jointly organised by IAEA and OECD/NEA, Vienna, Austria.
[12-2] OECD Nuclear Energy Agency (1999), *Aspects environnementaux de la production d'uranium*, Joint NEA/IAEA Report, Paris, France.
[12-3] OECD Nuclear Energy Agency (2002), *Réaménagement de l'environnement des sites de production d'uranium*, Joint NEA/IAEA Report, Paris, France.

Informations complémentaires

Pour obtenir des informations plus détaillées sur un certain nombre de pays, vous pouvez consulter les publicaations citées ci-après.

Allemagne

- F. Barthel (1977), Uran-Prospektion in der Bundesrepublik Deutschland, Naturwissenschaften 64, pp. 499-506, Springer, Heidelberg (en allemand).
- F. Barthel et L. Lahner (1984), Verlauf und Ergebnisse des Explorationsförderprogramms der Bundesregierung, GEOL. JB. A75, pp. 447-463, Hannover (en allemand).
- F. Barthel, K. Busch *et al.* (1991), Zwanzig Jahre Explorationsförderung für mineralische Rohstoffe durch das Bundesministerium für Wirtschaft, GEOL. JB A127, pp. 271-288, Hannover (en allemand).
- M. Hagen, R. Scheid et W. Runge (1999), Chronik der Wismut, WISMUT GmbH, Chemnitz (en allemand).
- F. Müller *et al.* (1990), Seilfahrt : Auf den Spuren des sächsischen Uranbergbaus, BODE Verlag Haltern (en allemand).
- H. Richter et P. Mühlstedt (1991), Uranium Mining in Thuringia and Saxony, SDAG WISMUT, Chemnitz.

Australie

- A.D. McKay et Y. Miezitis (2001), *Australia's Uranium Resources, Geology and Development of Deposits*, Commonwealth of Australia 2001, disponible sur : www.ga.gov.au/pdf/RR0030.pdf.

Canada

- R.M. Williams et H.W. Little (1973), *Canadian Uranium Resource and Production Capability,* Mineral Bulletin MR 140, Department of Energy, Mines and Resources, Catalogue n° M38-2/140.
- D.A. Cranstone et R.T. Whillans (1989), *An Analysis of Uranium Discovery in Canada 1930-1982*, paper presented at Uranium Resources and Geology of North America, International Atomic Energy Agency, Saskatoon, Canada, 1-3 septembre 1987, publié dans IAEA-TECDOC-500, pp. 29-47.
- D.A. Cranstone, (2002), *A History of Mining and Mineral Exploration in Canada and Outlook for the Future*, Minister of Public Works and Government Services, Canada, Catalogue no. M37-51/2002, ISBN 0-662-32680-6.
- Uranium Resources Appraisal Group, 1976-1991 (biennial publication), *Uranium in Canada: Assessment of Supply and Requirements*, Department of Energy, Mines and Resources, Canada.
- Uranium Chapter in Canadian Minerals Yearbook, 1952-2004, Department of Natural Resources (former Department of Energy, Mines and Resources), Canada.

Estonie

- E. Lippmaa et E. Maremae (1999), *Dictyonema Shale and Uranium Processing at Sillamae*, Oil Shale 1999, vol. 16, n° 4.

États-Unis

- *Uranium Industry Annual,* Energy Information Administration, US Department of Energy. Reports are published annually and provide historical information on US exploration statistics including exploration expenditures and drilling activities. Cette information est disponible sur www.eia.doe.gov/fuelnuclear.html.
- R.C. Ringholz (2002), *Uranium Frenzy: Saga of the Nuclear West*, Logan, Utah State University Press (lively account of the 1950s uranium boom on the Colorado Plateau).
- M.A Amundson (2002), *Yellowcake Towns: Uranium Mining Communities in the American West*, University Press of Colorado, Boulder, Colorado (cette publication a une bibliographie étendue sur la prospection de l'uranium et l'historique de l'exploitation minière).

France

- A. Paucard (1996), *La mine et les mineurs de l'uranium français*, (Uranium exploration and production in France and abroad by French Companies), COGEMA (en français).
- B. Bavoux et P.C. Guiollard (1998), *L'uranium de La Crouzille*, COGEMA (en français).
- B. Bavoux et P.C. Guiollard (1999), *L'uranium du Lodévois*, COGEMA (en français).
- Chapot *et al*. (1996), *L'uranium vendéen*, Cahiers du Patrimoine, Nantes (en français).

République tchèque

- Rudné A Uranové Hornictvi Ceske Republiky, 2003 (en tchèque).

URSS/Fédération de Russie

- S. Naumov et Y.L. Bastrikov (2005), *The History of Uranium Exploration in the Context of the "Atomic Project of the USSR"*, Razvedka I ohrana nedr. no. 10, pp. 2-7 (en russe).
- N.P. Laverov, V.I. Velichkin, V.I. Vetrov *et al., Uranium Resources of the Union of Soviet Socialist Republic*, IAEA-TECDOC 650, pp. 172-187.
- K.K. Karimov, N.S. Bobonorov, K.G. Brovin *et al.* (1996), *Uranium Deposits of the Uchkuduk Type in the Republic of Uzbekistan*, Tashkent, Fan (en russe).
- N.N. Petrov, V.G. Yazikov, B.R. Berikbolov *et al.* (2000), *Uranium Deposits in Kazakhstan*, Almaty, Gylym (en russe).

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS 3

NOTE DE SYNTHÈSE 9

1. HISTORIQUE DU LIVRE ROUGE 15
Historique 15
La rétrospective 18

2. PUISSANCE NUCLÉAIRE INSTALLÉE 19
Justesse des projections contenues dans le Livre rouge 23
Conclusions concernant la puissance nucléaire installée 24

3. BESOINS EN URANIUM DES CENTRALES NUCLÉAIRES (DEMANDE) 25
Conclusions concernant les besoins en uranium des centrales nucléaires 27

4. PRIX DE MARCHÉ DE L'URANIUM 29
Conclusions concernant les prix de marché 32

5. PROSPECTION 33
Australie 37
Canada.. 39
France 40
États-Unis..... 42
République tchèque, y compris l'ex-Tchécoslovaquie 44
Allemagne, y compris la République démocratique allemande 45
Fédération de Russie et ex-Union soviétique 48
Prospection à l'étranger 49
Coûts de la découverte de gisements 51
Relations entre les objectifs particuliers de la prospection et le type de gisement géologique 54
Conclusions concernant la prospection de l'uranium 56

6. RESSOURCES EN URANIUM..... 57
Évolution des ressources avec le temps 58
Évolution des ressources avec le temps pour quelques pays 61
Relations entre ressources et besoins des centrales en uranium 68
Relations entre ressources et production d'uranium 70
Conclusions concernant la comptabilisation des ressources 76

7. PRODUCTION D'URANIUM 77
Évolution de la production d'uranium et prix de marché 79
Relations entre l'offre et la demande 82
Offre secondaire 82
Production d'uranium dans certains pays 86
Répartition de la production d'uranium par méthode d'extraction 100
Emploi dans les centres de production d'uranium 102
Propriété de la production d'uranium 103
Projection de la capacité de production d'uranium 105
Conclusions concernant la production d'uranium 109

8. STOCKS D'URANIUM NATUREL ET ENRICHI 111
Historique de la publication des stocks d'uranium 111
Conclusions de l'examen des stocks d'uranium 113

9. RESSOURCES D'URANIUM NON CLASSIQUES 115
Distinction entre ressources classiques et non classiques 115
Récupération de l'uranium contenu dans l'eau de mer 116
Répartition des ressources non classiques par source 116
Conclusions relatives aux ressources non classiques 119

10. THORIUM 121
Historique 121
Le thorium, combustible nucléaire 121
Principaux types de gisements de thorium 122
Ressources de thorium 122
Récupération du thorium 124

11. HISTORIQUE DES DÉMARRAGES ET ARRÊTS DE MINES 127
Mines LIS 131
Mines à ciel ouvert 132
Mines souterraines 133

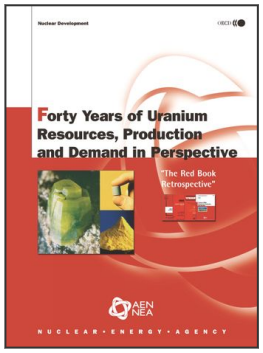
12. IMPACT DE L'EXTRACTION ET DU TRAITEMENT DE L'URANIUM SUR L'ENVIRONNEMENT 135
Amérique du Nord 136
Amérique centrale et Amérique du Sud 137
Europe de l'Ouest et Scandinavie 137
Europe centrale, de l'Est et du Sud-Est 138
Afrique 140
Moyen-Orient, Asie centrale et du Sud 141
Zone Pacifique 141
Asie de l'Est 142

13. ÉPILOGUE – LES ENSEIGNEMENTS 143

RÉFÉRENCES 145

ANNEXES

1.1 Contribution des pays au Livre rouge (1965-2004) 149
1.2 Index des rapports nationaux parus dans les éditions du Livre rouge 151
2.1 Historique succinct de la production d'électricité d'origine nucléaire 155
2.2 Réacteurs nucléaires en exploitation et puissance nucléaire installée (1957-2003) 159
3.1 Besoins annuels en uranium (1956-2003) 163
3.2 Besoins réels et prévisionnels en uranium, par édition du Livre rouge 166
4.1 Prix de l'uranium sur le marché (1970-2002) 167
4.2 Prix de l'uranium, de l'or et du pétrole sur le marché (1970-2004) 169
5.1 Dépenses annuelles de prospection (1945-2003) 170
5.2 Résumé des historiques des activités de prospection figurant dans les diverses éditions du Livre rouge 178
5.3 Définitions des types de gisements d'uranium 193
5.4 Dépenses de prospection et activités de sondage dans le monde et la zone OCDE (1970-2003) 198
5.5 Activités de prospection dans certains pays 199
5.6 Dépenses de prospection de l'uranium engagées à l'étranger 202
5.7 Coût de découverte des ressources classiques connues et production dans certains pays 203
5.8 Coût d'identification de l'ensemble des ressources (connues et non découvertes) et production dans certains pays 204
5.9 Dépenses de prospection engagées par des pays n'ayant pas fait état de ressources 205
6.1 Évolution des définitions des ressources dans les éditions successives du Livre rouge 206
6.2 Évolution des ressources raisonnablement assurées (1965-2003) 215
6.3 Évolution des ressources raisonnablement assurées par pays (1965-2003) 216
6.4 Évolution des ressources supplémentaires estimées et des ressources supplémentaires estimées – catégorie I (1965-2003) 221
6.5 Ressources supplémentaires estimées (RSE) (1965-2003)..... 222
6.6 Autres ressources connues (ressources notifiées ne correspondant pas aux définitions des RRA et des RSE-I) 229
6.7 Ressources classiques totales connues (RRA+RSE/RSE-I) (1965-2003) 230
6.8 Évolution des ressources non découvertes (1982-2003) 231
6.9 Évolution des ressources classiques connues dans certains pays (1965-2003) (<80 USD/KG d'U) 232
6.10 Évolution des ressources classiques connues dans certains pays (1965-2003) (<130 USD/KG d'U) 239
7.1 Production mondiale d'uranium (1945-2003) 247
7.2 Capacité de production d'uranium des centres de production existants (1968-2003) 253
7.3 Emploi dans les centres de production existants (1980-2003) 257
8.1 Stocks d'uranium d'après les éditions du Livre rouge (1976-2003) 259
8.2 Politiques en matière des stocks d'uranium d'après le Livre rouge 267



Extrait de :

Forty Years of Uranium Resources, Production and Demand in Perspective

The Red Book Retrospective

Accéder à cette publication :

https://doi.org/10.1787/9789264028074-en

Merci de citer ce chapitre comme suit :

OCDE/Agence pour l'énergie nucléaire (2007), « Note de synthèse », dans *Forty Years of Uranium Resources, Production and Demand in Perspective : The Red Book Retrospective*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: https://doi.org/10.1787/9789264028098-2-fr

Ce document, ainsi que les données et cartes qu'il peut comprendre, sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région. Des extraits de publications sont susceptibles de faire l'objet d'avertissements supplémentaires, qui sont inclus dans la version complète de la publication, disponible sous le lien fourni à cet effet.

L'utilisation de ce contenu, qu'il soit numérique ou imprimé, est régie par les conditions d'utilisation suivantes : http://www.oecd.org/fr/conditionsdutilisation.